



Interaction texte/figure : effet de leur disposition spatiale relative sur l'apprentissage

Mireille Betrancourt

► To cite this version:

Mireille Betrancourt. Interaction texte/figure : effet de leur disposition spatiale relative sur l'apprentissage. [Rapport de recherche] RR-1781, INRIA. 1992. inria-00077021

HAL Id: inria-00077021

<https://inria.hal.science/inria-00077021>

Submitted on 29 May 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNITÉ DE RECHERCHE
INRIA-ROQUENCOURT

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
BP 105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél. (1) 39 63 55 11

Rapports de Recherche

1 9 9 2



ème

anniversaire

N° 1781

Programme 3

*Intelligence artificielle, Systèmes cognitifs et
Interaction homme-machine*

**INTERACTION TEXTE / FIGURE :
EFFET DE LEUR DISPOSITION
SPATIALE RELATIVE SUR
L'APPRENTISSAGE**

Mireille BETRANCOURT

Octobre 1992



* R R - 1 7 8 1 *

INTERACTION TEXTE / FIGURE : EFFET DE LEUR DISPOSITION SPATIALE RELATIVE SUR L'APPRENTISSAGE

Mireille BETRANCOURT

**Programme 3
Intelligence Artificielle, Systèmes cognitifs
et Interactions Homme-Machine**

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un stage du D.E.A. de Sciences Cognitives au sein de l'action de recherche "TEXTE" du projet de psychologie ergonomique de l'I.N.R.I.A. (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique). Elle a été en partie supportée par un contrat du Plan Construction & Architecture, concernant l'informatisation des textes techniques, en collaboration avec le C.S.T.B. et le C.N.R.S. Elle a également bénéficié du soutien du LSD2 (Laboratoire de Structures Discrètes et Didactiques - I.M.A.G.).

Interaction texte / figure : effet de leur disposition spatiale relative sur l'apprentissage

Résumé

A la suite de travaux de psychologie cognitive et tout particulièrement des récents résultats de SWELLER, cette recherche vise à préciser l'effet sur l'apprentissage de la modalité de présentation de textes et figures en relation mutuelle, au point de vue de leur disposition spatiale relative dans la page. Plus précisément, l'objectif de cette étude est de tester l'influence de l'intégration du commentaire textuel au sein même de la figure. Ainsi, nous avons mené une expérience pour comparer l'efficacité de trois modalités de présentation du matériel d'apprentissage sur écran d'ordinateur : présentation "conventionnelle" (textes et figure séparés), présentation "intégrée" (texte directement placé sur l'élément graphique concerné), présentation "escamot" (textes intégrés en "pop-up window" n'apparaissant que sous démarche active du sujet). Les résultats montrent un avantage en faveur des présentations "intégrée" et surtout "escamot" en temps d'apprentissage et en performances, ce qui permet de garder l'hypothèse d'une part d'une facilitation de l'apprentissage d'un matériel où textes et figures sont intégrés, d'autre part d'une facilitation accrue lorsque les textes n'apparaissent que sous démarche active du sujet.

Mots clés : psychologie cognitive, apprentissage, texte électronique, mise en page, intégration texte / figure, champs escamotables.

Text / picture interaction : effect of their relative spatial layout on learning

Abstract

Following cognitive psychology researches and particularly SWELLER's recent results, this report deals with the effect on learning of spatial layout of texts and pictures which mutually refer to each other, concerning their relative disposal in the page. More exactly, the goal of this study is to analyse the influence of integrating textual captions within the picture. Therefore, we have carried out an experiment so as to compare the effectiveness between three conditions of learning material display on computer screen : "conventionnal" display (text and pictures isolated), "integrated" display (captions close to the graphic element to which they refer), "pop-up field" display (integrated caption in pop-up fields wich appear only under subject's action). The results show that "integrated" and "pop-up field" displays involve lower learning times and higher performances, which reinforce the hypothesis of an improving learning when using a material where text and picture are integrated, and moreover when using a material where text appears only under subject's action.

Key-words : cognitive psychology, learning, computerized text, page-setting, text/picture integration, pop-up field.

Table des matières

INTRODUCTION	1
I. ELEMENTS THEORIQUES SUR L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES.....	3
I.1 Les différentes formes de connaissances.....	3
I.1.1 La mémoire, support du fonctionnement cognitif.....	3
I.1.2 L'activité de représentation	3
I.2 L'acquisition de connaissances.....	6
II. L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES AU MOYEN DE TEXTES ET FIGURES	7
II.1 Traitement et représentation des connaissances acquises par texte et figures	7
II.1.1 Traitement modal ou amodal des informations textuelles et graphiques ?	7
II.1.2 L'expérience de SANTA sur les types de représentation de connaissances.....	8
II.1.3 Les modèles mentaux	9
II.1.4 Caractéristiques du traitement des figures	10
II.2 La combinaison texte-figure comme support de l'apprentissage	11
II.2.1 Les interactions entre textes et figures.....	11
II.2.2 Les figures comme dispositifs d'apprentissage	12
II.2.3 Mise en relation de schémas et d'énoncés dans l'acquisition des connaissances	14
II.2.4 Les effets de la structuration du matériel sur l'apprentissage	16
II.3 Conclusion.....	21
III. PRESENTATION DE L'EXPERIENCE.....	23
III.1 Objectifs et hypothèses	23
III.2 Plan d'expérience	24
III.2.1 Variable expérimentale	24
III.2.2 Variables contrôlées	24
III.2.3 Variables mesurées	25
III.2.4 Hypothèses opérationnelles	25
Hypothèse 1 : influence de l'intégration des sources d'information.....	25
Hypothèse 2 : influence de la présentation des informations textuelles dans des fenêtres escamotables	26

III.3	Méthodologie	26
III.3.1	Sujets.....	26
III.3.2	Matériel	27
III.3.3	Procédure.....	27
IV.	RESULTATS ET DISCUSSION.....	33
IV.1	L'effet du facteur "ordre des tâches".....	33
IV.2	Effet du format de présentation sur la mémorisation de termes.....	36
IV.2.1	Apprentissage des termes du bâtiment	36
IV.2.2	Restitution des notions apprises	38
IV.3	Effet du format de présentation sur l'apprentissage de notions mathématiques.....	41
IV.3.1	Appropriation des notions de géométrie	41
IV.3.2	Résolution de problèmes de géométrie.....	43
IV.4	Synthèse et discussion : quel effet de la modalité de présentation ?	46
V.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	47
	Remerciements.....	47
	Bibliographie.....	48
	Index des figures	50
	Index des tableaux.....	51
	Annexes	52

INTRODUCTION

Actuellement, la plupart des bases de données sur papier se trouvent confrontées à une augmentation exponentielle du nombre d'informations à répertorier. Dès lors, la consultation d'une base de données devient une entreprise quasiment insurmontable pour qui n'a pas connaissance de la structure de la base dans son ensemble.

Dans ce contexte, les bases de données informatisées ont amorcé un tournant décisif notamment grâce à l'arrivée des "hypertextes". Dans les hypertextes, l'ensemble des données sont reliées entre elles, de façon à pouvoir retrouver à partir d'une information toutes les données qui lui sont reliées. Par extension, le terme hypertexte est employé pour désigner les hypermédias où les données peuvent être de toute nature : textuelles, graphiques, sonores...

Le C.S.T.B. (Centre Scientifique des Techniques du Bâtiment) fournit un parfait exemple de cette informatisation des bases de données. En effet, le C.S.T.B. dispose d'une imposante encyclopédie de 20 volumes, le "Reef", rassemblant l'ensemble des documents technico-règlementaires en vigueur dans le domaine de la construction en France. (15000 pages de textes, graphiques et formules mathématiques). Pour faciliter l'accès à ce grand volume d'information par des professionnels l'utilisant à des fins diverses, le C.S.T.B. a entrepris la constitution d'un fichier informatique sur compact disc : le CD-Reef. Il s'agit d'une représentation hypertexte qui permet de relier entre eux différents types de documents qui réfèrent l'un à l'autre, notamment des figures et des textes coréférents.

En effet, dans le REEF comme dans tout document technique et didactique, les illustrations sont jugées comme une composante nécessaire du matériel d'apprentissage. Cependant, jusqu'à maintenant et en dépit de l'usage, les modalités d'association de figures à des développements textuels ne sont fondées que sur des considérations purement empiriques.

Depuis peu, un courant de recherches en psychologie cognitive s'emploie à analyser l'influence de la présentation conjuguée de figures et de textes sur les processus de traitement et de stockage de l'information. C'est dans ce cadre que nous avons cherché à préciser l'effet sur l'apprentissage de la modalité de présentation de textes et figures en relation mutuelle, au point de vue de leur disposition spatiale relative dans la page. Plus précisément, il s'agira de tester l'influence de l'intégration du commentaire au sein même de la figure.

Dans la mesure où le CD-Reef, comme le Reef, présente toutes les formes de données qu'il est possible de rencontrer dans un document technique, il constitue pour nous un champ d'investigation privilégié.

Ainsi, après avoir présenté quelques éléments théoriques et quelques recherches concernant l'acquisition des connaissances par un sujet humain, nous nous intéresserons plus particulièrement aux caractéristiques de la combinaison texte-figure. Nous pourrons alors exposer, dans une troisième partie, une première expérience que nous avons menée pour étudier l'influence sur l'apprentissage de la disposition spatiale relative de textes et figures en référence mutuelle. La quatrième partie présentera les résultats obtenus et leurs implications sur la présentation de documents techniques.

I. ELEMENTS THEORIQUES SUR L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES

L'objectif de ce chapitre n'est pas d'aborder le problème de l'acquisition des connaissances dans son ensemble, mais plutôt d'introduire les notions théoriques sur lesquelles nous fonderons notre recherche. Après avoir présenté les différentes formes de connaissances, nous nous intéresserons plus précisément aux modèles d'acquisition de connaissances.

I.1 LES DIFFERENTES FORMES DE CONNAISSANCES.

Les connaissances peuvent être définies comme des constructions cognitives stables, stockées en mémoire à long terme et, tant qu'elles n'ont pas été modifiées, supposées se maintenir sous la même forme [RICHARD, 90]. Leur élaboration, leur préservation et leur activation sont intrinsèquement liées aux caractéristiques de la mémoire humaine.

I.1.1 La mémoire, support du fonctionnement cognitif

La mémoire est un processus qui résulte du fonctionnement physiologique du cerveau et qui conserve les unités d'information élaborées à partir des stimuli d'entrée reçus par les organes des sens. On distingue deux types de mémoire en fonction du statut des informations qui s'y trouvent :

- la mémoire de travail, est caractérisée par un faible taux de rétention et une grande labilité des informations ;
- la mémoire à long terme, à l'inverse, se distingue par une grande capacité de stockage et une permanence des informations.

En fait, ces informations ont subi des traitements en mémoire de travail tels qu'elles se sont trouvées liées à des informations déjà présentes et donc intégrées aux structures préexistantes.

Nous allons d'abord étudier le mode de codage des informations en mémoire de travail, puis nous nous intéresserons à leur organisation en des structures plus complexes que l'on appelle les connaissances.

I.1.2 L'activité de représentation

Les informations produites en mémoire de travail opère un filtrage et un codage des informations de l'environnement qui aboutit à la formation d'une représentation de la situation.

Actuellement, le modèle le plus généralement admis est le modèle *computo-symbolique*¹ ACT* de ANDERSON (83). Dans ce modèle, le fonctionnement cognitif comprend un système de production (connaissances procédurales sous forme de règles) qui opère sur la représentations de connaissances déclaratives. Les connaissances déclaratives peuvent être décomposées en "unités cognitives". Chaque unité cognitive consiste en un ensemble d'au plus cinq éléments liés par une relation spécifique. Des structures plus complexes peuvent être créées par des structures hiérarchiques telles qu'une structure de phrase ou une proposition emboîtée dans une autre.

¹ Les systèmes *computo-symboliques* opèrent sur des représentations symboliques, à l'opposé des systèmes *connexionnistes* qui traitent des représentations *sub-symboliques*.

Trois types de codage des informations

ANDERSON distingue trois types de codage des informations en mémoire de travail :

- *les chaînes temporelles* ;
- *les images spatiales* ;
- *les propositions abstraites*.

Les chaînes temporelles

Elles codent les aspects séquentiels de l'information. Elles sont unidimensionnelles et ne préservent pas les intervalles. Elles s'organisent de façon hiérarchique en sous-chaînes emboîtées. Les chaînes permettent de juger rapidement l'ordre de deux items sans avoir à retrouver les éléments intermédiaires. Elles interviennent en particulier dans le codage des procédures.

Les images spatiales

Elles reproduisent les positions relatives des éléments d'une configuration spatiale de l'information. Il ne s'agit pas de considérer les images mentales comme des photographies ; elles sont le résultat d'un codage plus abstrait.

Elles permettent de juger les positions relatives de deux éléments, d'identifier une structure spatiale indépendamment de ses éléments.

Elles peuvent également intervenir pour organiser sous forme spatiale des aspects qui n'ont pas cette caractéristique a priori.

Les propositions

Elles permettent un codage plus abstrait de la situation, qui ne prend en compte que les aspects significatifs. Elles codent, indépendamment de l'ordre, certaines relations (prédicats) entre certains éléments de la situation et ignorent les autres.

Elles retiennent le sens, l'interprétation d'une situation.

Elles interviennent tout particulièrement dans la compréhension des productions langagières du fait de leur structure prédicative.

Ces différents types représentationnels d'unités cognitives se distinguent par le type de caractéristiques de la situation qu'elles retiennent, et donc par le type d'opérations qu'elles permettent (ou non) de faire [BISSERET (92)]. En effet, le système cognitif met en œuvre des traitements différents, chacun favorisant un certain type de représentation. Par exemple les jugements d'ordre sont plus compatibles avec des représentations sous forme de chaînes, alors que l'activité d'inférence appelle plutôt des propositions abstraites.

En fait, le recours à des représentations différentes intervient non pas pour des situations différentes, mais *pour différents aspects d'une même situation*. Par exemple, en géométrie, on a besoin de structures séquentielles pour coder l'ordre des énoncés, de structures spatiales pour représenter les figures, et de structures de propositions pour représenter les interprétations logiques des postulats.

L'expérience de SANTA, présentée dans le chapitre 1.2.1, constitue un élément de preuve en faveur de l'hypothèse de plusieurs types de codage.

Sous certaines conditions, les informations traitées en mémoire de travail selon les trois modes de codage, sont intégrées de manière permanente dans des structures de connaissances plus complexes, qui constituent la mémoire à long terme.

Des structures de connaissances complexes : les schémas

D'après le modèle de ANDERSON, les unités cognitives précédemment distinguées s'organisent ensuite en mémoire à long terme sous la forme d'un réseau sémantique, dans lequel tous les éléments et unités cognitives sont des nœuds, et les connections entre eux sont des arcs. Ce réseau est actif : ses nœuds et ses liens sont en permanence caractérisés par un niveau d'activation plus ou moins élevé.

Outre cette organisation en réseau sémantique, un autre modèle souvent utilisé est celui des schémas. Ce modèle a été utilisé pour rendre compte de l'existence de "blocs de connaissances" qui s'activent en fonction de la situation. En effet, de nombreux résultats expérimentaux montrent qu'à partir d'expériences successives dans des situations similaires, nous formons en mémoire *des ensembles de connaissances coordonnées et typiques pour chaque situation familière*, que l'on formalise par la notion de "schémas".

En fait, le modèle des schémas a longtemps été opposé à celui de réseau sémantique, comme deux conceptions qui s'excluaient. Nous considérons pour notre part que ces deux structures de connaissances sont compatibles au sens où un schéma résulterait d'une configuration particulière des liaisons d'un réseau sémantique. Plus précisément, les informations d'une situation donnée activerait préférentiellement un ensemble spécifique de nœuds et de liens. Néanmoins nous nous intéressons préférentiellement à ce modèle de schéma dans la mesure où SWELLER, dont nous reprenons les travaux, avait choisi cette perspective.

Le concept de schéma, tel qu'il est utilisé maintenant, s'est inspiré de trois notions :

- la notion de "schéma" utilisée par BARTLETT en 1932 pour expliquer les déformations systématiques observées dans des productions de récit ;
- la notion de "stéréotype" utilisée en psychologie sociale ;
- la notion piagétienne de "schème", qui est le type de structure assimilatrice de connaissances.

Ce sont des structures plus vastes que les propositions sémantiques mais construites de la même façon, au sens où ils comprennent aussi des rubriques en attente d'être complétées. Par exemple, dans le schéma de "siège" se trouve la rubrique "nombre de pieds" avec sans doute une valeur par défaut qui est "4".

Un même schéma peut être constitué de plusieurs types représentationnels selon l'aspect de la situation qui est codé. Ainsi dans un schéma comprenant des scripts, qui organisent les connaissances relatives aux actions, le mode de codage "chaîne temporelle" est important.

En résumé, les schémas présentent quatre caractéristiques :

- ce sont des blocs de connaissances, c'est-à-dire des unités insécables et autonomes par rapport aux autres connaissances ;
- ce sont des objets complexes : ils sont construits à partir d'objets élémentaires, à savoir des concepts, des actions, des relations ou encore des schémas plus généraux ;
- les schémas sont des structures générales et abstraites qui s'appliquent à un certain nombre de situations concrètes différentes ;
- les schémas expriment des connaissances déclaratives et procédurales qui peuvent servir à différentes utilisations.

Ainsi, les schémas sont à la fois une façon de représenter l'organisation des connaissances en mémoire et une façon d'exprimer comment ces connaissances sont utilisées pour comprendre, mémoriser, faire des inférences.

I.2 L'ACQUISITION DE CONNAISSANCES.

Le point de vue cognitiviste sur l'apprentissage insiste sur l'importance des connaissances antérieures : une connaissance ne se construit pas à partir de rien, cette construction suppose une connaissance existante.

Les activités qui interviennent sont d'une part des activités de compréhension, notamment sous la forme de construction de structures conceptuelles, et d'autre part des activités de mémorisation et d'inférence.

Les conceptions actuelles s'inscrivent dans le cadre des théories sur l'organisation de l'information en mémoire, notamment celles que nous avons précédemment commentées : la théorie des schémas et celle des réseaux sémantiques.

Dans une perspective de réseau sémantique telle que celle qui est développée par ANDERSON (Cf. chapitre 1.1.2), les concepts sont représentés par les nœuds d'un graphe ; leurs relations, leur propriétés et les faits associés sont exprimés par des arcs de différents types. L'acquisition se fait alors par création de nouveaux arcs ou de nouveaux nœuds dans le réseau.

Dans le cadre de la théorie des schémas, RUMELHART ET NORMAN distinguent trois formes d'apprentissage :

- *enrichissement des schémas existants* par adjonction de nouveaux éléments ;
- *modification des schémas existants* par des réajustements ou des raffinements qui ne touchent pas à la structure des schémas ;
- *restructuration des schémas et création de nouveaux schémas*.

Par ailleurs, on distingue deux modes d'acquisition des connaissances :

- *l'apprentissage par découverte à partir de l'action* ;
- *l'apprentissage par l'instruction* qui consiste à communiquer une connaissance au moyen d'un ou de plusieurs médias (texte, image fixe, son...).

C'est dans le cadre de l'apprentissage par l'instruction que s'inscrit notre étude. En effet, si l'on admet l'existence de trois types de codage des unités cognitives et de structures de connaissances complexes dont les éléments sont codés selon ces trois types, on peut concevoir qu'un matériel multi-média soit susceptible de favoriser la construction de connaissances comprenant d'emblée différents modes de codage des éléments.

Dans cette étude, nous nous intéresserons plus particulièrement *au cas où les connaissances sont communiquées au moyen de textes et figures*.

Les textes et les figures peuvent être définis comme des médias, au sens où ils décrivent des parties de la réalité qui ne sont pas immédiatement accessibles par l'expérience directe [MOLITOR, 89].

Les textes dont il est question ici sont de type "documentaire", qui présentent les connaissances de l'auteur sur un domaine particulier au moyen de symboles linguistiques et de règles syntaxiques.

Par le terme "figure", nous désignons une représentation graphique qui peut être de deux types :

- soit une illustration de l'apparence optique d'une partie de la réalité dans ses aspects perceptifs pertinents ;
- soit une illustration de structures et de relations qui ne peuvent pas être perçues dans des conditions visuelles normales (par exemple diagramme, schéma de montage).

Ainsi, d'après le modèle du fonctionnement cognitif que nous adoptons, les éléments d'une situation peuvent être codés selon trois modalités (chaînes temporelles, images spatiales et propositions abstraites) et les connaissances sont structurées sous forme de "schéma". Le chapitre suivant aborde le problème spécifique de l'acquisition des connaissances au moyen de la combinaison textes-figures.

II L'ACQUISITION DES CONNAISSANCES AU MOYEN DE TEXTES ET FIGURES

Si elle est aujourd'hui pratique courante dans l'enseignement, l'utilisation d'un matériel intégrant à la fois du texte et des figures soulève deux questions [SEEL, 89] :

- *comment les connaissances acquises par média textuel ou graphique sont-elles traitées et représentées en mémoire : de manière spécifique ou "amodale" ?*
- *quels sont les effets de la combinaison texte-figures sur l'apprentissage et quels sont les critères pour agencer une combinaison texte-figure de manière efficace ?*

Un certain nombre de recherches et de modèles apportent des éléments de réponse à ces deux préoccupations. Les travaux exposés en premier lieu concernent les processus et traitements à l'œuvre lorsqu'un sujet se trouve confronté à un matériel présentant textes et figures. Les recherches présentées dans le deuxième chapitre cherchent à repérer les facteurs qui influencent l'efficacité de l'apprentissage, du point de vue des caractéristiques de la combinaison texte-figure.

II.1 TRAITEMENT ET REPRESENTATION DES CONNAISSANCES ACQUISES PAR TEXTE ET FIGURES.

Si les informations linguistiques et graphiques font l'objet de processus périphériques différents, qu'en est-il des traitements de plus haut niveau et de leurs représentation en mémoire ?

II.1.1 Traitement modal ou amodal des informations textuelles et graphiques ?

Trois approches peuvent être distinguées (Cf. figure 2.1) :

- les processus de traitement et de stockage sont spécifiques et les relations se passent au niveau des représentations stockées (I) ;
- les processus de traitement sont amodaux et aboutissent à une même représentation des connaissances (II) ;
- les processus de traitement sont spécifiques mais la représentation des connaissances est amodale (III).

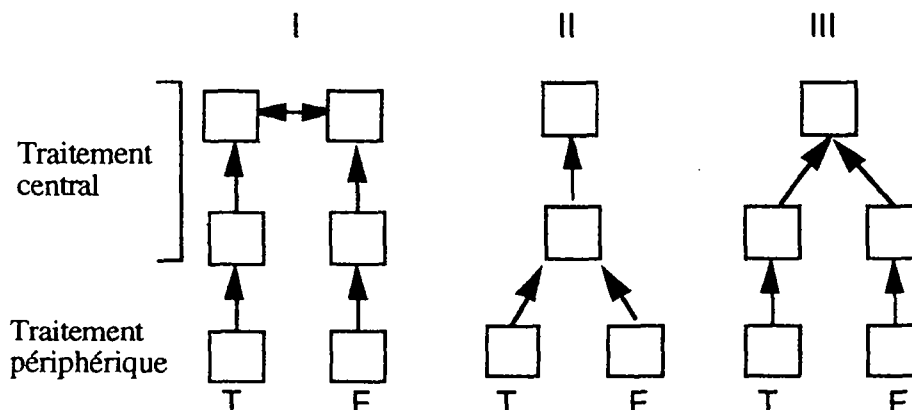


Figure 2.1 Trois approches possibles concernant la spécificité des processus centraux de traitement des figures (F) et du texte (T) (d'après [MOLITOR, 89]).

Si l'hypothèse d'un processus de traitement amodal est correct, le mode de présentation devrait jouer un rôle moindre dans l'apprentissage. Dans une expérience (STONE & GLOCK, 1981), les sujets se voyaient présenter soit un texte seul, soit une série de dessins, soit les deux média. Les auteurs avaient vérifié que le contenu propositionnel des trois matériels était équivalent. Les résultats démontrent *un avantage significatif pour la présentation utilisant deux médias sur la présentation d'un seul*.

Ce type de résultats semble infirmer l'hypothèse d'un système commun et amodal de traitement de l'information textuelle et graphique.

II.1.2 L'expérience de SANTA sur les types de représentation de connaissances

Une expérience de SANTA (1977), citée dans [RICHARD, 90], a été menée pour éprouver l'hypothèse de l'existence des différents types de représentations distingués par ANDERSON (Cf. chapitre I.1.1).

Cette expérience consiste à comparer un codage graphique à un codage textuel. Dans la condition graphique, les sujets devaient étudier le diagramme témoin à allure de visage présenté dans la figure 2.2. On leur présentait ensuite un des quatre diagrammes tests. Ils devaient répondre "oui" si le diagramme comprenait les mêmes éléments, qu'ils soient présentés de la même façon ou non. Dans la condition verbale, chaque dessin était remplacé par son nom, la disposition spatiale étant conservée.

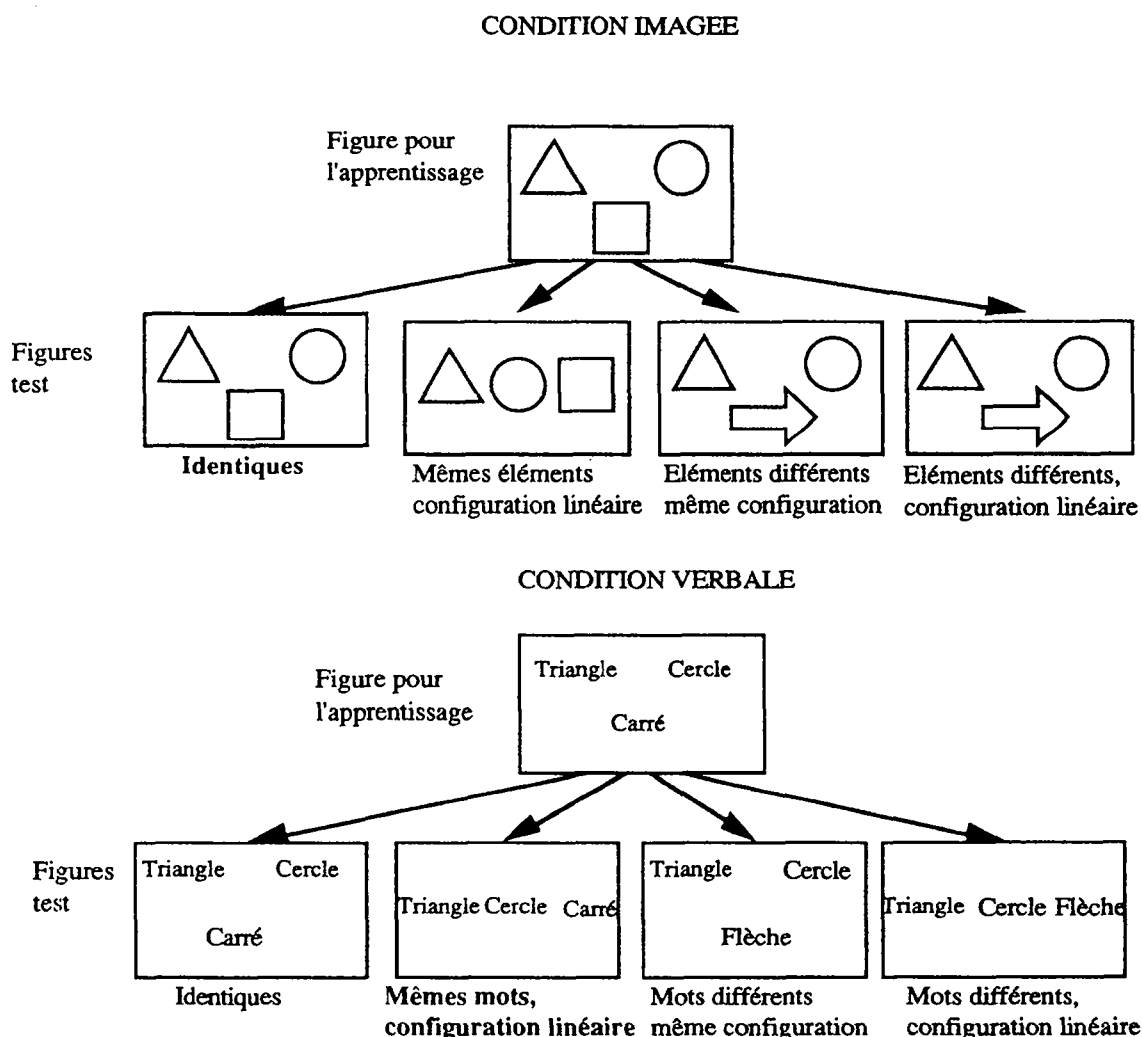


Figure 2.2 Matériel expérimental de l'expérience de SANTA (1977)
(d'après [RICHARD, 90])

Les résultats sont nets :

- dans la condition graphique, c'est la configuration identique à la configuration originale qui est la plus favorable (en gras sur la figure 2.2) ;
- en revanche, dans la condition verbale, ce n'est pas pour la configuration identique à l'original que l'on observe les temps les plus brefs, mais pour la configuration linéaire (en gras sur la figure 2.2).

Cette expérience amène deux commentaires :

- *les résultats avalisent l'existence de plusieurs modes de représentation différenciés, chacun codant des caractéristiques spécifiques du stimulus ;*
- *les propriétés des stimulus stockées dans la représentation dépend du média de présentation* : ainsi, la présentation d'une image amène un codage sous forme d'image spatiale qui conserve la configuration spatiale, tandis qu'une présentation verbale entraîne un codage linéaire qui ne conserve pas la disposition spatiale.

Outre ses implications théoriques pour l'existence de plusieurs types de représentation, cette expérience est importante dans la mesure où elle montre que selon le média présenté on induit une démarche de représentation différente et par là le stockage préférentiel de certaines caractéristiques.

II.1.3 Les modèles mentaux

La notion de modèle mental nous intéresse, car *la réalité y est représentée de manière analogique, en particulier sous forme imagée*. Elle s'inscrit donc dans l'hypothèse d'un mode de représentation spécifique au type des informations présentées (textes, images).

La notion de "modèle mental", avancée notamment par JOHNSON-LAIRD, GENTNER & STEVEN en 1983, désigne une structure qui offrirait la médiation entre les différentes formes de connaissance. Un modèle mental serait la représentation d'une partie restreinte de la réalité qui réalise la simulation interne de processus externes, permettant une activité de déduction et de prédiction.

Pour tester ce modèle, SEEL & STRITTMATTER (cité dans [SEEL, 89]) ont mené une expérimentation consistant à comparer toutes les combinaisons de présentation, recodage actif (reproduction du document dans le média complémentaire) et rappel dans un média identique ou non. Deux autres groupes se voyaient présenter textes et figures et devaient reproduire soit une figure, soit un texte. Le tableau 2.1 présente les huit combinaisons utilisées dans l'expérience.

Groupe	Présentation	Recodage	Rappel
1	figure	texte	texte
2	texte	figure	figure
3	figure	texte	figure
4	texte	figure	texte
5	texte & figure	--	figure
6	texte & figure	--	texte
7	figure	--	figure
8	texte	--	texte

Tableau 2.1 - Procédure utilisée par SEEL & STRITTMATTER.

Trois résultats sont dignes d'intérêt :

- les *meilleures performances de rappel* sont obtenues lorsque la *modalité de reproduction* est identique à celle de la *présentation*, et non à celle du recodage actif ;
- le *recodage actif* dans l'*autre média* n'est pas plus efficace pour le *rappel* que la *présentation des deux médias* ;
- il existe une *asymétrie* dans le *recodage* : traduire un texte en figure était en général plus facile que l'inverse.

Ces résultats iraient en faveur de modalités de codage spécifiques pour l'information textuelle et graphique. D'autres recherches se sont intéressées au transfert d'informations d'un média à un autre, notamment les travaux de CONKLIN & MC DONALD (1982) concernant la transformation d'une image en texte.

II.1.4 Caractéristiques du traitement des figures

La recherche de CONKLIN & MC DONALD (1982) se situe dans le cadre de la conception d'un système de génération de paragraphes décrivant des photos de scènes naturelles.

L'intérêt de cette recherche par rapport à notre thème est de mettre en évidence les caractéristiques du traitement des informations graphiques au travers de leur linéarisation en un paragraphe qui décrit l'image présentée.

Le problème de la sélection des informations pertinentes en génération de texte consiste à déterminer quel degré de détail et quelles connaissances spécifiques seraient appropriées au public concerné.

La solution adoptée ici est de définir un *degré de saillance* pour chaque information et déterminer le seuil d'apparition des objets dans le texte.

Leur système de génération utilise la méthode suivante :

- énumération des objets dans l'ordre de saillance décroissante ;
- information rhétoriques et stylistiques additionnelles en fonction des connaissances locales sur le domaine.

En effet, les auteurs soutiennent que lorsqu'on regarde une image, on attribue à chaque élément un degré de saillance. Cette activité est une partie automatique et naturelle du processus de perception et d'organisation de la scène.

Intuitivement, 4 éléments composeraient la saillance d'un objet :

- sa taille ;
- sa position centrale ;
- son degré d'imprévisibilité ;
- son appel intrinsèque à l'attention.

Pour vérifier cette hypothèse, ils ont mené une expérience qui comprenait deux tâches :

- tâche 1 : donner une valeur de saillance sur une échelle de 0 à 7 à certains éléments d'une image.
- tâche 2 : dans une autre phase (avant ou après) décrire la même scène en un paragraphe.

Deux résultats se détachent :

- La saillance dépend bien de la *centralité* et de la *taille* des objets de la scène.
- La saillance détermine la *probabilité* et l'*ordre d'apparition* des éléments dans le texte ; plus la saillance est élevée :
 - plus l'élément a des chances d'apparaître dans la description ;
 - plus il apparaît tôt dans la description.

Ainsi, les processus de traitement et de représentation provenant de textes et de figures semblent être spécifiques, au moins à certains niveaux de traitement. Une question se pose alors : comment des informations graphiques et textuelles en référence mutuelle peuvent-elles interagir dans un document didactique, bien qu'elles soient traitées et stockées de manière différenciées ?

II.2 LA COMBINAISON TEXTE-FIGURE COMME SUPPORT DE L'APPRENTISSAGE

Plusieurs recherches se sont penchées sur le rôle que pouvait jouer la présentation conjointe de textes et de figures sur l'efficacité de l'apprentissage, dans le but de déterminer quels étaient les paramètres pertinents dans l'agencement de ces deux médias. Après quelques considérations sur l'interaction entre figures et textes dans un matériel didactique, nous présenterons deux recherches : la première étudie l'apport des figures sur la compréhension et la mémorisation ; la deuxième porte sur l'organisation des séquences textes et figures.

II.2.1 Les interactions entre textes et figures

Dans l'étude d'un matériel intégrant textes et figures, on peut distinguer deux versants :

- l'influence des figures sur le traitement du langage ;
- l'influence du langage sur le traitement des figures.

L'influence des figures sur le traitement du langage.

Dans les textes didactiques, une illustration peut avoir trois fonctions [JOHNASSEN,82] :

- fonction *attentionnelle* : elle éveille l'attention et augmente l'intérêt du texte ;
- fonction *explicative* : elle aide à la compréhension ;
- fonction *réentionnelle* : elle améliore la réention en mémoire.

Des expériences ont testé l'hypothèse selon laquelle plus l'écart sémantique entre le texte et la figure augmente, plus la figure augmente l'efficacité du traitement. Les résultats montrent que la présentation de figures augmente la compréhension et la réention de texte, surtout lorsqu'elle présentent des informations complémentaires (par exemple le contexte).

En outre, il semble que la présentation de figures modifie aussi la stratégie utilisée pour traiter le texte qui suit. A ce moment-là les figures jouent le rôle de titre, déterminant un traitement sélectif des informations du texte.

L'influence du langage sur le traitement des figures.

Si une figure influence la stratégie de traitement du texte qui suit, des expériences montrent également une influence du texte sur le traitement d'une figure que la structure syntaxique induise un certain ordre d'étude des détails de la figure.

En outre, il existe des cas où le texte est indispensable à la compréhension de la figure. Une expérience de BOWER, KARLIN & DUECK (1975) consistait à reproduire de mémoire des figures difficiles à déchiffrer sans une explication textuelle. Ils ont observé que la reproduction de la figure était bien meilleure lorsque le texte accompagnait la figure.

Ce résultat pose la question de l'utilité relative d'un texte pour un traitement correct d'une figure et inversement.

La complémentarité texte-figure.

L'amélioration de l'efficacité d'un apprentissage intégrant deux sources d'information n'est pas seulement explicable par un écart sémantique entre le texte et la figure. Il réside aussi dans la stratégie d'analyse induite par le premier média présenté.

Il semble pertinent de parler de "complémentarité" entre les deux médias au sens où les deux sources d'information doivent être étudiées pour révéler la signification complète de la combinaison texte-figure.

Cette complémentarité agit à trois niveaux :

- au niveau du contenu, l'aire de recouvrement entre texte et figure — la redondance — fournit les références nécessaires entre les deux modalités ;
- au niveau de la modalité de présentation, la présentation de plusieurs médias permet la formation d'une représentation holistique du concept ;
- au niveau des structures : il s'agit du cas où une figure ou une phrase est utilisée pour activer le schéma nécessaire à la compréhension du média complémentaire, ou que certains éléments d'organisation du texte (par exemple titres, résumés) sont pris en charge par la figure.

En résumé, dans un document contenant deux sources d'informations en référence mutuelle et véhiculées par des médias différents, chacune peut remplir trois fonctions de base vis-à-vis de l'autre :

- chaque média peut servir de *contexte* à l'autre média et ainsi contribuer à sa compréhension ;
- chaque média peut aussi aider à *structurer* l'autre en répétant le contenu sous une forme réduite ;
- *la séquentialité des informations présentées dans le premier média peut induire une attitude qui détermine le traitement de l'autre média*. Il peut diriger l'attention sur certains aspects de l'autre média, influençant ainsi la profondeur de traitement.

II.2.2 Les figures comme dispositifs d'apprentissage

Les recherches de LEVIN (1982) se centrent sur les stratégies d'amélioration de la compréhension et de la mémorisation de texte au moyen d'images.

L'intérêt de ces recherches pour notre étude est la caractérisation des fonctions des figures selon deux critères :

- le niveau d'organisation du texte auquel elle s'appliquent ;
- le type de relations avec le texte auquel elles se réfèrent.

Les stratégies d'aide à la compréhension et à la rétention de texte

LEVIN distingue 2 types de stratégies en fonction du niveau d'organisation auquel elles s'appliquent :

- stratégie macro-structurale, qui consiste à repérer l'organisation du texte, les relations entre les propositions ;
- stratégie micro-structurale, centrée sur les détails.

Chacune de ces stratégies se concentre sur des éléments particuliers de la structure (macro- ou micro-), qui favorise la compréhension ou la mémorisation du texte.

Ainsi, pour la compréhension, l'illustration peut remplir les fonctions suivantes :

- concernant la macro-structure :
 - "overview" : appréhension du plan d'ensemble ;
 - "skimming" : écrémage des idées principales ;
 - paraphrase de larges unités.

II. L'acquisition de connaissances à partir de textes et de figures

- concernant la micro-structure :
 - analogie ;
 - paraphrase de petites unités.

Pour faciliter la mémorisation, une illustration peut assumer les rôles suivants :

- pour la macro-structure :
 - analyse du texte : découpage du texte en parties ;
 - concrétisation : représentation picturale de la macro ;
 - résumé ;
 - repérage des idées principales ;
 - réponse à des questions de haut niveau.
- pour la micro-structure :
 - concrétisation ;
 - revue des détails ;
 - réponse à des questions de bas niveau ;
 - processus mnémoniques.

Images et traitement cognitif du texte.

A partir des expériences menées pour étudier l'influence des différents types d'illustration sur la compréhension et la mémorisation de textes, LEVIN dégage notamment deux résultats :

- D'une part *les stratégies ont un effet sur les performances de leur niveau uniquement* (macro ou micro) ; cependant les performances concernant un niveau agissent sur celles de l'autre : la compréhension (ou mémorisation) d'éléments de la micro-structure (détails) aide à comprendre (ou rappeler) des éléments de la macro-structure (idées principales) et inversement.

- D'autre part, *les images facilitent la compréhension et la rétention de texte.*

Il s'agit d'abord d'images mentales, évoquées par le lecteur à la lecture du texte.

Mais lorsque la représentation mentale n'est plus suffisante, il faut représenter réellement les images, au moyen de figures accompagnant le texte.

Une des expériences rapportées par LEVIN a consisté à tester l'influence de la présentation de mots-clé sous forme imagée sur la mémorisation d'un texte. Les sujets devaient mémoriser plusieurs paragraphes contenant la description de communautés fictives, telles que Pleasantville, Fostoria, etc... 20 attributs étaient aléatoirement affectés à l'une des communautés.

Quatre groupes étaient formés :

- dans le groupe contrôle (GC), après la lecture de chaque paragraphe, on présentait aux étudiants un résumé des principaux attributs présentés dans le texte ;
- dans la condition "Dessin" (GD), le résumé de chaque paragraphe était constitué de dessins indépendants représentant chacun un des attributs présentés dans le texte ;
- pour le groupe "Dessin Organisé" (GDo), une même illustration intégrait les dessins de tous les attributs ;
- pour le groupe "Dessin Organisé des Mots-clé" (GMc), un dessin d'un mot-clé associé à une communauté particulière ; par exemple pour la communauté "Fostoria", la scène représente un pays froid pour susciter l'association "frost" (gel) et "Fostoria".

Les résultats peuvent être résumés ainsi :

- la condition "Dessin Organisé des Mots-clé" facilite le rappel des attributs et des associations attributs/communauté (les attributs étant rappelés par paraphrases ou mot à mot) ;
- la condition "Dessin Organisé" améliore également le taux de rappel des attributs du texte, mais pas le taux d'association attributs/communauté correct (qui avoisine celui du groupe contrôle) ;
- quant à la condition "Dessin" simple, elle était totalement inefficace pour l'association attributs/communauté.

II. L'acquisition de connaissances à partir de textes et de figures

Ainsi, ce n'est pas la présentation de figures en elle-même qui améliore la mémorisation d'un texte, mais l'intégration de ces éléments dans une même illustration, permettant ainsi une association des attributs illustrés.

Les différents types de figures.

L'auteur distingue 4 types de figures selon la fonction qu'elles remplissent par rapport au texte :

Fonction de représentation : le contenu du texte peut être également exprimé par une séquence de figures (par exemple une séquence narrative) ; les informations picturales sont redondantes par rapport au texte, mais supposées plus concrètes.

Fonction d'organisation : dans ce cas, l'illustration (un graphe par exemple) concrétise les relations entre les propositions du texte .

Fonction d'interprétation : l'illustration peut aider à la représentation du sens, lorsque le texte est abstrait et complexe (par exemple au moyen d'analogies visuelles).

Fonction de transformation : lorsqu'un texte présente de nombreuses informations factuelles et nouvelles, une figure peut transformer ces informations verbales en une forme plus compréhensible (cas de l'illustration d'un document technique). Concrètement, la figure fournit une définition ou un exemple pour chaque élément nouveau.

Le tableau 2.2 caractérise les types de figures en fonction du niveau d'organisation auquel elle s'applique (macro- ou micro-structure) et de leur principale fonction (compréhension et mémorisation).

Figures	Niveau de texte		Principale fonction		Propriété du texte renforcée
	micro	macro	compréhension	mémorisation	
Représentation	X			X	valeur concrète
Transformation	X			X	mémorabilité
Organisation		X		X	relations
Interprétation	X	X	X		significativité

Tableau 2.2 : Caractéristiques des 4 types de figures.

Pour LEVIN, on peut parler de stratégies mnémotechniques lorsque les figures présentent des objets ou événements qui ne sont pas dans le texte (figures de transformation uniquement).

II.2.3 Mise en relation de schémas et d'énoncés dans l'acquisition des connaissances.

Objectif et hypothèses.

L'expérience de VEZIN (1985) étudie l'agencement relatif des énoncés et des figures dans un document didactique.

Selon cet auteur, l'apprentissage résulte de la mise en relation de schémas et d'énoncés, d'un travail d'intégration qui permet de retenir l'ensemble en une unité globale.

Il existe deux façons d'établir un parallèle entre énoncés et schémas :

- soit on met chaque schéma en correspondance avec un énoncé particulier (groupe M) : on émet l'hypothèse d'une meilleure rétention des détails des schémas ;
- soit on insère les schémas au fur et à mesure que se construit la structure du texte (groupe O) : on peut penser que l'acquisition concernera plutôt la forme globale.

L'objectif de l'expérience est de montrer que la différence de présentation induit des performances différentes pour des tâches de résolution de problèmes, où il faut se centrer soit sur les caractéristiques de détail, soit sur la forme globale. En revanche, la présentation ne devrait pas agir sur les performances dans une tâche de reproduction de schémas, où les deux aspects, détails et forme globale, sont nécessaires.

Procédure

Le matériel, appartenant au domaine botanique, était constitué de planches et d'énoncés se référant aux planches. Les sujets étaient des élèves de sixième.

Deux groupes étaient formés en fonction des tâches à accomplir à l'apprentissage :

- le groupe M exécutait une tâche qui incitait une mise en correspondance de paires énoncé-schéma :
déterminer pour chaque énoncé si un ou plusieurs schémas lui correspondent et à quel degré ;
- le groupe O travaillait sur l'organisation globale :
constituer un texte compréhensible accompagné de schémas en ordonnant les énoncés.

Dans la phase test, les deux groupes avaient deux tâches à réaliser :

- une tâche de reproduction de mémoire des schémas ;
- une tâche de résolution de problème, composée de deux sous-tâches :
 - juger de la conformité d'un nouveau schéma par rapport à l'un des schémas présentés en apprentissage, ce qui nécessite une vue d'ensemble ;
 - en cas de non-conformité justifier pourquoi, ce qui requiert une analyse du détail.

Résultats et discussion.

Comme attendu, la reproduction de mémoire entraîne les mêmes résultats pour les deux groupes.

Pour la résolution de problèmes on observe deux résultats :

- le jugement de conformité entraîne les meilleures performances pour le groupe O ;
- pour la justification des différences, c'est le groupe M qui obtient les performances les plus élevées.

L'auteur émet alors l'hypothèse selon laquelle les schémas seraient représentés de manière figurative relativement autonome par rapport aux énoncés, puisqu'il est possible de comparer la similitude en s'appuyant sur la forme globale.

En revanche, *le verbal influencerait la façon dont s'effectue la lecture du schéma et donc sur la capacité ultérieure d'utilisation de ce schéma* :

- une présentation où chaque énoncé est mis en correspondance avec chaque schéma inciterait à une analyse détaillée du schéma ;
- une présentation dans le contexte d'un ensemble d'énoncé conduit à appréhender le schéma dans sa forme globale, comme le résultat de l'interrelation des caractéristiques de détail.

Ainsi, cette expérience met en évidence l'influence de l'agencement séquentiel des médias graphiques et textuels sur les types d'informations picturales stockées (forme globale ou détails) et par conséquent sur les traitements cognitifs qui pourront ultérieurement s'y appliquer.

II. L'acquisition de connaissances à partir de textes et de figures

Les recherches présentées précédemment portaient sur l'influence de caractéristiques du matériel comprenant texte et figures sur le traitement des informations. Mais un centre d'intérêt tout aussi préoccupant réside en la *présentation spatiale des informations graphiques et textuelles en référence mutuelle*. En effet, les documents conventionnels présentent les deux sources d'information dans des portions de l'espace séparées. Or cette présentation est susceptible de gêner le traitement de l'information pour deux raisons :

- *le déplacement du focus de l'attention* d'une source à l'autre peut entraîner un effet de distraction ;
- *l'intégration des deux types d'information* demande un effort cognitif qui alourdit le traitement des informations ; ceci pourrait alors annihiler l'effet facilitateur des figures sur l'apprentissage, que les expériences précédentes ont mis en évidence.

SWELLER et ses collaborateurs [SWELLER, 90] ont eu l'idée d'intégrer les deux sources d'informations, et de comparer les effets de cette présentation intégrée à une présentation conventionnelle quant à ses effets sur l'apprentissage. La partie suivante présente leurs recherches.

II.2.4 Les effets de la structuration du matériel sur l'apprentissage.

Les expériences de SWELLER & AL. se situent dans le cadre de recherches sur les caractéristiques du matériel instructionnel en mathématique, science et technologie.

La théorie de la charge cognitive.

Suites à des investigations expérimentales [SWELLER,88], les auteurs ont élaboré une théorie de la charge cognitive, dont on peut retenir trois points essentiels.

Tout d'abord, c'est *l'acquisition de schémas* (Cf. chapitre I.1.1) qui est considérée comme le processus élémentaire de l'apprentissage. Les différences de mémorisation des états de problème, de stratégies utilisées et de catégorisation des problèmes peuvent être expliquées en faisant l'hypothèse que les experts ont acquis des schémas qui jouent un rôle crucial dans leur façon d'aborder la résolution de problème. Les auteurs désignent par le concept de schéma une structure cognitive qui permet de catégoriser un état de problème comme appartenant à une catégorie d'états de problème qui requièrent certaines opérations particulières pour atteindre la solution. Ainsi un schéma permet de catégoriser les problèmes en fonction de leur mode de résolution, et non en fonction de structures de surface comme le font les novices. Cette acquisition de schémas nécessite donc une attention dirigée vers la catégorisation en états de problème et opérations associées.

En outre, d'après la théorie de la charge cognitive, si une stratégie de résolution demande un traitement complexe, la capacité cognitive disponible pour d'autres aspects de la tâche et pour l'apprentissage sera moindre. Dans les expériences, on peut s'attendre à ce qu'une charge cognitive plus "lourde" se traduise par une augmentation du taux d'erreur et une diminution de la vitesse d'apprentissage.

Par suite, le matériel d'instruction est susceptible d'interférer avec l'acquisition de schéma s'il détourne l'attention des états de problème, et s'il impose une charge cognitive élevée. Or, pour les raisons précédentes, deux facteurs notamment constituent une gêne dans l'apprentissage : *l'utilisation d'une stratégie moyen-fin, et la présence de multiples sources d'information en référence mutuelle*.

En effet, l'acquisition du schéma ne peut commencer que lorsque les différentes sources d'information ont été mentalement intégrées, se présentant ainsi dans un format convenable pour leur acquisition.

Ainsi, la résolution de problèmes présentés de manière conventionnelle peut interférer avec l'apprentissage, en perturbant l'acquisition de schéma. Pour tester cette hypothèse, SWELLER a mené deux expériences : la première (SWELLER, 88) démontrait les effets négatifs d'une stratégie moyen-fins, et la deuxième (SWELLER & AL., 90) éprouvait l'influence de l'intégration des diverses sources d'information en une seule. C'est cette dernière que nous allons rapporter maintenant.

La charge cognitive comme un facteur de structuration des documents techniques

Dans les expériences de 1990 [SWELLER, 90], les auteurs s'intéressent à un facteur susceptible de perturber l'acquisition de schéma : la structuration du matériel d'apprentissage, en particulier la présentation de plusieurs sources d'informations en référence mutuelle. de même qu'en 1988, c'est dans le cadre de la théorie de la charge cognitive que s'inscrivent ces recherches.

4 points essentiels de la théorie de la charge cognitive :

- l'acquisition de schéma est considérée comme le constituant élémentaire de l'apprentissage ;
- cette acquisition de schéma demande une attention dirigée vers la catégorisation en états de problèmes et opérations ("moves") associées ;
- la stratégie de résolution dite "moyen-fins" et la présence de multiples sources d'apprentissage en référence mutuelle sont deux facteurs gênant l'apprentissage; en effet ils requièrent de l'attention et imposent une lourde charge cognitive, non disponible pour l'apprentissage ;
- l'acquisition de schéma ne peut commencer que lorsque les différentes sources ont été mutuellement intégrées, se présentant ainsi dans un format convenable pour leur acquisition.

Comme l'ont montré certaines expériences [ROSS, 84], les aspects de surface d'un problème influence leur résolution (stratégies mises en œuvre, charge cognitive).

Ainsi SWELLER et al. partent de l'idée selon laquelle la présentation de différentes sources d'informations, référant mutuellement l'une à l'autre, provoque un partage de l'attention à la fois sur l'intégration des données et sur l'acquisition du schéma correspondant. De ce fait leurs expériences cherchaient à tester l'hypothèse suivante : la présentation du matériel sous un format intégré, évitant un partage de l'attention, améliore l'efficacité de l'apprentissage.

Pour ce faire, ils ont mené six expériences :

- l'expérience 1 est une réplique d'une expérience de TARMIZZI ET SWELLER (88 cités par SWELLER, 1990) qui montre que les exemples résolus ne sont efficaces que si les informations textuelles sont intégrées au graphique ;
- les expériences 2 et 3 testent l'hypothèse selon laquelle l'apprentissage est amélioré lorsque le matériel est présenté sous un format intégrant les différentes sources d'information ;
- les expériences 4, 5 et 6 étendent les résultats trouvés sur l'apprentissage des coordonnées géométriques à celui de la programmation par contrôle numérique.

Nous allons présenter la trame générale de ces expériences, puis nous préciserons pour chacune sa spécificité et les résultats dégagés.

Méthodologie.

Matériel

Les notions à acquérir appartenaient à deux domaines : la géométrie pour les expériences 1, 2 et 3 et la programmation de machines par contrôle numérique (NCP) pour les expériences 4, 5, 6.

En géométrie, il s'agissait d'apprendre les notions de milieu de segment et de coefficient directeur d'une droite. La NCP permet de commander des machines non pas au moyen de commandes manuelles mais au moyen d'un codage numérique qui correspond à des coordonnées des mouvements à effectuer dans l'espace.

Pour toutes les expériences, le matériel utilisé contenait au moins deux sources d'information en référence mutuelle (textes et figures pour la plupart).

Sujets

Les sujets étaient choisis de telle sorte qu'ils n'aient aucune expérience antérieure de la notion enseignée.

Pour la géométrie, il s'agissait d'élèves de 9 ans, n'ayant aucune expérience antérieure des coordonnées géométriques mais dont les connaissances mathématiques assuraient la possibilité de résoudre les problèmes présentés.

Pour la NCP, les sujets étaient élèves en première année d'apprentissage, n'ayant jamais été initiés au NCP.

Procédure

Les sujets étaient divisés en deux groupes :

- le groupe "apprentissage conventionnel" disposait d'un matériel où les deux sources d'informations en référence mutuelle étaient présentées séparément (Cf. figure 2.3a) ;
- le groupe "apprentissage modifié" bénéficiait des mêmes explications mais dans un format de présentation intégrant les deux sources d'information en une seule (Cf. figure 2.3b).

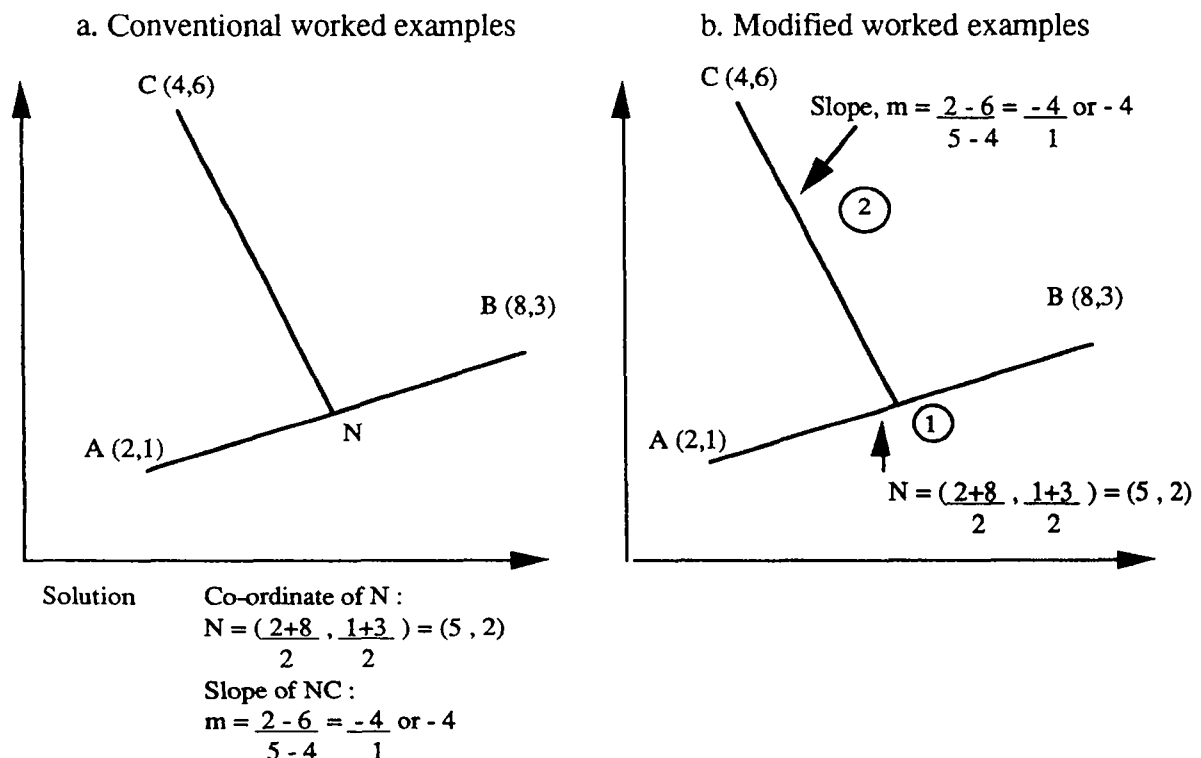


Figure 2.3 - Les deux types de présentation des exemples résolus utilisés dans l'expérience 1 : a. présentation conventionnelle ; b. présentation intégrée(d'après [SWELLER,90]).

Les expériences se déroulaient en deux (ou trois) phases :

Phase d'apprentissage :

Des explications écrites étaient fournies aux sujets qui disposaient du temps qu'ils désiraient pour les étudier. Lorsque les sujets estimaient avoir compris, ils en informaient l'expérimentateur qui notait le temps d'apprentissage. On ne leur permettait pas de poser de questions sur les explications.

Phase d'acquisition (expériences 1 et 3) :

Après l'apprentissage, on présentait aux sujets des exemples de problèmes corrigés, soit à résoudre (groupe 1 de l'expérience 1), soit à étudier.

Phase test :

Une phase test suivait, identique pour les trois groupes. Elle consistait à résoudre trois problèmes présentés de manière conventionnelle dans un temps limité :

- le premier était similaire au problème présenté en exemple dans la phase d'apprentissage (5 minutes) ;

Pour la géométrie, il s'agissait de calculer les coordonnées géométriques du milieu d'un segment, et le coefficient directeur d'une droite coupant ce segment en son milieu ; pour la NCP, les sujets devaient établir des commandes en NCP permettant de reproduire le mouvement décrit dans le diagramme.

- le deuxième nécessitait d'utiliser les notions acquises pour atteindre un objectif différent du premier problème ;

Pour la géométrie, il s'agissait du calcul du milieu d'un segment puis du milieu d'un segment coupant le premier en son milieu (5 minutes) ; pour la NCP, le problème consistait à décrire le mouvement correspondant aux commandes en code NCP ;

- le dernier était un problème de transfert (5 ou 10 minutes) :

Pour la géométrie, il fallait calculer les coordonnées du milieu d'un segment et de l'extrémité d'un segment passant par ce milieu, ce qui nécessite le calcul du coefficient directeur du segment ; pour la NCP, à partir de commandes NCP, les sujets devaient indiquer le programme en NCP qui pouvait faire revenir l'outil dans sa position initiale.

Résultats

4 variables étaient mesurées :

- temps d'apprentissage ;
- temps de résolution de chaque problème ;
- réussite : nombre de sujets ayant réussi chaque problème et éventuellement nombre de pas corrects vers la solution ;
- nombre d'erreurs.

Les résultats montrent une supériorité du groupe "apprentissage modifié" qui se traduit par deux phénomènes :

- *d'une part des temps plus faibles pour l'apprentissage (également l'acquisition s'il y a lieu) et pour la résolution ;*
- *d'autre part de meilleures performances dans des problèmes de transfert qui nécessitent une compréhension profonde et donc font appel aux schémas.*

Apport de chaque expérience

Plus précisément, nous allons indiquer quel est l'apport de chacune des six expériences menées par SWELLER par rapport au problème étudié :

II. L'acquisition de connaissances à partir de textes et de figures

La première expérience compare trois types de matériel d'apprentissage, différant par le type de problèmes présentés pour l'acquisition : conventionnels, exemples résolus, et exemples résolus intégrant diagramme et commentaires. *L'expérience montre la supériorité des exemples résolus en format intégré en terme de performances lorsqu'il s'agit de résoudre des problèmes de transfert.*

La deuxième expérience teste *l'efficacité d'un matériel intégrant texte et diagramme sur la phase d'instruction initiale*. Il s'avère qu'en dépit d'un temps d'acquisition plus court, les performances obtenues sont meilleures, à la fois en temps de résolution et en exactitude.

Dans une troisième expérience, *l'intégration des sources d'information est effectuée à la fois sur le matériel de la phase d'instruction et sur les exemples résolus en phase d'acquisition*. De même, le temps d'instruction se trouve considérablement diminué ; en outre les temps de résolution sont plus courts, et l'exactitude supérieure pour des problèmes difficiles.

Les trois expériences suivantes sur la programmation en contrôle numérique (NCP), en vue de l'extension des résultats obtenus précédemment.

La quatrième expérience consiste à vérifier *la supériorité d'un matériel intégrant texte et diagramme en phase d'instruction initiale en NCP*. Les résultats sont effectivement les mêmes (temps d'instruction plus court et meilleurs scores).

Dans l'expérience 5, c'est *l'efficacité de l'intégration de plusieurs sources d'informations textuelles* en phase d'instruction qui est éprouvée. De même, avec un temps d'apprentissage plus faible, les performances sont meilleures (temps et exactitude), et ce d'autant plus que le problème est complexe.

Enfin, l'expérience 6 teste *l'efficacité de l'intégration totale des différentes sources d'informations textuelles et graphiques en un seul diagramme*. Comme attendu, les temps d'apprentissage et de résolution sont plus faibles, et l'exactitude meilleure pour les problèmes difficiles.

Discussion générale.

Les auteurs déduisent de ces résultats quatre implications théoriques :

- les sujets peuvent répéter la résolution de problème de transformation sans avoir assimilé tous les aspects du problème ;
- les caractéristiques attentionnelles et cognitives de certaines stratégies de résolution de problèmes (par exemple l'analyse moyens-fin) interfèrent avec l'apprentissage ;
- les exemples résolus ne sont efficaces que lorsqu'ils réduisent le partage de l'attention entre différentes sources d'informations ;
- l'efficacité de l'intégration des sources d'informations peut être étendue aux explications présentées pour l'apprentissage.

Ainsi, SWELLER tire de ces expériences l'hypothèse de *la supériorité d'un matériel présentant le moins possible de sources d'informations spatialement séparées*, quand bien même elles seraient de même nature (textuelles par exemple). En effet, la séparation des sources d'information entraîneraient une charge cognitive plus lourde du fait de l'intégration cognitive des différents éléments en référence mutuelle.

Cette supériorité se manifeste à deux niveaux :

- *par un temps d'apprentissage initial plus faible*, dû à l'évitement d'une mobilisation des ressources cognitives pour intégrer les informations des différentes sources ;
- *par une meilleure efficacité* puisque les performances dans des tâches de résolution de problème sont meilleures en temps et en réussite.

L'amélioration des performances se manifeste surtout sur des problèmes complexes (notamment de transfert) qui nécessitent d'avoir compris la structure profonde du problème et non d'opérer une simple mise en correspondance des structures de surface. Ainsi, l'intégration des différentes sources d'information semble améliorer l'acquisition des schémas, blocs élémentaires de l'apprentissage.

II.3 CONCLUSION

Avant d'aborder la présentation de notre expérience, nous allons récapituler les différents résultats mis en évidence dans les recherches précédentes.

Le modèle de ANDERSON et les résultats des expériences présentées nous conduisent à penser que les caractéristiques du matériel d'apprentissage influence le traitement des informations, notamment le mode de codage sous forme de chaînes, d'images ou de propositions.

Plus concrètement, dans un matériel intégrant textes et figures, chaque média peut remplir trois fonctions vis-à-vis de l'autre : contextualisation, structuration, et induction d'une stratégie de traitement des informations (sélection, ordre des éléments à traiter).

A partir des recherches présentées, cinq résultats sur la complémentarité texte-figure dans un matériel d'apprentissage se sont dégagés :

- La représentation d'une situation intègre différents modes de codage en fonction du média de présentation. Chaque mode de codage code certaines propriétés du stimulus et donc influence les opérations qu'il sera possible d'y appliquer ultérieurement.

- Lors du traitement, les éléments d'une image sont hiérarchisés selon leur degré de saillance. Celui-ci détermine le seuil et l'ordre d'apparition des différents éléments de la figure dans un texte qui la décrit.

- Les figures peuvent être catégorisées en quatre types (représentation, organisation, transformation et interprétation) en fonction du niveau du texte auquel elles s'appliquent et de leur principale fonction (mémorisation ou compréhension).

- La mise en correspondance de paires énoncé-figure favorise un traitement analytique de la figure, alors que l'insertion des figures dans le déroulement du texte induit plutôt un traitement de la forme globale de la figure.

- L'intégration des différentes sources d'informations en référence mutuelle dans un document didactique facilite l'apprentissage l'acquisition de schéma en réduisant la charge cognitive nécessaire.

Dans l'expérience que nous avons réalisée, nous reprenons cette comparaison entre présentation intégrée et non-intégrée.

Néanmoins, sur un schéma complexe, la présence de toute l'information sur le graphique ne risque-t-elle pas de créer une surcharge perceptive de la figure, qui alourdirait son traitement ?

Le support informatique constitue un moyen d'éviter cette surcharge : en effet, il offre la possibilité d'insérer les commentaires de la figure dans des escamots ("pop-up windows"), qui ont la particularité de ne s'afficher que sous démarche active de l'utilisateur (cliquer sur un bouton). Plutôt que «champ» ou «fenêtre escamotable», nous utilisons le néologisme "escamot" pour traduire la notion de "pop-up window".

II. L'acquisition de connaissances à partir de textes et de figures

Une récente expérience de STARK (1990) apporte des résultats intéressants sur l'influence des escamots sur la mémorisation.

Deux types de textes, contenant la même information, sont présentés selon la condition :

- "plain" : tout le texte apparaît dans la même fenêtre ;
- "pop-up" : le texte contient un escamot, présentant des détails du texte.

Les auteurs font l'hypothèse que l'information présentée dans un escamot sera mieux mémorisée que dans le texte plein. En effet, elle sépare l'information du texte principal, à la fois visuellement et au niveau comportemental

En outre il s'interroge sur une gêne éventuelle de l'intégration de l'information en "pop-up" dans l'ensemble du texte (liens globaux).

Deux résultats ont été retenus :

- D'une part, on note une supériorité des performances de rappel des caractéristiques présentées en escamots, à la fois en temps et en nombre d'erreurs.

- D'autre part, les escamots ne perturbent pas l'intégration de l'information à l'ensemble du texte ; au contraire, les temps de réponse sont plus faibles. Les auteurs font l'hypothèse d'une saillance visuelle et d'une mise en relief de l'information présentée en "pop-up".

Ainsi les auteurs concluent à la supériorité de la présentation en escamot pour mettre l'accent sur une information.

Compte tenu de ces résultats et de ceux de SWELLER, nous avons réalisé une expérience visant à comparer les trois formats de présentation de l'information : conventionnel, texte intégré à la figure, et texte intégré à la figure dans des fenêtres escamotables.

La présentation de cette expérience et des résultats obtenus fait l'objet du chapitre suivant.

III PRESENTATION DE L'EXPERIENCE.

L'objet de ce chapitre est d'exposer l'expérience que nous avons menée dans le cadre de cette recherche. Nous indiquerons successivement les objectifs et hypothèses de travail, les variables prises en compte et la méthodologie adoptée.

Les éléments d'information qui ne sont pas directement nécessaires à la compréhension de l'expérience seront notés en retrait dans des caractères de taille inférieure, comme l'est cette phrase.

III.1 OBJECTIFS ET HYPOTHESES

L'expérience consiste pour une part en une réplique des expériences menées par SWELLER [SWELLER & AL., 90].

Elle a pour but de vérifier l'influence *du format de présentation de deux sources d'informations textuelles et graphiques en référence mutuelle* sur l'activité d'apprentissage.

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que l'intégration des différentes sources d'informations en référence mutuelle en une seule semblait faciliter l'apprentissage².

Néanmoins, l'expérience rapportée ici diffère de celle de SWELLER sur trois plans :

- *le support utilisé* : cette recherche se déroule sur micro-ordinateur et non sur papier ;
- *le format de présentation* : le support informatique permet de présenter l'information sous un format hypertexte, présentant des escamots ;
- *les tâches proposées* : outre la résolution de problèmes mathématiques tels que les a posés SWELLER, les sujets ont à mémoriser une liste de termes techniques.

Hypothèses théoriques

Les recherches présentées dans la première partie de ce rapport nous permettent de poser deux hypothèses :

Hypothèse 1

Dans un document technique, l'intégration des différentes sources d'informations en référence mutuelle (textes et figures en l'occurrence) devrait permettre de diminuer la charge cognitive mobilisée pour l'étude du document, laissant ainsi une capacité cognitive résiduelle plus importante pour l'apprentissage.

Hypothèse 2

La présence de toute l'information textuelle sur la figure pourrait créer une surcharge perceptive qui gênerait le traitement des détails de l'information graphique. Par suite, la présentation de l'information dans des escamots devrait faciliter le traitement des informations graphiques.

Il est à noter que pour poser ces hypothèses, nous devons admettre les trois postulats émis par SWELLER :

- l'homme dispose d'une capacité cognitive limitée ;
- la résolution de problème et l'apprentissage requièrent tous deux une part de cette capacité ;
- les mécanismes de résolution de problème et d'apprentissage diffèrent.

² Il est à noter que dans notre expérience, le terme "apprentissage" désigne plutôt une "appropriation" de connaissances, au sens où nous n'avons pas mesuré la persistance des notions acquises dans le temps.

III.2 PLAN D'EXPERIENCE.

III.2.1 Variable expérimentale.

Comme l'indiquent les hypothèses précédentes, l'expérience consiste à tester l'influence d'une variable : la modalité de présentation des informations textuelles et graphiques en référence mutuelle.

Il s'agit alors de comparer les performances de sujets de trois groupes opérationnalisant trois conditions de présentation :

- *présentation "conventionnelle"* (que l'on abrégera par GC) : les explications et les diagrammes en référence mutuelle sont présentés séparément, comme dans les manuels classiques ;

- *présentation "intégrée"* (que l'on abrégera par GI) : les explications sont intégrées dans les diagrammes, à la manière des schémas de SWELLER ;

- *présentation "en escamot"* (que l'on abrégera par GE) : les explications sont associées à chaque élément de la figure, mais elles n'apparaissent qu'après action du sujet. Concrètement sur le logiciel "Hypercard", les explications sont inscrites dans un escamot qui apparaît lorsque le sujet clique sur un bouton correspondant à l'élément pointé sur la figure.

Les tâches proposées aux sujets appartiennent à deux domaines différents :

- dans le domaine du bâtiment, il s'agit de mémoriser une liste d'associations terme / élément graphique ;
- dans le domaine de la géométrie, il est demandé de retenir deux formules mathématiques concernant les coordonnées géométriques et leur mode d'application.

III.2.2 Variables contrôlées.

Nous avons cherché à neutraliser les effets de trois facteurs :

L'ordre des tâches

L'effet de ce facteur est contrebalancé par l'existence de deux sous-groupes (A et B) pour les trois conditions :

- A : mémorisation de termes puis apprentissage mathématique ;
- B : apprentissage mathématique puis mémorisation de termes.

Il était indispensable de contrebalancer les ordres de passation pour que la comparaison entre les conditions soit possible : en effet, dans le cas contraire, les résultats obtenus pour la seconde tâche auraient été conditionnels à la passation de la première.

La formation scolaire du sujet

Pour ce facteur, l'indicateur choisi est le baccalauréat ; son effet est neutralisé par la présence du même nombre de sujets de chaque formation dans les trois groupes.

En effet, tous les sujets ont déjà eu connaissance des formules mathématiques en question au cours de leur scolarité (en classe de 3ème), mais on peut supposer que le schéma concerné n'est plus actif actuellement (les sujets sont étudiants dans des filières autres que mathématiques). Cependant, on ne peut pas écarter l'éventualité d'une facilitation dans la réactivation du schéma en question pour les personnes issues d'une section scientifique dans le secondaire. C'est pourquoi chaque groupe compte autant de sujets possédant un bac dit "mathématique" (C, D, E) que de sujets possédant d'autres bacs.

Le sexe

Chaque groupe compte le même nombre de représentants des deux sexes.

Le plan d'expérience peut se résumer par la formule : $S5 < G3 * O2 >$

III. Présentation de l'expérience

(où S représente le facteur sujet, G le facteur groupe et O le facteur ordre).
La répartition des sujets obtenue est présentée dans le tableau 3.1.

	G C	G I	G H
Ordre A	5	5	5
Ordre B	5	5	5

Tableau 3.1 - Plan d'expérience : les chiffres dans les cases indiquent le nombre de sujets par groupe.

III.2.3 Variables mesurées.

Deux types de variables sont mesurées :

Les temps

Ils sont automatiquement décomptés par le programme avec lequel se déroule l'apprentissage (Hypercard).

On distinguera deux types de temps :

- les temps d'apprentissage des notions présentées (temps de lecture de chaque écran d'apprentissage) ;
- les temps d'exécution des tâches demandées : rappel, reconnaissance et résolution des exercices.

Concrètement, le programme en "hypertalk" déclenche automatiquement un chronomètre lorsque un écran s'affiche. Ce chronomètre s'arrête lorsque le sujet clique sur un des boutons de passage à un autre écran. Le temps obtenu est inscrit dans une variable propre à chaque écran. Si un écran s'affiche plusieurs fois, les temps sont tous répertoriés mais ne sont pas additionnés, de sorte que l'on puisse compter le nombre d'affichage de chaque écran.

La réussite de la tâche.

Dans le cas des problèmes mathématiques, celle-ci se décompose en trois variables :

- valeur de réussite : réussite/échec ;
- nombre de pas vers la solution (sur 2 ou 3 pour le troisième problème) ;
- le type d'erreur : erreur de calcul, dans les formules, ou incapacité à résoudre.

Dans le cas des termes techniques du bâtiment, la réussite apparaît au travers de trois indicateurs :

- le nombre d'éléments correctement rappelés ;
- le nombre d'erreurs dans la restitution des noms (erreur 1) ;
- le nombre d'erreurs dans le pointage des éléments (erreur 2).

III.2.4 Hypothèses opérationnelles

Pour éprouver les prédictions découlant de chaque hypothèse, nous allons observer des indicateurs de performances spécifiques.

Hypothèse 1 : influence de l'intégration des sources d'information

L'hypothèse théorique nous permet de prédire une facilitation de l'apprentissage dans le GI et le GH par rapport au GC ce qui se traduirait par deux résultats :

- des temps d'apprentissage et de résolution plus faibles ;
- de meilleures performances avec deux indicateurs :
 - nombre d'erreurs plus faible
 - nombre de sujets qui réussissent plus important.

Hypothèse 2 : Influence de la présentation des informations textuelles dans des escamots.

L'intégration des escamots pourraient faciliter l'apprentissage pour trois raisons :

- *la suppression de l'éventuelle surcharge perceptive résultant de la présence permanente de toutes les informations sur la figure .*

Nous pouvons alors attendre un avantage du GH sur le GI qui se traduirait par :

- un nombre d'affichages de chaque écran (notions géométriques) inférieur pour le GH ;
- un temps de résolution (et de rappel) plus faible ;
- de meilleures performances en rappel et reconnaissance comme en résolution de problèmes.

Quant au temps d'apprentissage, il est possible qu'il soit augmenté non pas pour des raisons de traitement de l'information, mais à cause du temps nécessaire à l'affichage des escamots (temps de clic et délai d'affichage).

- *une meilleure association en mémoire des éléments textuels et graphiques*, ce qui permet d'attendre de meilleures performances notamment dans le test de rappel des termes du bâtiment pour le GH.

- *la nécessité d'une démarche active* pour obtenir l'affichage des informations qui pourrait améliorer la mémorisation de ces éléments, du fait d'un niveau de vigilance plus élevé ; on observerait alors :

- un temps de résolution (ou de rappel) plus faible pour le GH ;
- de meilleures performances pour le GH (moins d'erreurs et plus de sujets qui réussissent).

Il est à remarquer que pour le GH, les avantages des deux présentations se cumulent (information textuelle intégrée à la figure et présentation en escamots), ce qui laisse présager l'obtention de meilleurs résultats pour ce groupe, puis pour le GI et enfin pour le GC.

III.3 METHODOLOGIE.

La méthodologie employée pour les trois groupes reprend celle des expériences menées par SWELLER [SWELLER, 90].

III.3.1 Sujets

Les sujets sont 30 étudiants, tous Français ou étrangers francophones depuis plus de 10 ans (2 sujets).

Les sujets sont tous droitiers. En outre, ils ont déjà tous manipulé la souris et la plupart l'utilise fréquemment (sur Macintosh ou sur PC). Aucun n'a éprouvé de difficultés de navigation sur l'exercice d'entraînement.

En fait, sur les 39 sujets ayant effectivement passé l'expérience, 6 ont permis d'effectuer un pré-test (sujets 1 à 6) et trois sujets ont été éliminés pour deux raisons :

- "blocage" sur les problèmes mathématiques pour les sujets 22 et 37 ;
- événement extérieur pour le sujet 20.

Il est à remarquer que les sujets ayant eu une attitude de blocage face aux problèmes de mathématiques appartenaient tous deux au groupe contrôle, qui présente les informations de manière conventionnelle.

		A	B	Total
GC	Moy d'age	25	23,6	24,3
	Sexe	F = 2 / M = 3	F = 3 / M = 2	F = 5 / M = 5
	Bac	Maths : 2 /Autres : 3	Maths : 3 /Autres : 2	Maths : 5 /Autres : 5
GI	Moy d'age	26,8	25,8	26,3
	Sexe	F = 2 / M = 3	F = 3 / M = 2	F = 5 / M = 5
	Bac	Maths : 3 /Autres : 2	Maths : 2 /Autres : 3	Maths : 5 /Autres : 5
GE	Moy d'age	23,6	26,2	24,9
	Sexe	F = 4 / M = 1	F = 1 / M = 4	F = 5 / M = 5
	Bac	Maths : 2 /Autres : 3	Maths : 3 /Autres : 2	Maths : 5 /Autres : 5
Total	Moy d'age	25,13	25,2	25,17
	Sexe	F = 8 / M = 7	F = 7 / M = 8	F = 15 / M = 15
	Bac	Maths : 7 /Autres : 8	Maths : 8 /Autres : 7	Maths:15 /Autres:15

Tableau 3.2 - Récapitulatif des variables d'identification.

Le tableau 3.2 montre que les variables "Sexe" et "Bac" (mathématique / autres) ont été équilibrées entre les groupes (G C / G I / G E, et A / B)
En outre, la moyenne d'âge est très proche d'un groupe à l'autre.

III.3.2 Matériel

Les notions que les sujets ont à apprendre portent sur deux domaines :

- la géométrie : calcul du milieu d'un segment et du coefficient directeur d'une droite ;
- le bâtiment : mémorisation de termes techniques relatifs aux toits des bâtiments.

Les explications, présentées sur ordinateur, étaient identiques pour les trois groupes.

III.3.3 Procédure.

Dans un premier temps sera décrit le déroulement général de l'expérience, identique pour les trois groupes, puis l'on s'intéressera aux différentes modalités de présentation pour chaque groupe.

Les consignes, orales ou écrites sur l'écran, sont le plus souvent identiques pour les trois groupes. Dans le cas contraire, les variantes sont indiquées.

Pour plus de clarté, nous présenterons les consignes entre guillemets en police "palatino" ; les consignes orales seront en plus en *italique*.

Les sujets étaient aléatoirement affectés à l'un des trois groupes (tirage au sort en fonction des critères d'identification à équilibrer).

Les sujets, testés individuellement, sont conviés à participer de la façon suivante :

"Je suis étudiante en DEA de Sciences cognitives et je travaille sur l'acquisition des connaissances. Seriez-vous disponible une vingtaine de minutes pour une expérience ?"

Les sujets sont invités à s'asseoir devant l'ordinateur pour un exercice d'entraînement à la manipulation de la souris :

III. Présentation de l'expérience

"Avant de commencer, voici un exercice d'entraînement à la manipulation de la souris. Avez-vous déjà manipulé la souris ?"

L'exercice consiste à cliquer sur une suite de chiffre de 1 à 7 disséminés sur l'écran pour faire apparaître une image. Le programme sanctionne les erreurs par une animation sonore et visuelle.

L'exercice terminé, l'expérimentateur note le niveau d'expérience de la souris, et active le fichier correspondant au groupe de passation. Le premier écran permet de recueillir les réponses aux questions d'identification "âge" et "filière et année d'étude". Le bac d'origine était demandé oralement.

Ensuite une explication du déroulement de l'expérience est fournie au sujet :

"Maintenant, passons à l'expérience elle-même. Vous devrez apprendre des notions appartenant à deux domaines différents : les mathématiques et les techniques du bâtiment. Aucune connaissance préalable sur les deux domaines ne sont nécessaires. Toutes les consignes seront écrites sur écran. Les exercices proposés seront à résoudre sur des feuilles de papier que je vous donnerai. Si vous avez un problème concernant la manipulation, ou si vous ne comprenez pas la consigne, vous pouvez me poser des questions. Mais je ne répondrai pas aux questions portant sur le contenu à apprendre"

Pour les deux notions à acquérir, deux phases étaient distinguées : une phase d'apprentissage et une phase test. Nous allons détailler chacune de ces phases pour les deux domaines d'apprentissage, présentés successivement.

Termes techniques du bâtiment

Phase d'apprentissage.

Les sujets peuvent lire sur l'écran la consigne suivante :

"Le document que vous allez découvrir est issu d'une encyclopédie des techniques du bâtiment. Il a pour objet de définir les différentes parties de la "couverture", terme technique qui désigne le toit des bâtiments. Sur la figure qui vous est présentée, certains éléments sont indiqués par des flèches et expliqués par un bref commentaire. Etudiez très attentivement la figure et le nom des différents éléments. Vous devrez ensuite être capable de redonner le nom de ces éléments sur un schéma muet.

Vous disposez de 5 minutes minimum à 10 minutes maximum pour examiner le document.

Lorsque vous serez prêt à commencer, cliquez sur "Cliquez ici".

Vous cliquerez sur "Fin" quand vous penserez connaître le sujet."

Le groupe "escamot" bénéficiait d'explications spécifiques :

"Pour faire apparaître le nom et le commentaire de chaque élément, vous devrez cliquer sur les points d'interrogation correspondants."

Un écran présente les dix termes à mémoriser et leur illustration dans une figure (Cf. annexe 1 pour une présentation du matériel pour chaque condition).

Le sujet doit examiner un dessin présentant plusieurs éléments pointés, dont on donne le nom et un bref commentaire. Ces noms sont des termes techniques se rapportant au toit des bâtiment.

Phase test

L'apprentissage terminé, un signal sonore avertit l'expérimentateur qui explique au sujet :

"Deux exercices vont vous être présentés sur feuilles de papier. Lorsque vous commencerez à répondre, vous cliquerez sur "début", et lorsque vous aurez terminé l'exercice, vous cliquerez sur "Fin"."

Il s'agit d'une tâche de rappel, suivie d'une tâche de reconnaissance (Cf. Annexe 3 pour une présentation des feuilles de test).

Le premier exercice consiste à donner, sur un schéma muet, les noms des éléments appris précédemment, en pointant pour chacun l'élément auquel il correspond (tâche de rappel). Le deuxième exercice est identique au premier, mais le sujet dispose d'une liste des éléments à mémoriser (tâche de reconnaissance). Le schéma du test est identique au schéma

III. Présentation de l'expérience

d'apprentissage, mais il est présenté en miroir, pour éviter les stratégies "spatiales", qui ne nécessitent pas la rétention des éléments.

La consigne, écrite sur la feuille de papier, était également donnée à l'oral :

"Voici un schéma qui présente les éléments que vous avez découverts précédemment. Vous devez écrire sur ce schéma les noms dont vous souvenez, et pour chaque nom, pointer l'élément auquel il se rapporte au moyen d'une flèche. Vous disposez de 10 minutes maximum."

Le sujet clique lui-même sur les boutons "Début" et "Fin" qui enregistrent le temps. En effet, cette procédure est cohérente avec celle des problèmes mathématiques. En outre, cela permet à l'expérimentateur de ne pas "surveiller" le sujet pour cliquer sur les boutons dès qu'il a terminé.

Notions géométriques.

Phase d'apprentissage

Les sujets peuvent lire sur l'écran la consigne suivante :

"Les explications qui suivent ont pour objectif de vous faire apprendre (ou réapprendre) une notion de géométrie.

Une explication en trois étapes vous sera d'abord proposée, suivi d'un exemple d'exercice. Ensuite, vous devrez résoudre vous-même trois problèmes portant sur la même notion.

Vous pouvez examiner chaque écran le temps que vous désirez et autant de fois que vous le souhaitez, mais vous ne pouvez pas me poser de questions.

Les flèches au bas de l'écran vous permettent de passer à l'écran suivant (flèche à droite) ou au précédent (flèche à gauche).

Lorsque vous penserez avoir compris, vous cliquerez sur "Apprentissage fini" en bas à droite de l'exercice résolu.

Cliquez sur "Commencer" lorsque vous serez prêt(e)."

Quatre écrans exposent successivement les coordonnées géométriques, le calcul du milieu d'un segment, le calcul du coefficient directeur et un exemple d'exercice. L'ensemble des écrans d'explication est présenté en annexe 2.

Le groupe "escamot" bénéficiait d'explications spécifiques :

"Pour faire apparaître les explications, vous devez cliquer sur les numéros entourés d'un cercle. Pour obtenir des explications cohérentes, il est conseillé de cliquer sur les boutons dans l'ordre de leur numérotation ("1er" en premier, "2e" en deuxième, etc...)."

La figure 3.1 (page suivante) présente les trois modalités de présentation pour le calcul du milieu d'un segment.

III. Présentation de l'expérience

Le milieu d'un intervalle.

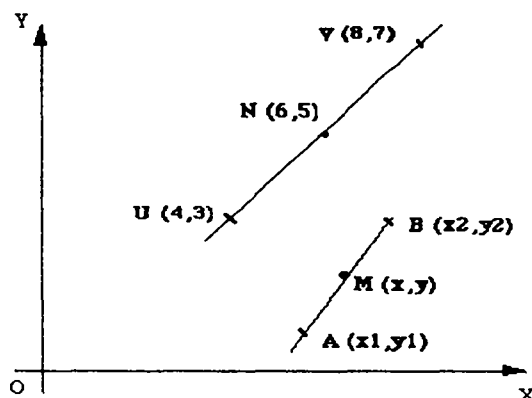
Le milieu d'un intervalle est la position à mi-chemin des extrémités de l'intervalle. Si M est le milieu du segment [AB], alors il sera à mi-chemin entre A et B. Ceci est illustré par le schéma ci-contre.

Le milieu N de [UV], avec U (4,3) et V (8,7) est donné par :

$$N = \left(6 = \frac{4+8}{2} ; 5 = \frac{3+7}{2} \right)$$

Le milieu M, d'un intervalle AB avec A(x1, y1) et B (x2, y2) est donné par :

$$M = \left(\frac{x1 + x2}{2} ; \frac{y1 + y2}{2} \right)$$

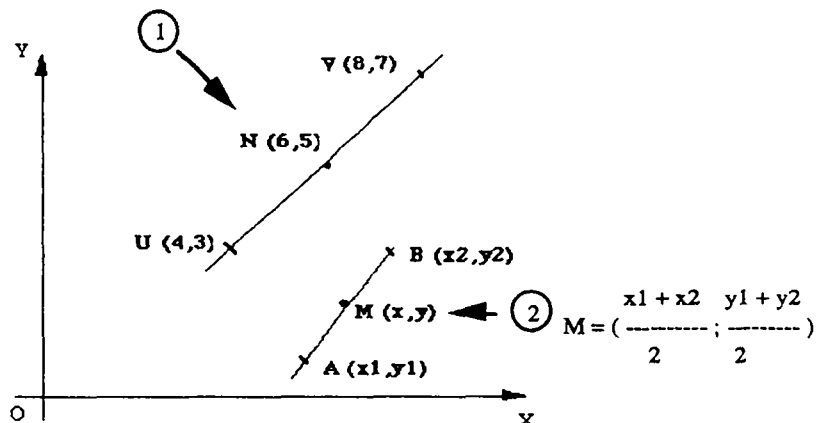


a - Présentation conventionnelle.

Milieu d'un intervalle

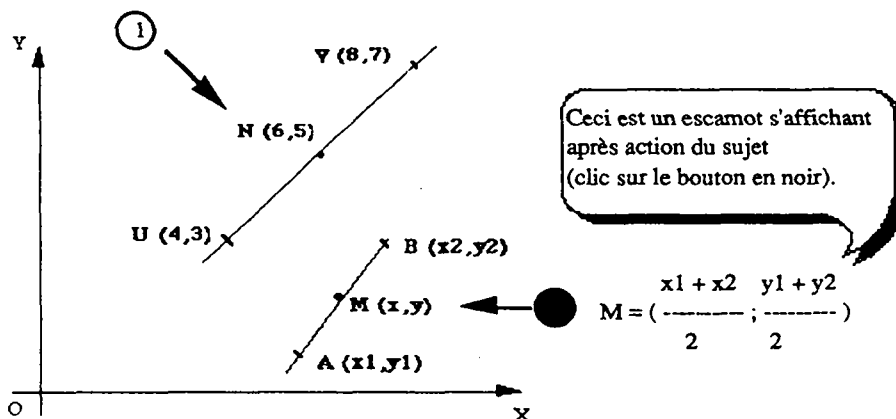
N (6,5), milieu de UV, est à mi-chemin de U et V.

$$6 = \frac{4+8}{2} ; 5 = \frac{3+7}{2}$$



b - Présentation intégrée.

Milieu d'un intervalle



c - Présentation "en escamot".

Figure 3.1 - Les trois modalités de présentation pour l'explication du calcul du milieu d'un segment.

Phase test

La phase test qui suit est identique pour les trois groupes. Elle consiste en trois problèmes posés de façon conventionnelle (Cf. annexe 4) :

- les deux premiers sont des problèmes d'application, au sens où ils font explicitement référence aux notions apprises ;

Le premier est similaire à l'exercice résolu : il consiste à calculer le milieu M d'un segment, puis le coefficient directeur d'une droite coupant la première en M .

Le second problème nécessite le calcul du milieu M d'un segment, puis du milieu M' d'un segment dont M est une des extrémités.

- le troisième est dit problème de transfert, dans la mesure où l'atteinte de la solution requiert les mêmes opérations mais pour atteindre un objectif qui n'est pas explicitement lié aux éléments appris ;

Il s'agit de calculer les coordonnées de l'extrémité d'un segment, ce qui nécessite le calcul du milieu du segment en utilisant le coefficient directeur d'une droite coupant le segment en son milieu.

Le temps alloué pour la résolution de chacun des problèmes est de 10 minutes maximum, sur papier. Le sujet ne peut pas se référer aux écrans d'explication.

Il est à noter que SWELLER n'accordait que 5 minutes à la résolution des deux premiers problèmes. Ici la décision a été prise d'accorder 10 minutes, afin de recueillir des performances de réussite pour chaque sujet, même lent.

Les sujets pouvaient lire sur l'écran l'explication suivante :

"Vous avez à résoudre trois problèmes faisant appel à la notion que vous venez d'apprendre. Vous disposez de 10 minutes maximum pour chaque problème.

Dès que vous avez résolu un problème, cliquez sur "Problème fini" pour prendre un peu de repos.

Lorsque vous serez prêt à commencer, cliquez sur "Problèmes..." en bas de l'écran."

Lorsque le sujet arrive à cet écran, l'expérimentateur lui fournit un stylo et quelques feuilles blanches pour la réponse.

Pour les groupes B où les problèmes mathématiques sont proposés en premier, les feuilles sont retirées à la fin des trois problèmes, pour qu'au moment du deuxième apprentissage, le sujet ne soit pas tenté d'y marquer les termes à retenir.

A la fin de l'expérience, l'expérimentateur remerciait le sujet.

"Je vous remercie d'avoir bien voulu participer."

III. Présentation de l'expérience

IV RESULTATS ET DISCUSSION

Dans la mesure où cette recherche constitue une étude exploratoire, nous nous attacherons à commenter les tendances visibles sur les résultats "bruts". Nous appliquerons néanmoins une analyse de variance (ANOVA) pour tester la significativité statistique des effets observés.

En outre, nous accompagnerons parfois nos résultats des commentaires issus de l'observation des sujets pendant la tâche. Mais cette observation ne faisant pas l'objet d'une méthodologie systématisée, les données recueillies sont à considérer avec prudence. Néanmoins, elles apportent des éléments d'information pertinents pour l'interprétation.

Après avoir commenté l'effet de l'ordre des tâches, nous examinerons l'influence de la modalité de présentation sur l'apprentissage (notamment temps nécessaire) et sur la mise en œuvre des connaissances acquises (temps de réponse et réussite).

IV.1 L'EFFET DU FACTEUR "ORDRE DES TACHES"

Comme nous l'avons indiqué dans la méthodologie, deux groupes A et B ont été créés, pour chaque condition, en fonction de l'ordre des tâches :

- ordre A (désigné par Bât+Géo dans les tableaux) : termes du bâtiment puis notions de géométrie ;
- ordre B (désigné par Géo+Bât dans les tableaux) : notions de géométrie puis termes du bâtiment.

Par ce moyen, il était possible de raisonner sur une tâche indépendamment de sa position temporelle dans la passation (première ou deuxième), puisque les éventuels effets d'ordre étaient contrebalancés.

Or, toutes conditions confondues, on observe une relation entre l'ordre A ou B et les variables mesurées.

En effet, le temps d'apprentissage des termes du bâtiment est inférieur lorsque ce test est présenté en premier (groupe A), et ce quel que soit le groupe, comme le montre le tableau 4.1. Le test statistique montre que cette différence est significative ($F = 4.829$; $p = .0379$). Ainsi, la mémorisation de termes du bâtiment est plus rapide lorsqu'elle a lieu en première tâche.

	A=Bât+Géo	B=Géo+Bât
GC	225,8	399
GI	215,8	239
GE	231,6	370,8
Total	224,4	336,27

Tableau 4.1 - Moyenne des temps d'apprentissage des termes du bâtiment en fonction de la condition et de l'ordre des tâches.

IV. Résultats et discussion

Pour les temps de reconnaissance et de rappel, la supériorité des groupes A sur les groupes B est inférieure mais existe néanmoins de manière systématique (quelle que soit la condition, Cf. tableau 4.2).

		A=Bât+Géo	B=Géo+Bât
Rappel	GC	127,2	141,8
	GI	126,8	191
	GE	115,2	173
	Total	123,07	168,6
Reconnaissance	GC	114,4	151,4
	GI	102,8	137,6
	GH	98,6	148,2
	Total	110,8	145,73

Tableau 4.2 - Moyenne des temps de reconnaissance et de rappel des termes du bâtiment en fonction de la condition et de l'ordre des tâches.

En raison du nombre élevé d'items rappelés quel que soit l'ordre, il est impossible de savoir si cet avantage temporel se retrouverait au niveau des performances. Néanmoins, dans la tâche de rappel, plus de sujets des groupes B commettent l'erreur 1 (nom incorrect), et ce quelle que soit la condition (Cf. tableaux 4.3, a et b).

	A=Bât+Géo	B=Géo+Bât
GC	2	3
GI	1	3
GH	1	3
Total	4	9

a - Erreur 1

	A=Bât+Géo	B=Géo+Bât
GC	2	1
GI	0	3
GH	3	0
Total	5	4

b - Erreur 2

Tableau 4.3 - Nombre de sujets commettant l'erreur 1 ou l'erreur 2 en fonction de la condition et de l'ordre des tâches

En ce qui concerne les notions géométriques, l'apprentissage est plus long en moyenne pour les groupes A dans le GC et le GE, contrairement à ce qu'on observe pour les termes du bâtiment (Cf. tableau 4.4).

	A	B
GC	304,4	246,4
GI	196,4	233,8
GE	261,4	184,2
Total	254,07	221,47

Tableau 4.4 - Temps moyen d'apprentissage des notions géométriques en fonction de la condition et de l'ordre des tâches.

En revanche, le temps de résolution des problèmes 1, 2 et 3 est nettement inférieur pour les groupes A (Cf. tableau 4.5), pour le GE et le GI, mais pas pour le GC. En ce qui

concerne la réussite des problèmes, l'avantage des groupes A se retrouve sur le nombre total de sujets ayant résolu le problème 1 (quasi-égalité des performances pour les problèmes 2 et 3), mais les différences ne sont pas systématiques pour toutes les conditions.

		A	B
Problème 1	G C	190	142
	G I	107	165
	G H	110	166
	Moy.	147,6	243,3
Problème 2	G C	126	122
	G I	80	178
	G H	78,4	111
	Moy.	94,8	137
Problème 3	G C	356	327
	G I	249	305
	G H	213	270
	Moy.	272,7	300,7

Tableau 4.5 - Temps moyen de résolution de chaque problème en fonction de l'ordre des tâches.

Ainsi, les résultats observés révèlent une supériorité des groupes A sur les groupes B, qui se traduit par des temps d'apprentissage et de résolution plus courts, pour des performances au moins égales. Cet effet se manifeste surtout dans la tâche de mémorisation de termes, où le test statistique nous permet de retenir l'hypothèse d'une différence effective entre les deux modalités A et B.

Autrement dit, il s'est révélé plus efficace de commencer l'apprentissage par les termes du bâtiment que par les notions de géométrie.

Ces différences inattendues ne sont pas faciles à expliquer. Néanmoins nous pouvons proposer deux hypothèses :

- pour la tâche de mémorisation des termes du bâtiment, le fait de commencer par une tâche coûteuse cognitivement et difficile (peu de réussites) générerait l'apprentissage d'un second matériel, ce qui expliquerait le désavantage de l'ordre B ;
- pour l'apprentissage de notions géométriques, le fait de commencer par une tâche facile et peu coûteuse cognitivement faciliterait la résolution d'une seconde tâche (meilleurs scores pour le deuxième problème), par exemple en induisant une stratégie d'apprentissage différente (plus de temps consacré à l'apprentissage pour le GE)

Ceci étant, dans la mesure où ce facteur "ordre des tâches" a été neutralisé par un nombre égal de sujets passant les deux ordres dans chaque condition, nous pouvons comparer les résultats obtenus en fonction de la variable "modalité de présentation" indépendamment de l'ordre des tâches.

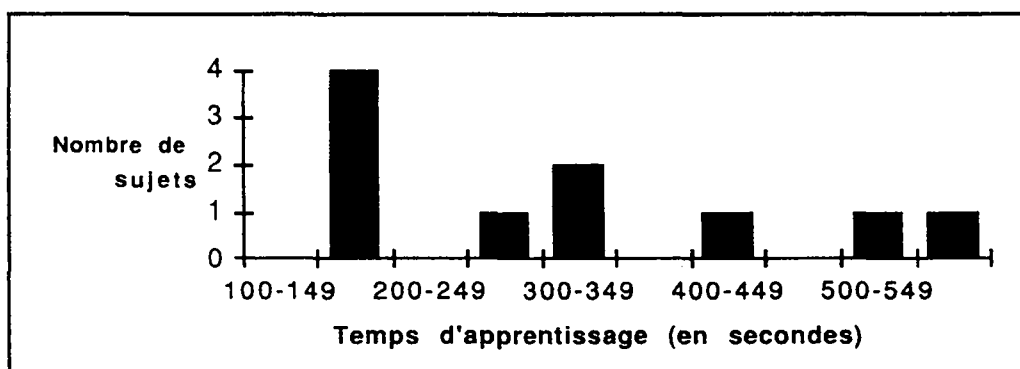
IV.2 EFFET DU FORMAT DE PRESENTATION SUR LA MEMORISATION DE TERMES

IV.2.1 Apprentissage des termes du bâtiment

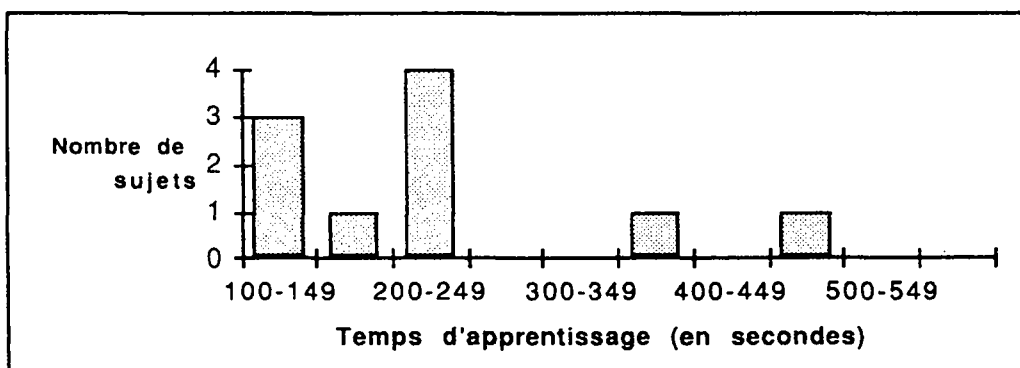
Le tableau 4.6 et la figure 4.1 présentent respectivement le temps moyen d'apprentissage pour chaque groupe et la distribution des sujets sur ces temps.

GC	GI	GE
312,4	227,4	301,2

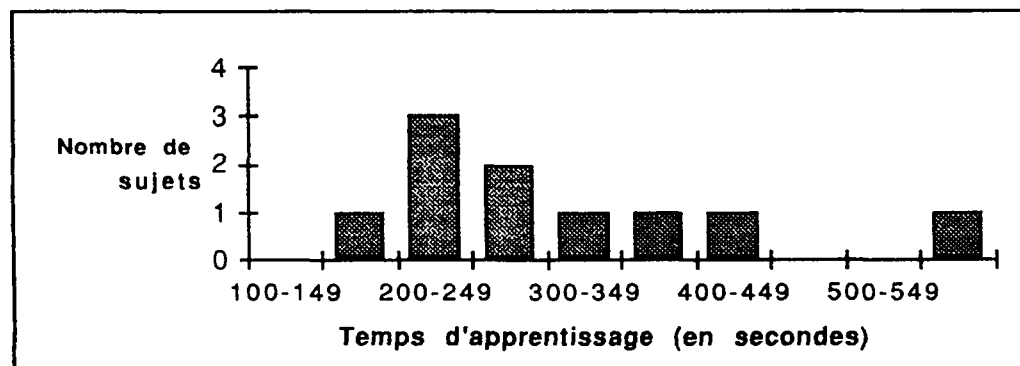
Tableau 4.6 - Moyenne des temps d'apprentissage des termes du bâtiment par groupe



4.1a - GC : présentation conventionnelle



4.1b - GI : présentation intégrée



4.1c - GE : présentation hypertexte

Figure 4.1 Distribution des sujets selon les temps d'apprentissage des termes du bâtiment pour les trois groupes.

IV. Résultats et discussion

Nous constatons dans le tableau 4.6 que les sujets du GI mettent nettement moins de temps en moyenne que les deux autres groupes. Ce résultat va dans le sens des résultats de SWELLER en ce qui concerne l'effet facilitateur d'un matériel intégré pour l'apprentissage. En revanche, on n'obtient pas l'effet attendu pour le GE, qui met pratiquement le même temps que le GC.

Quant à la distribution des sujets selon les temps d'apprentissage, on observe sur la figure 4.1, la présence de quelques valeurs extrêmes. C'est pourquoi nous avons opéré une transformation logarithmique des données (voir par exemple ABDI, 87, p 130).

Le test statistique ne permet pas de décider d'une différence significative entre le GI et le GC ($F = 2.196$; $p = .1556$), ni entre le GI et le GE ($F = 3.154$; $p = .0927$), probablement du fait de l'étendue de la distribution des sujets (Cf. figure 4.1).

Notons toutefois que la différence constatée entre le GE et le GI n'est pas forcément due à une charge cognitive plus importante : en effet, comme nous l'avons déjà signalé, le temps obtenu pour le GE comprend non seulement le temps de traitement de l'information, mais aussi le temps de gestion des escamots. En vue de mesurer approximativement le temps effectif de traitement de l'information, nous avons tenté d'évaluer le temps minimum consacré à l'action de cliquer.

Pour cela, nous avons retiré le contenu des escamots, puis nous avons demandé à deux sujets de cliquer sur le bouton qui apparaissait en noir. Chaque bouton s'affichait en noir deux fois dans l'ordre de sa disposition spatiale. Un programme calculait le temps écoulé entre le premier et le dernier clic.

Sur cinq sujets nous avons obtenu une moyenne du temps de clic minimum de 12,8 secondes (soit 0,64 s par bouton), ce qui ramène le temps de traitement de l'information à 288,4 secondes au lieu de 301,2. Si la différence de vitesse avec le GI reste importante, l'écart entre le GE et le GC prend une valeur non négligeable.

Ainsi, si on retire la valeur minimale nécessaire pour le temps de gestion des escamots, le GE se démarque du GC par un temps d'apprentissage plus faible, ce qui démontrerait un avantage de la présentation hypertexte par rapport à une présentation conventionnelle. En revanche, l'hypothèse d'une surcharge de la figure due à la présentation de toute l'information textuelle ne s'est pas trouvée vérifiée sur les résultats observés.

Ce résultat pourrait en partie s'expliquer par l'utilisation de stratégies d'apprentissage différentes. En effet, nous avons pu constater en observant les sujets du GE, que ceux-ci ne cliquaient pas immédiatement sur les boutons, ni ne respectaient l'ordre induit par la disposition spatiale. En fait, ils observaient le schéma puis choisissaient l'élément dont ils souhaitaient avoir l'explication. Cette stratégie active de choix de l'ordre des informations peut donc également fournir un élément d'explication à la durée observée.

IV.2.2 Restitution des notions apprises

Pour tester l'efficacité de l'apprentissage, les sujets devaient répondre à deux tests (Cf. chapitre III.3.3) : d'abord un test de rappel, où le sujet devait restituer les termes et désigner sur le schéma l'élément auquel chacun correspondait ; ensuite un test de reconnaissance, où les mots étaient fournis au sujet.

Pour chacune de ces tests, nous nous intéresserons successivement à trois indicateurs :

- le temps d'exécution de la tâche ;
- le nombre d'items correctement rappelés ;
- le nombre et le type d'erreur.

Test de rappel

Temps d'exécution de la tâche

Comme le montre le tableau 4.7, les temps de rappel moyens ne diffèrent pas sensiblement entre les conditions.

GC	GI	GE
134,5	158,9	144,1

Tableau 4.7 - Temps de rappel moyen pour chaque condition.

Nombre de termes correctement rappelés

Quel que soit le groupe, le nombre d'items rappelés est très important. Il se produit donc un effet de "plafond", qui ne permet pas de révéler d'éventuelles différences entre les groupes (Cf. tableau 4.8).

Néanmoins, le nombre moyen de termes correctement rappelés est le plus élevé pour le GE, puis vient le GI, enfin le GC. Le nombre médian de termes rappelés suit la même hiérarchie.

	Moyenne	Médiane	Ecart-type
GC	7,3	7,5	2,214
GI	7,9	8	2,183
GE	8,3	8,5	1,914

Tableau 4.8 - Moyenne, médiane et écart-type du nombre de termes du bâtiment rappelés pour chaque groupe

D'autre part, la distribution des sujets selon le nombre d'items correctement rappelés, représentée dans la figure 4.2, laisse apparaître une plus faible dispersion des sujets dans le GE. Le calcul statistique montre que le GE réalise effectivement l'écart type le plus bas, mais les différences entre les groupes restent très faibles; le test ANOVA ne permet pas de décider d'une différence significative entre les groupes, comme on pouvait s'y attendre ($F = .565$; $p = .5750$).

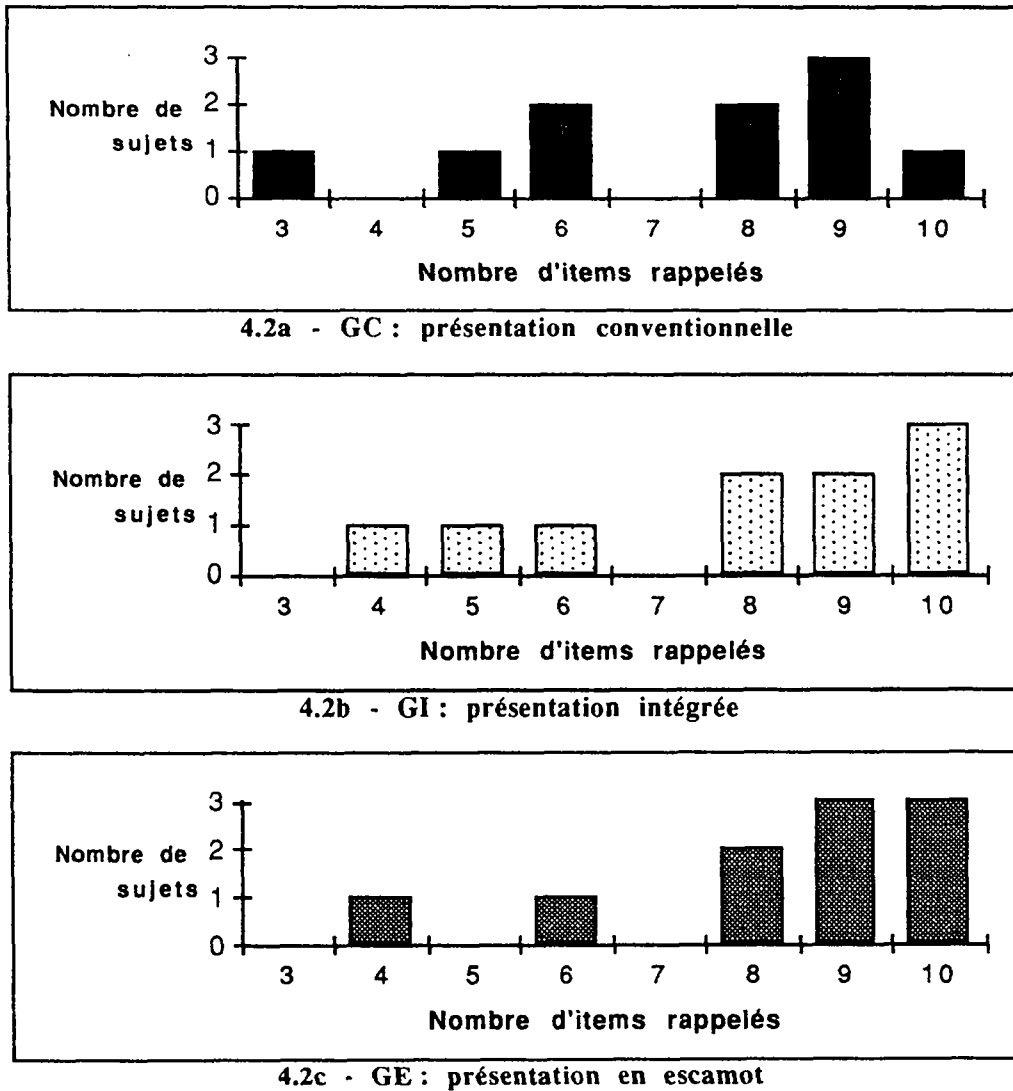


Figure 4.2 - Distribution des sujets sur le nombre de termes du bâtiment correctement rappelés pour chaque groupe.

Type d'erreur

On distingue deux types d'erreur :

- nom incorrect (erreur 1)
- nom correct mais désignation sur le graphique incorrecte (erreur 2).

Tout d'abord, on observe une proportion plus importante de sujets commettant l'erreur 1 (erreur dans la restitution du terme) quelle que soit la condition. En revanche, on ne note pas de différences entre les groupes, que ce soit pour l'erreur 1 ou l'erreur 2, comme le montre le tableau 4.9).

	Erreur 1	Erreur 2	Total
G 1	5	3	8
G 2	4	3	7
G 3	4	3	7
Total	13	9	

Tableau 4.9 - Nombre moyen de sujets ayant commis des erreurs de termes (Erreur 1) ou de désignation (Erreur 2) pour chaque groupe au rappel

IV. Résultats et discussion

Ainsi, la tâche semble manquer de "sensibilité" pour le problème étudié, dans la mesure où elle ne permet pas de différencier les groupes en fonction de la modalité de présentation.

Test de reconnaissance

Temps d'exécution de la tâche

Comme précédemment, les groupes ne se discriminent pas par rapport aux temps moyens nécessaires pour la résolution du test de reconnaissance (Cf. tableau 4.10).

GC	GI	GE
132,9	120,2	123,4

Tableau 4.10 - Temps moyen de reconnaissance pour chaque groupe.

Nombre de termes correctement placés sur le schéma

Les scores étant encore plus élevés que précédemment, il est impossible de repérer d'éventuelles différences entre les conditions (Cf. tableau 4.11).

	GC	GI	GE
Moyenne	9,1	9,3	9,3
Ecart-type	0,994	1,636	1,337

Tableau 4.11 - Moyenne et écarts-types du nombre de termes du bâtiment correctement placés sur le schéma pour chaque groupe.

Ceci dit, les performances élevées nous permettent de prendre comme indicateur le nombre de sujets qui réussissent totalement la tâche (autrement dit qui ne commettent aucune erreur). Or, on constate qu'un nombre plus important de sujets réussissent la tâche dans le GE et le GI que dans le GC (Cf figure 4.4.).

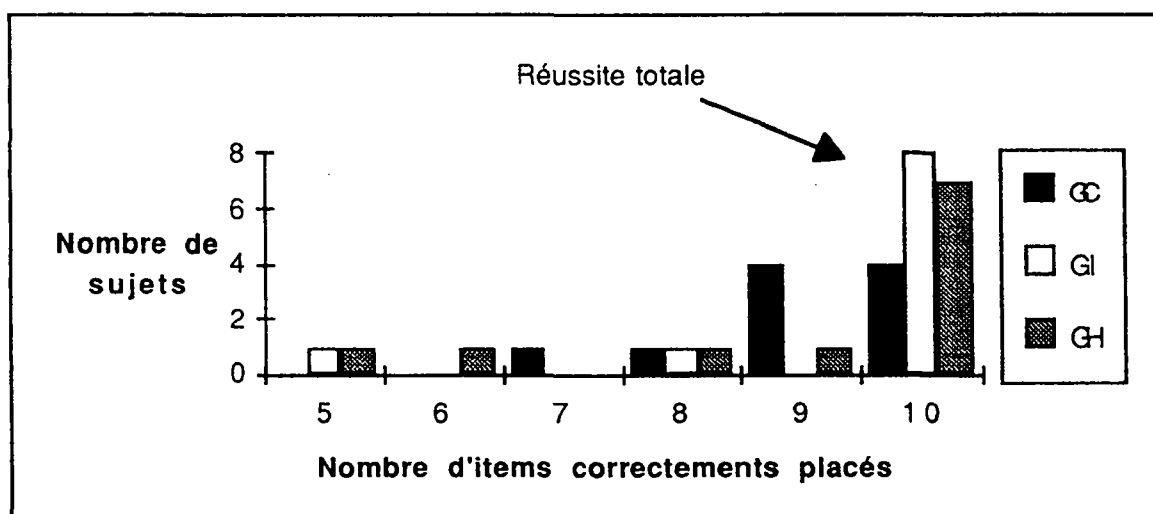


Figure 4.3- Distribution des sujets selon le nombre de termes correctement placés sur le schéma pour chaque groupe.

Type d'erreur

En reconnaissance, l'erreur 1 ne peut plus être commise puisque les noms sont donnés. Quant à l'erreur 2, elle est commise plus souvent par le GC, comme le montre le tableau 4.12.

GC	GI	GE
5	2	3

Tableau 4.12 - Nombre de sujets ayant commis une erreur de désignation en reconnaissance pour chaque groupe

Au total cependant, la tâche choisie manque de sensibilité par rapport à la variable étudiée. Elle ne permet donc pas de mesurer une éventuelle facilitation de l'association texte / élément graphique en fonction de la modalité de présentation.

Il est à noter que le nombre d'éléments à mémoriser a été défini en fonction d'un pré-test, où les faibles performances des sujets ne pouvaient pas laisser soupçonner l'effet de plafond observé.

IV.3 EFFET DU FORMAT DE PRESENTATION SUR L'APPRENTISSAGE DE NOTIONS MATHÉMATIQUES

IV.3.1 Appropriation des notions de Géométrie

Pour mesurer l'efficacité de l'appropriation des connaissances, nous avons choisi deux indicateurs : les temps moyens d'apprentissage et le nombre de lectures de chaque écran.

Temps d'apprentissage

Le tableau 4.13 présente les temps moyens d'apprentissage des notions de géométrie pour chaque groupe, et la figure 4.4 la distribution des sujets sur ces temps.

GC	GI	GE
275,4	215,1	222,7

Tableau 4.13 - Temps moyens d'apprentissage des notions de géométrie pour chaque condition

Comme le montre le tableau 4.13, le GI et le GE réalisent des temps très proches qui sont nettement plus faibles que ceux du GC. Ainsi, les données observées vont dans le sens des résultats obtenus par SWELLER en ce qui concerne l'avantage d'un matériel intégrant le texte à la figure. D'autre part, ces résultats vont dans le sens d'une facilitation du traitement de l'information au moyen d'escamots.

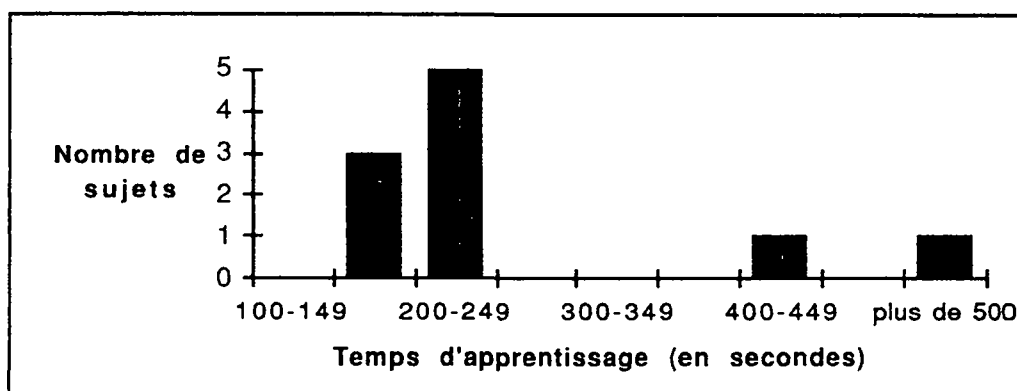
Il est intéressant de noter que, malgré l'effet d'allongement dû à la gestion des escamots, le GE n'obtient pas des temps supérieurs au GI. Une explication possible est le fait que chaque écran ne comprend que deux boutons (à l'exception du premier comprenant 4 boutons), et que la totalité des écrans ne comptent que 11 boutons (alors que pour les termes du bâtiment, le nombre minimum de clics a été estimé à 20).

D'autre part, si l'on soustrait le temps minimum de gestion des escamots (0,64 s pour 11 boutons, soit 7,04 s), le temps effectif de traitement de l'information devient égal à celui du G I.

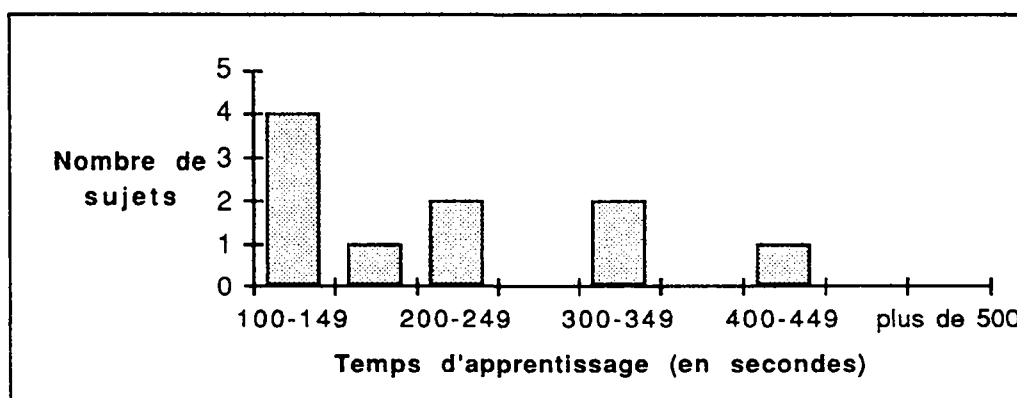
IV. Résultats et discussion

Comme précédemment, nous avons opéré une transformation des temps par la fonction logarithme en raison de la présence de temps extrêmes (Cf. figure 4.4).

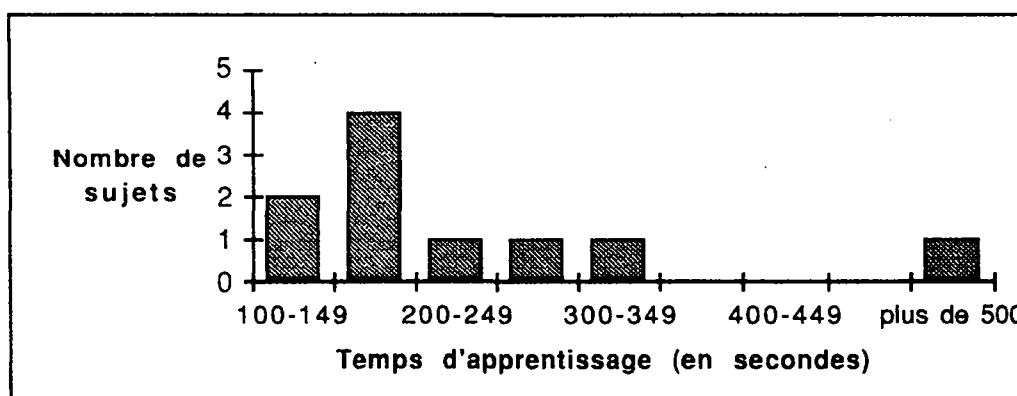
Or, les différences observées ne sont pas statistiquement significatives ; nous ne pouvons donc pas valider l'hypothèse d'une différence au niveau de la population parente.



4.4a - GC : présentation conventionnelle



4.4b - GI : présentation intégrée



4.4.c - GE : présentation en escamot

Figure 4.4 - Distribution des sujets selon le temps d'apprentissage des notions de géométrie pour les trois groupes.

Nombre de lectures de chaque écran

Les sujets pouvaient examiner autant de fois qu'ils le désiraient chacun des quatre écrans d'explication. Le nombre de retours sur chaque écran était automatiquement noté par le programme avec le temps correspondant.

Nous avons calculé pour chaque sujet le nombre de lectures volontaires de chaque écran, puis établi une moyenne sur chacun des groupes (Cf. tableau 4.14).

G C	G I	G H
4,8	7,2	5,4

Tableau 4.14 - Nombre moyen de passages volontaires sur les écrans d'explication pour chaque groupe.

Les sujets du GI effectuent en moyenne un nombre plus important de passages sur les écrans d'explication.

Ce résultat va dans le sens de notre hypothèse selon laquelle la présentation de tout le texte sur la figure constituerait une gêne dans le traitement de l'information, ce qui obligerait le sujet à revenir plusieurs fois sur chaque écran d'explication.

IV.3.2 Résolution de problèmes de géométrie

Deux indicateurs ont été retenus : le temps de résolution et le nombre de sujets ayant résolu chaque problème.

Temps de résolution

Les temps moyens de résolution pour chaque groupe sont présentés dans le tableau 4.15.

		GC	GI	GE
Application	Pb 1	166	136	138
	Pb 2	124	129	94,7
Transfert	Pb 3	341,5	277	241,5

Tableau 4.15 - Temps moyen de résolution des trois problèmes pour chaque groupe.

Pour le problème 1, les groupes GE et GI sont plus rapides en moyenne que le GC, mais la différence est faible (de l'ordre de 30 secondes).

Sur le problème 2, seul le GE se distingue par des temps plus faibles par rapport aux deux autres groupes.

Pour le problème 3 (de transfert), ce sont les sujets du GE qui réalisent les temps moyens les plus courts, puis viennent les sujets du GI. Les sujets du GC mettent, quant à eux, nettement plus de temps que les autres groupes.

Nous pouvons en tirer deux conclusions par rapport à nos hypothèses :

- D'une part, les données observées vont dans le sens des résultats obtenus par SWELLER : *les sujets bénéficiant d'un matériel intégré mettent moins de temps à résoudre les problèmes, et cet effet est d'autant plus marqué sur un problème de transfert qui nécessite la compréhension profonde de la structure du problème.* Il est à noter que,

IV. Résultats et discussion

contrairement aux résultats obtenus par SWELLER, nous trouvons également des différences entre les groupes sur le problème identique à l'exemple présenté à l'apprentissage (problème 1).

- D'autre part, la présentation en escamot induit un avantage en temps de résolution qui se cumule avec celui de la présentation intégrée, puisque le GE obtient des temps inférieurs au GI dans les problèmes 2 et surtout dans le problème de transfert.

La distribution des sujets étant assez étendue (Cf. figure 4.5 page ci-contre), nous avons de nouveau opéré une transformation logarithmique des temps. Nous remarquons d'ailleurs que la distribution des sujets au sein du groupe GE est moins étendue que dans les autres groupes.

Le test statistique vient conforter les résultats observés : la différence entre le GE et le GC est significative pour le problème 3 en acceptant un seuil de risque de 5% ($F = 4.760$; $p = .0426$). En revanche, la différence entre le GI et le GC n'est pas admise comme statistiquement significative ($F = 1.640$; $p = .2165$).

Ainsi, ces résultats confortent notre hypothèse d'une facilitation de l'apprentissage se traduisant par un temps de résolution plus court pour le groupe bénéficiant d'une présentation hypertexte. Une question se pose alors : les performances des sujets suivent-elles la même hiérarchie entre les groupes ?

Nombre de sujets ayant résolu chaque problème

Pour les problèmes d'application, problèmes 1 et 2, on ne note pas de différences sensibles entre les trois conditions (Cf. tableau 4.16).

En revanche, sur le problème de transfert, on observe une différence entre les conditions : moins de sujets ont résolu le problème dans le GC que dans les deux autres groupes (Cf. tableau 4.16).

Les résultats observés sont conformes à nos hypothèses : *les sujets bénéficiant d'une présentation intégrée ou en escamots réussissent mieux le problème de transfert.*

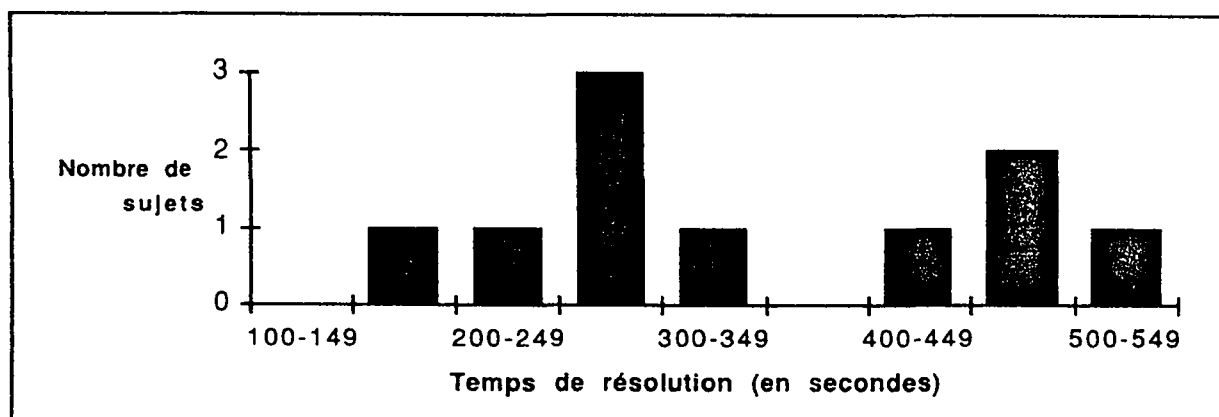
		GC	GI	GE
Application	Pb 1	7	6	8
	Pb 2	10	10	9
Transfert	Pb 3	3	6	7

Tableau 4.16 - Nombre de sujets ayant résolu chaque problème pour les trois conditions.

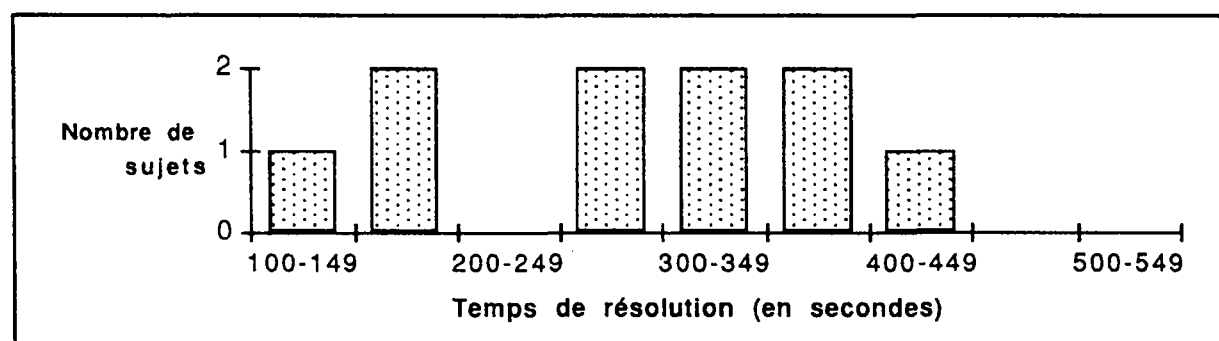
Si cette différence n'est pas admise comme significative entre le GI et le GC ($F = 1.8$ et $p = .1964$), il nous paraît intéressant de considérer la différence entre le GE et le GC comme significative ($F = 3.429$ et $p = .0806$) en acceptant un seuil de .08.

C'est donc pour la condition escamot que nous pouvons rejeter l'hypothèse d'une différence nulle entre les conditions : *la présentation en escamots induit de meilleures performances dans la mise en œuvre des connaissances acquises.*

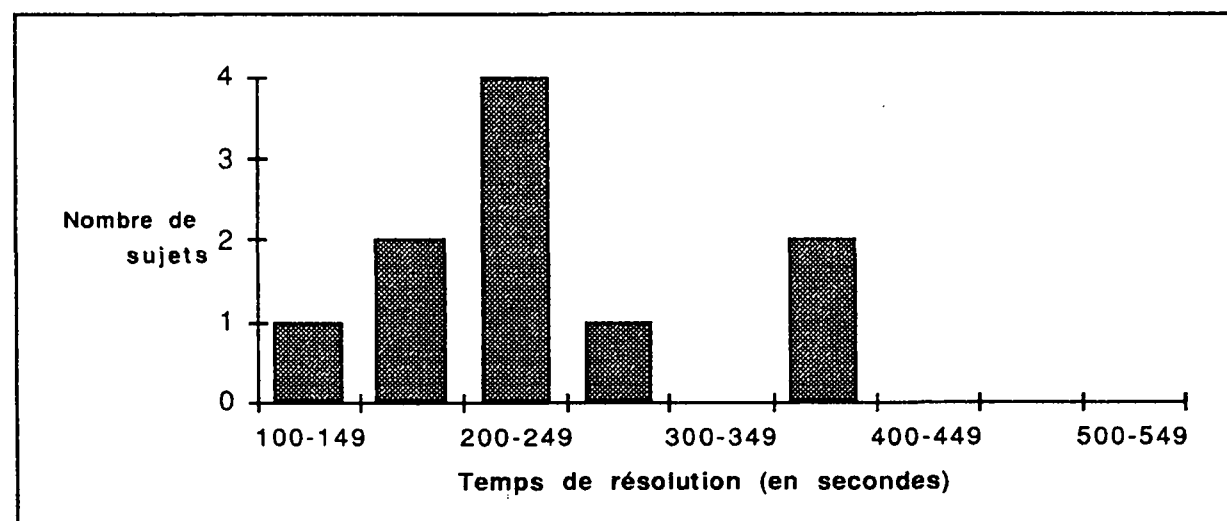
Comme dans l'expérience de SWELLER, c'est au niveau des problèmes de transfert que les différences entre les conditions se révèlent. En effet, la résolution de ce type de problème nécessite de raisonner sur les structures profondes, et donc d'avoir acquis le schéma correspondant, et non simplement de raisonner sur les structures de surfaces. Ainsi la présentation hypertexte faciliterait l'acquisition de schémas, ce qui se traduirait par de meilleures performances en vitesse de résolution et en scores.



4.5a - GC : Présentation conventionnelle



4.5b - GI : Présentation intégrée



4.5c - GE : Présentation en escamot

Figure 4.5 - Distribution des sujets selon les temps de résolution du problème 3 pour chaque groupe

IV.4 SYNTHÈSE ET DISCUSSION : QUEL EFFET DE LA MODALITÉ DE PRÉSENTATION ?

Dans la tâche de géométrie, les résultats obtenus montrent un avantage de la présentation en escamot pour la résolution du problème de transfert, à la fois en temps d'apprentissage et en taux de réussite.

En revanche nous ne sommes pas en mesure de décider si cet effet se manifeste aussi pour la mémorisation d'associations termes / éléments graphique en raison du manque de sensibilité de la tâche étudiée.

Ainsi, ces résultats incitent à conserver l'hypothèse d'une facilitation de l'apprentissage d'un matériel lorsque le texte est intégré dans des escamots à la figure à laquelle il se réfère.

Pour rendre compte de ces différences, une explication possible est la surcharge cognitive due à l'activité d'intégration des informations textuelles et graphiques, qui pourrait interférer avec l'apprentissage. En outre, si la présence de toute l'information textuelle sur la figure crée effectivement une gêne dans le traitement des données, la présentation en escamots serait un moyen de supprimer cette gêne tout en conservant les avantages de la présentation intégrée.

Il nous paraît donc intéressant de considérer cette étude comme exploratoire et de poursuivre les recherches en conservant les hypothèses de départ mais en tenant compte des critiques suggérées par nos résultats.

Tout d'abord, l'effet du facteur "ordre des tâches" que nous avons constaté pourrait avoir masqué l'influence du facteur expérimental. En effet, si les écarts entre les deux modalités d'un même groupe sont trop importants, la variance intra-groupe s'en trouve augmentée, et l'effet de la condition ne peut pas se révéler.

En outre, nous envisageons de reproduire cette expérience avec un matériel à apprendre plus sûrement nouveau pour les sujets que les notions de géométrie ici utilisées. Il pourrait s'agir par exemple de calculs très spécifiques à un domaine.

D'autre part, il nous paraît intéressant de conserver la tâche d'apprentissage de termes relatifs à une figure compte tenu de sa grande généralité mais en augmentant sensiblement le nombre de termes à retenir, afin d'éliminer l'effet de plafond observé ici.

Parmi les paramètres intéressants pour ces futures recherches, la fonction des figures par rapport au texte et la finalité de l'apprentissage pourraient jouer un rôle important. En effet, d'après le modèle de ANDERSON, chaque mode de codage des unités cognitives, sous forme de chaîne, d'image spatiale, ou de proposition abstraite, correspond à un aspect particulier de la situation et détermine les opérations cognitives qui pourront s'y appliquer ultérieurement. Ainsi, il n'est pas exclu que des processus "Top-Down" interviennent dans le mode de codage des informations, favorisant un codage plutôt qu'un autre lorsque la nature de l'exploitation des connaissances est connue. Plus précisément, si l'utilisation ultérieure des connaissances nécessite un mode de codage qui retient les configurations spatiales, l'intégration de l'information aura de fortes chances de jouer un rôle non négligeable dans l'apprentissage.

Ces considérations, encore informelles, pourraient constituer un approfondissement de cette étude dans des travaux ultérieurs que nous nous proposons de mener.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats de l'étude expérimentale que nous avons menée nous incitent à conserver l'hypothèse d'une influence de la disposition spatiale relative des textes et figures dans un document à visée didactique. En effet, il semble que l'intégration du texte à la figure diminue la charge cognitive mobilisée pour le traitement des informations, facilitant ainsi l'acquisition de schémas de connaissances.

Néanmoins, il est important de noter que cette étude constitue une recherche exploratoire. Dans des recherches ultérieures, nous projetons de prendre en compte certaines caractéristiques de la relation texte-figure, notamment :

- la fonction de la figure par rapport au texte du point de vue de l'intention de l'auteur qui l'utilise : par exemple, illustrer une terminologie, représenter des relations spatio-temporelles, ou décrire un processus ;

- le type de tâche pour laquelle l'apprentissage de la combinaison texte-figure est nécessaire : par exemple, nommer, reconnaître des éléments graphiques, reproduire un dessin d'après un label verbal, ou exécuter une procédure.

La portée de ces futures recherches dépasse le cadre des relations entre textes et figures : c'est en fait la problématique plus générale des relations entre deux sources d'information en référence mutuelle qui est en jeu. SWELLER avait d'ailleurs étudié l'effet de l'intégration d'un type de texte dans un autre texte dans une des expériences que nous avons rapportées. Nous projetons ainsi d'étudier les commentaires accompagnant les programmes informatiques, comme deux sources d'informations en référence mutuelle. En outre, les enjeux pratiques de ces recherches ne sont pas négligeables, puisque la disposition spatiale relative des sources d'information dans un matériel didactique détermine pour une part son efficacité.

Ainsi, dans le cadre du développement actuel des environnements d'apprentissage et des bases de données informatiques, il nous semble possible de recommander d'ores et déjà la pratique de l'intégration spatiale texte/figure, et dans les cas de surcharge de la figure, l'utilisation des escamots.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un stage du D.E.A. de Sciences Cognitives de Grenoble (soutenu en Juillet 92) sous la direction de André BISSERET, au sein de l'action de recherche "TEXTE" du projet de psychologie ergonomique de l'I.N.R.I.A. (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique). Elle a été en partie supportée par un contrat du Plan Construction & Architecture. Elle a également bénéficié des moyens du LSD2 (Laboratoire de Structures Discrètes et Didactiques - I.M.A.G.) et du LGI (Laboratoire de Génie Informatique - I.M.A.G.).

Je remercie sincèrement Colette Laborde et Jacques Rouault pour les commentaires et suggestions utiles qu'ils ont faits lors de la soutenance du DEA, ainsi que mes proches, collègues de travail et élèves du DEA, pour leur soutien pédagogique et moral.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDI, H. (1987). *Introduction au traitement statistique des données expérimentales*. Coll. Libres Cours, Presses Universitaires de Grenoble.
- ANDERSON, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- BISSERET, A. (1992). Concevoir une compréhension homme-machine ? In C. Bornes (Ed.), *Les interfaces intelligentes dans l'information scientifique et technique* (pp. 11-39), Cours INRIA, du 18 au 22 Mai 1992, Klingenthal.
- BOWER, G. H., KARLIN, M. B., & DUECK, A. (1975). Comprehension and memory for pictures. *Memory and Cognition*, 3, 216-220.
- CONKLIN, E. J., McDONALD, D. (1982). Salience : The key to the selection problem in natural language generation. *20th Annual Meeting of Association for Computational Linguistics*, Toronto.
- JOHNASSEN, D. H. (1982). *Technology of text : Principles for designing, structuring and displaying texts*. New-Jersey : Educationnal Technologies Publication.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983). *Mental models. Toward a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge : Cambridge University Press.
- LEVIN, J. R. (1982). Pictures as prove-learning devices. In A. Flammer & W. Kintsch (Eds), *Discourse Processing*. (pp. 412-443). North-Holland publishing Compagny.
- MOLITOR, S., BALLSTAEDT, S.-P., & MANDL, H. (1989). Problems in knowledge acquisition from text and pictures. In H. Mandl & J. R. Levin (Eds), *Knowledge acquisition from text and pictures. Advances in Psychology*. (pp. 3-35). North Holland.
- RICHARD, J.-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- SANTA, J. L. (1977). Spatial transformations of words and pictures. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory*, 3, 418-427.
- SEEL, N. & STRITTMATTER, P. (1989). Presentation of information by media and its effects on mental models. In H. Mandl & J. R. Levin (Eds), *Knowledge acquisition from text and pictures. Advances in psychology*, 58, (pp. 37-58). North Holland.
- STARK, H. A. (1990). Pop-up window and memory for text. In D. Diaper, D. Gilmore, G. Cockton, & B. Shackel (Eds.), *Human-Computer Interaction - Interact'90* (pp. 67-72). Amsterdam, North-Holland : Elsevier Science Publishers.
- STONE, D. E., & GLOCK, M. D. (1981). How do young adults read directions with or without pictures ? *Journal of Educational Psychology*, 73, 419-426.
- SWELLER, (1990). Cognitive load during problem solving : effects on learning. *Cognitive science*, 12, 257-285.
- SWELLER, J. ; CHANDLER, P. ; TIERNEY, P. ; & COOPER, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of experimental psychology*, 119(2), 176-192.
- VEZIN, J.-F. (1985). Mise en relation de schémas et d'énoncés dans l'acquisition de connaissances. *Bulletin de psychologie*, Tome XXXVIII, n°368.

INDEX DES FIGURES

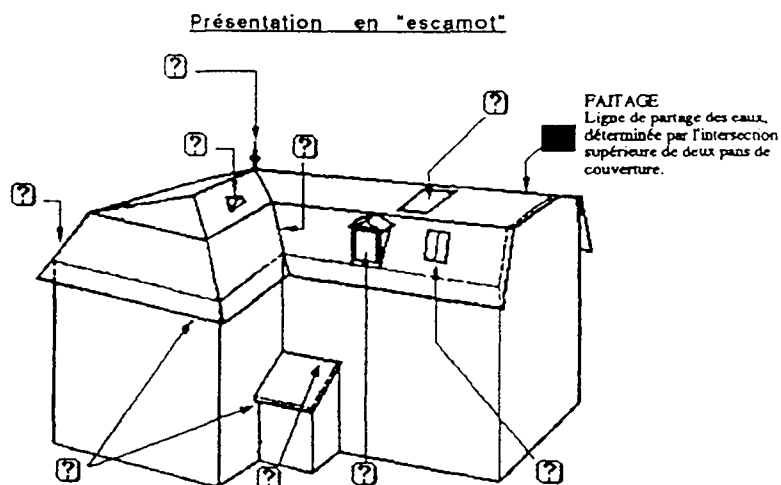
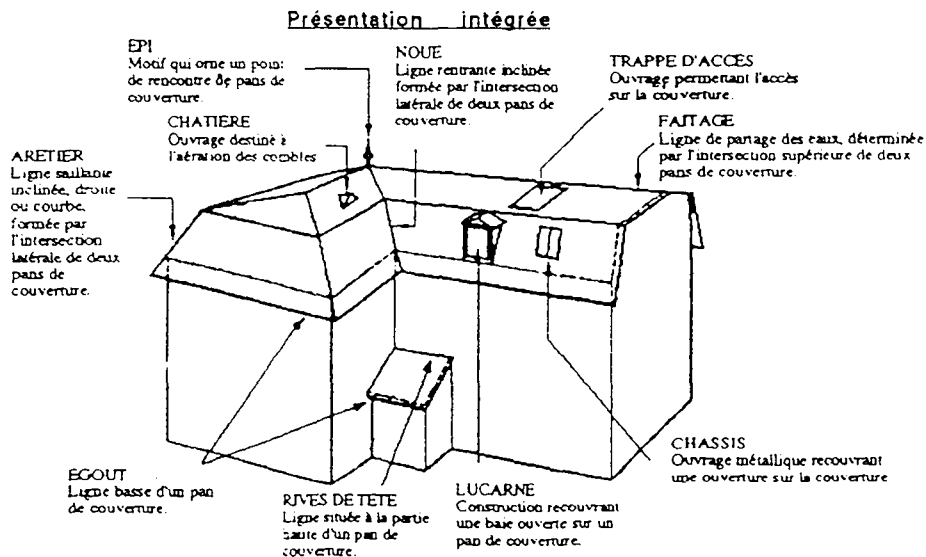
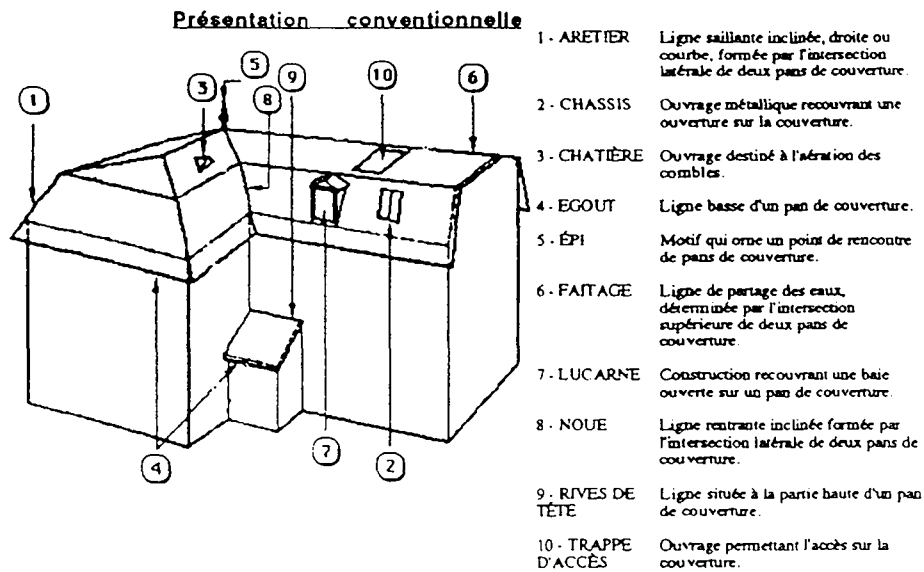
Figure 2.1 - Trois approches possibles concernant la spécificité des processus centraux de traitement des figures (F) et du texte (T)	7
Figure 2.2 - Matériel expérimental de l'expérience de SANTA (1977)	8
Figure 2.3 - Les deux types de présentation des exemples résolus utilisés dans l'expérience 1 : a. présentation conventionnelle ; b. présentation intégrée	18
Figure 3.1 - Trois modalités de présentation pour l'explication du calcul du milieu d'un segment	30
Figure 4.1 - Distribution des sujets selon les temps d'apprentissage des termes du bâtiment pour les trois groupes	36
Figure 4.2 - Distribution des sujets selon le nombre de termes du bâtiment correctement rappelés pour chaque groupe	39
Figure 4.3 - Distribution des sujets selon le nombre de termes correctement placés sur le schéma pour chaque groupe.....	42
Figure 4.4 - Distribution des sujets selon le temps d'apprentissage des notions de géométrie pour les trois groupes.....	38
Figure 4.5 - Distribution des sujets selon les temps de résolution du problème 3 pour chaque groupe	45

INDEX DES TABLEAUX

Tableau 2.1 -	Procédure utilisée par seel & strittmatter	9
Tableau 2.2 -	Caractéristiques des 4 types de figures	14
Tableau 3.1 -	Plan d'expérience	25
Tableau 3.2 -	Récapitulatif des variables d'identification	27
Tableau 4.1 -	Moyenne des temps d'apprentissage des termes du bâtiment en fonction de la condition et de l'ordre des tâches.....	33
Tableau 4.2 -	Moyenne des temps de reconnaissance et de rappel des termes du bâtiment en fonction de la condition et de l'ordre des tâches.....	34
Tableau 4.3 -	Nombre de sujets commettant l'erreur 1 ou l'erreur 2 en fonction de la condition et de l'ordredes tâches	34
Tableau 4.4 -	Temps moyen d'apprentissage des notions géométriques en fonction de la condition et de l'ordre des tâches.....	34
Tableau 4.5 -	Temps moyen de résolution de chaque problème en fonction de l'ordre des tâches	35
Tableau 4.6 -	Moyenne des temps d'apprentissage des termes du bâtiment par groupe	36
Tableau 4.7 -	Temps de rappel moyen pour chaque condition	38
Tableau 4.8 -	Moyenne, médiane et écart-type du nombre de termes du bâtiment rappelés pour chaque groupe	38
Tableau 4.9 -	Nombre moyen de sujets ayant commis des erreurs de termes (Erreur 1) ou de désignation (Erreur 2) pour chaque groupe au rappel	39
Tableau 4.10 -	Temps moyen de reconnaissance pour chaque groupe	40
Tableau 4.11 -	Moyenne et écarts-types du nombre de termes du bâtiment correctement placés sur le schéma.....	40
Tableau 4.12 -	Nombre de sujets ayant commis une erreur de désignation en reconnaissance pour chaque groupe	41
Tableau 4.13 -	Temps moyens d'apprentissage des notions de géométrie pour chaque condition	41
Tableau 4.14 -	Nombre moyen de passages volontaires sur les écrans d'explication pour chaque groupe	43
Tableau 4.15 -	Temps moyen de résolution des trois problèmes pour chaque groupe	43
Tableau 4.16 -	Nombre de sujets ayant résolu chaque problème pour les trois conditions	44

ANNEXES

ANNEXE 1 - MEMORISATION DE TERMES TECHNIQUES - PRESENTATION POUR CHAQUE CONDITION



ANNEXE 2 - MATERIEL D'APPRENTISSAGE DES NOTIONS GEOMETRIQUE POUR CHAQUE CONDITION

Condition "présentation conventionnelle"

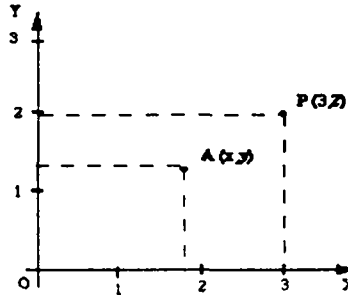
Introduction aux coordonnées géométriques.

La position d'un point sur un graphique peut être définie en fonction de deux axes perpendiculaires, appelés l'axe des x et l'axe des y. Leur point d'intersection est l'origine O.

La position de tout point est déterminée par sa distance de l'origine sur l'axe des x, et sa distance de l'origine sur l'axe des y.

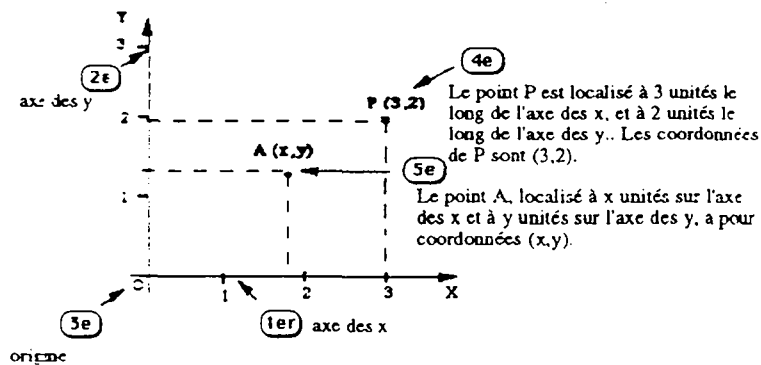
Dans le schéma ci-dessous, le point P est localisé à 3 unités sur l'axe des x, et à 2 unités sur l'axe des y. P a pour coordonnées (3,2).

Le point A est localisé à x unités sur l'axe des x, et à y unités sur l'axe des y. Le point A a pour coordonnées (x,y).



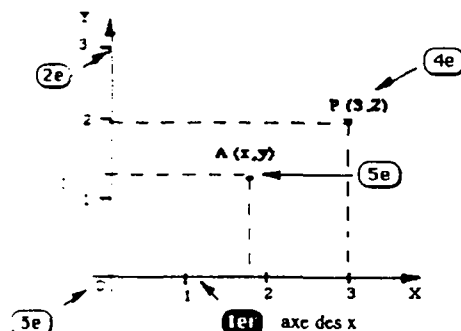
Condition "présentation intégrée"

Introduction aux coordonnées géométriques



Condition "présentation hypertexte"

Introduction aux coordonnées géométriques



Condition "présentation conventionnelle"

Milieu d'un intervalle.

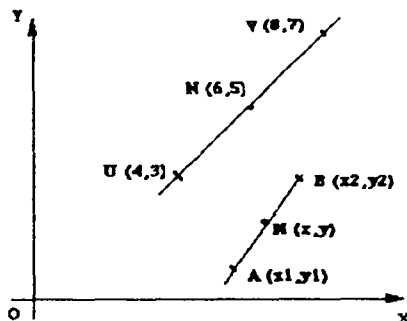
Le milieu d'un intervalle est la position à mi-chemin des extrémités de l'intervalle.
Si M est le milieu du segment [AB], alors il sera à mi-chemin entre A et B. Ceci est illustré par le schéma ci-contre.

Le milieu N de [UV], avec U (4,3) et V (8,7) est donné par :

$$N = \left(6 = \frac{4+8}{2} ; 5 = \frac{3+7}{2} \right)$$

Le milieu M, d'un intervalle AB avec A(x1, y1) et B (x2, y2) est donné par :

$$M = \left(\frac{x1 + x2}{2} ; \frac{y1 + y2}{2} \right)$$

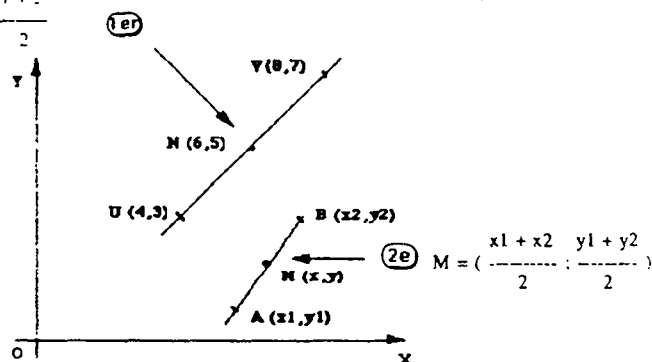


Condition "présentation intégrée"

Milieu d'un intervalle

N (6,5), milieu de UV, est à mi-chemin de U et V.

$$6 = \frac{4+8}{2} ; 5 = \frac{3+7}{2}$$

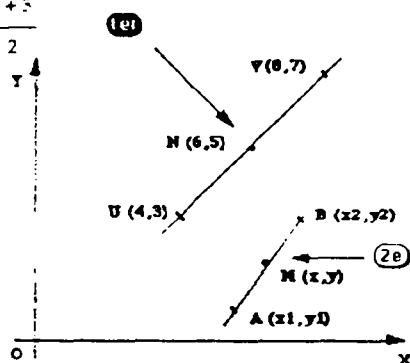


Condition "présentation hypertexte"

Milieu d'un intervalle

N (6,5), milieu de UV, est à mi-chemin de U et V.

$$6 = \frac{4+8}{2} ; 5 = \frac{3+7}{2}$$



ANNEXE 2 - MATERIEL D'APPRENTISSAGE DES NOTIONS GEOMETRIQUE POUR CHAQUE CONDITION

Condition "présentation conventionnelle"

Coefficient directeur d'une droite

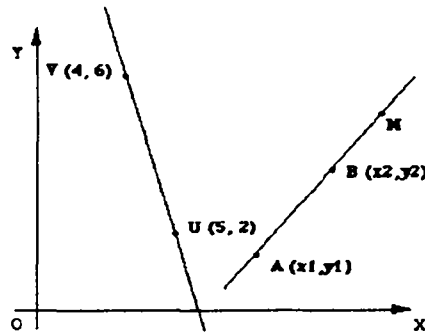
Soit deux points U (5,2) et V (4,6). Le coefficient directeur "a" de la droite (UV) est donné par :

$$a = \frac{6 - 2}{4 - 5} = \frac{4}{-1} = -4$$

Le coefficient directeur de la droite (AB), avec A (x1,y1) et B (x2,y2), est donné par :

$$a = \frac{y2 - y1}{x2 - x1}$$

Ce coefficient est le même pour tout point M de la droite AB.

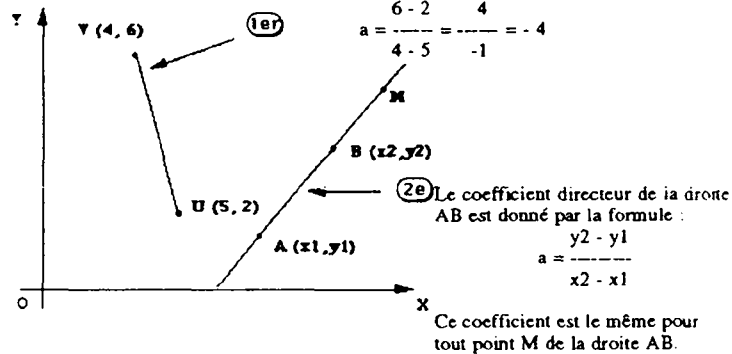


Condition "présentation intégrée"

Coefficient directeur d'une droite

Le coefficient directeur de la droite UV est donnée par :

$$a = \frac{6 - 2}{4 - 5} = \frac{4}{-1} = -4$$

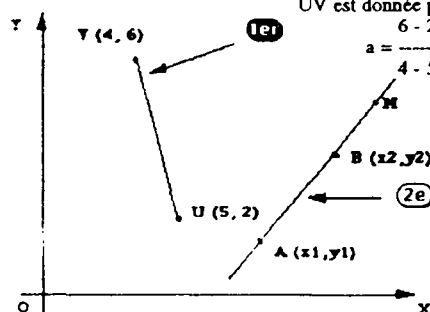


Condition "présentation hypertexte"

Coefficient directeur d'une droite

Le coefficient directeur de la droite UV est donnée par :

$$a = \frac{6 - 2}{4 - 5} = \frac{4}{-1} = -4$$



Condition "présentation conventionnelle"

Exemple d'exercice

Soit le point A (1,4), le point B(5,2) et le point C (4,6). On appelle M le milieu de AB. Quel est le coefficient directeur de la droite (MC) ?

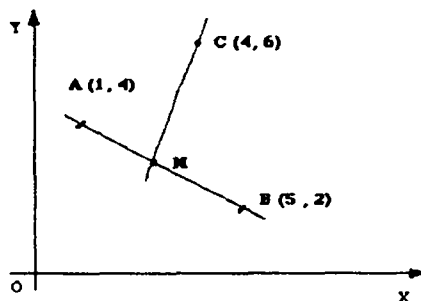
Réponse :

Coordonnées de M milieu de AB :

$$M = \left(\frac{1+5}{2}; \frac{4+2}{2} \right) = (3, 3)$$

Coefficient directeur de MC

$$a = \frac{6-3}{4-3} = \frac{3}{1} = 3$$



Condition "présentation intégrée"

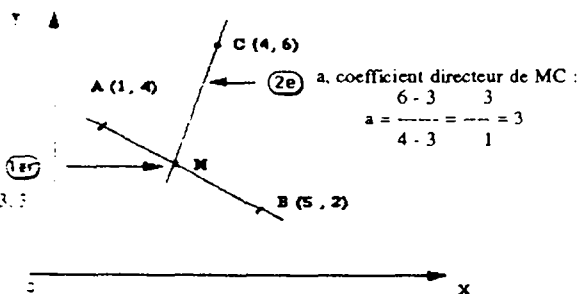
Exemple d'exercice

Soit le point A (1,4), le point B(5,2) et le point C (4,6). On appelle M le milieu de AB. Quel est le coefficient directeur de la droite (MC) ?

Solution :

M, milieu de AB :

$$M = \left(\frac{1+5}{2}; \frac{4+2}{2} \right) = (3, 3)$$

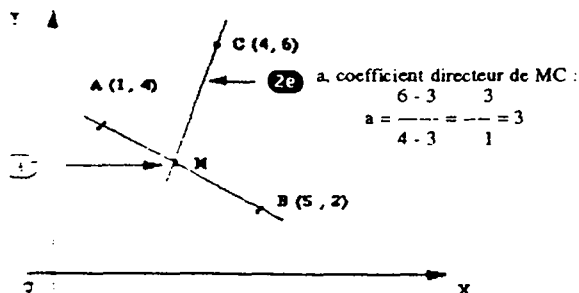


Condition "présentation hypertexte"

Exemple d'exercice

Soit le point A (1,4), le point B(5,2) et le point C (4,6). On appelle M le milieu de AB. Quel est le coefficient directeur de la droite (MC) ?

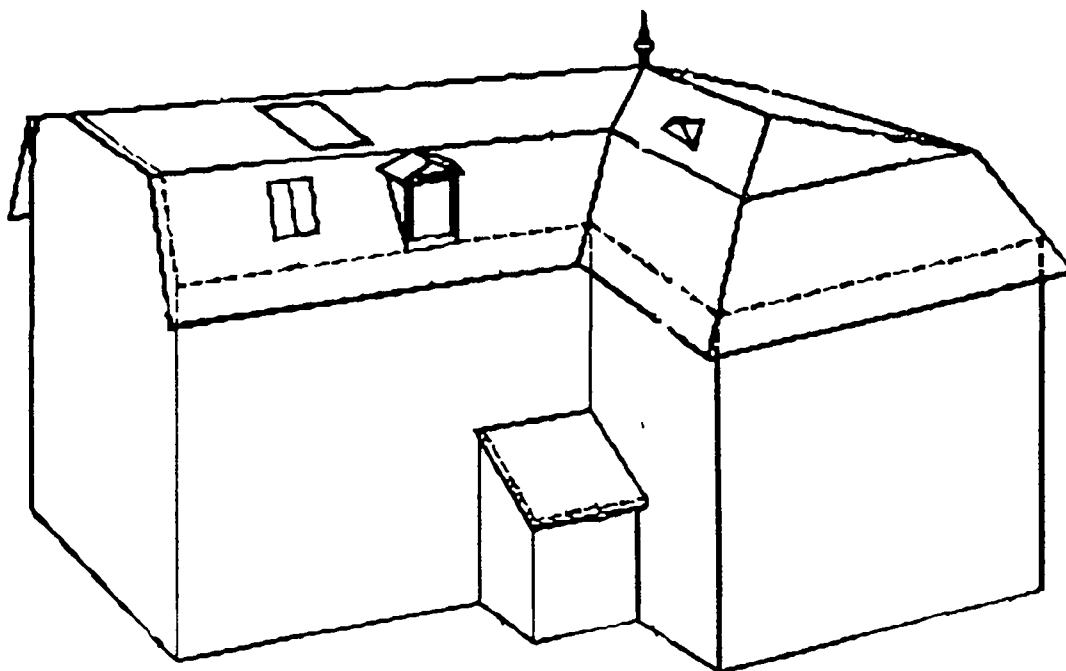
Solution :



ANNEXE 3 - MEMORISATION DES TERMES DU BATIMENT TEST DE RAPPEL

1er exercice

Cette feuille présente la figure que vous avez examinée précédemment, mais sans la légende. Vous devez écrire sur ce schéma les noms dont vous vous souvenez, et pour chaque nom, vous devez pointer l'élément auquel il se rapporte au moyen d'une flèche.

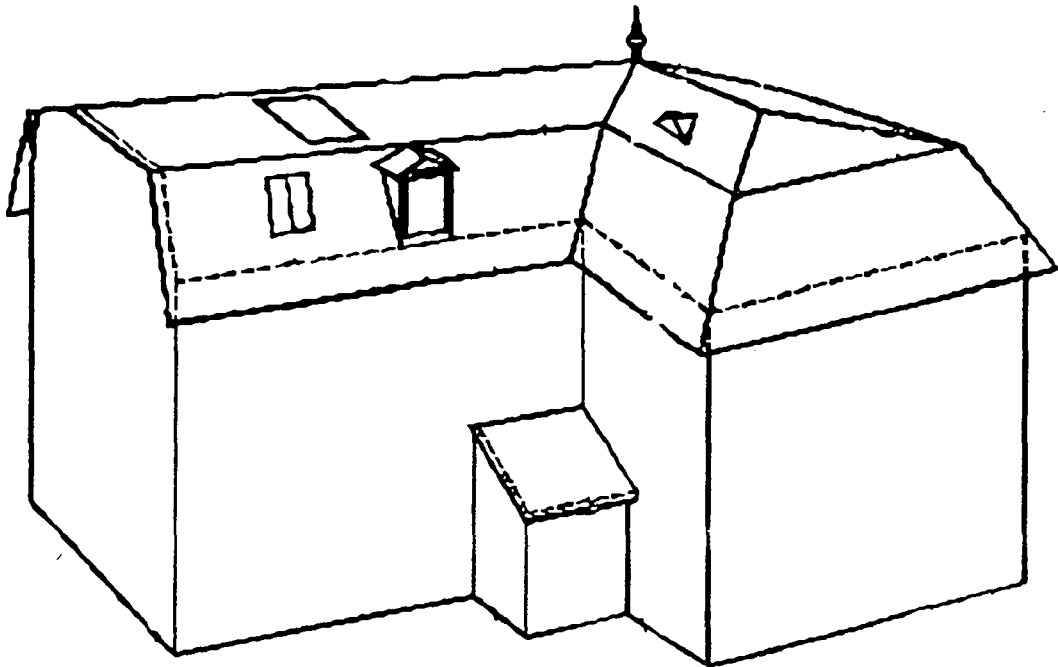


ANNEXE 3 - MEMORISATION DES TERMES DU BATIMENT TEST DE RECONNAISSANCE

2ème exercice

Vous disposez maintenant de la liste des éléments pour vous aider à retrouver les parties du schéma auxquelles ils correspondent. Sur le schéma ci-dessous, vous devez réécrire chaque nom de la liste et indiquer l'élément auquel il se rapporte au moyen d'une flèche.

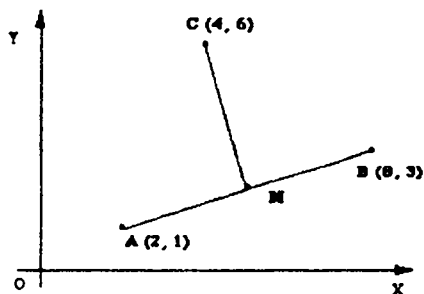
ARETIER, CHASSIS, CHATIERE, EGOUT, EPI, FAITAGE, LUCARNE, NOUE, RIVES DE TETE, TRAPPE D'ACCES.



ANNEXE 4 - LES TROIS PROBLEMES CONCERNANT LES NOTIONS GEOMETRIQUES

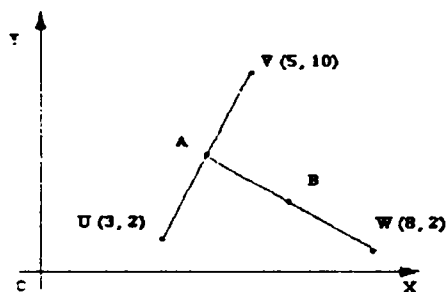
Problème 1

Soient trois points A (2, 1), B (8, 3), et C (4, 6). On appelle M le milieu de AB. Quel est le coefficient directeur de la droite MC ?



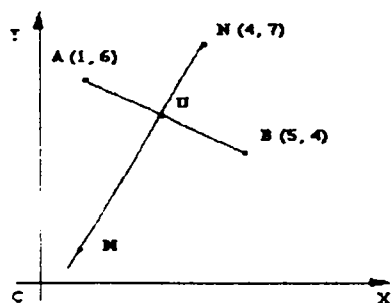
Problème 2

Soient trois points U (3, 2), V (5, 10) et W (8, 2). On appelle A le milieu de UV. Quelles sont les coordonnées de B, milieu de AW ?



Problème 3

Soit une droite AB avec A (1, 6) et B (5, 4). On appelle U le milieu de AB. La droite MN, avec N (4, 7), coupe AB en U. Quelle est l'ordonnée yM du point M, sachant que son abscisse est 1 ?



ISSN 0249 - 6399