

# HYPERGEO

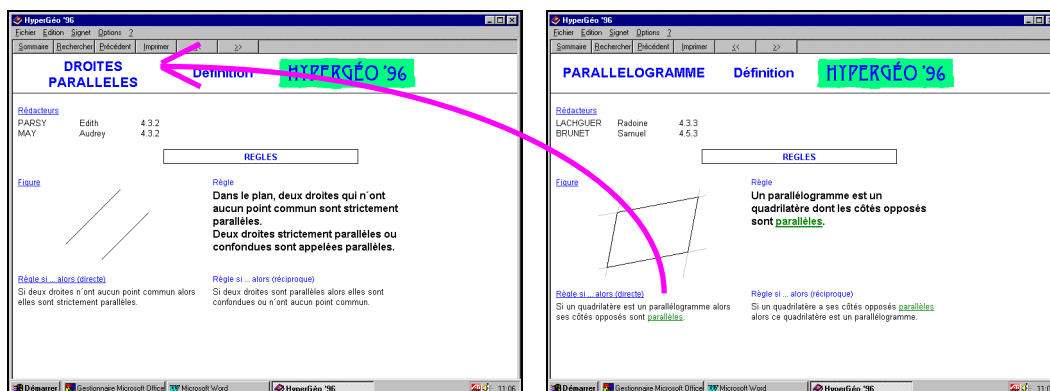
## Base de données hypertexte de géométrie



# Introduction

Hypergéométrie est une expérience pédagogique réalisée avec un groupe de trente élèves de quatrième de collège dont l'objet est de leur faire réaliser une base de données informatique hypertexte regroupant les règles de géométrie étudiées en sixième et en cinquième. Les règles sont regroupées par rubriques et reliées les unes aux autres par l'intermédiaire de mots-clés permettant une navigation directe entre les rubriques, sans passer par l'intermédiaire d'un index ou d'un sommaire.

A titre d'exemples, les illustrations suivantes représentent le saut hypertexte de la rubrique « Parallélogramme » à la rubrique « Droites parallèles » par l'action sur le mot-clé « parallèles » :



Pour cet atelier comme pour les autres, je me suis attaché à ce que l'activité informatique ne soit pas isolée du contexte d'enseignement de l'élève.

La phase de travail sur ordinateur ne représente qu'une partie de sa production : celle correspondant à la mise en forme du document et à l'établissement des liens hypertexte.

L'autre partie est un travail classique « papier-crayon » de recherche documentaire à travers les ouvrages et manuels exposant les différentes règles.

Ce qui motive cette action, outre le fait que le document réalisé soit transdisciplinaire, original et novateur<sup>34</sup>, d'où source d'intérêt, c'est la considération que je porte aux moyens qui permettent de faciliter l'apprentissage et l'utilisation des règles de géométrie dans le cadre d'exercices de démonstration. Ceci m'amène à formuler les deux hypothèses principales suivantes :

- Un travail de recherche permet à l'élève de mieux mémoriser le sujet étudié et est source de sens dans la mesure où il est amené à réfléchir activement pour effectuer une sélection parmi les énoncés proposés.
- Lors d'un exercice de démonstration, la recherche heuristique des liens entre les différentes notions de géométrie est favorisée par la pratique de la navigation dans un document hypertexte regroupant les règles de ce domaine.

Je détaille dans la suite de cet exposé :

<sup>34</sup> Les groupes d'élèves ayant produit un document informatique hypertexte ne sont, à ma connaissance, pas encore légion.

- les fondements théoriques sur lesquels je m'appuie, basés sur une épistémologie constructiviste
- le déroulement de l'atelier et, en particulier, les problèmes rencontrés
- une évaluation partielle de cette action à travers les résultats obtenus par les élèves à des épreuves de mathématique traditionnelles.

## Présentation

Depuis quelques années, les documents informatiques hypertextes se multiplient. Conjointement au développement des CD-ROM et des réseaux de communication électronique comme Internet, cette forme de médium prend de plus en plus d'importance.

---

### Qu'est-ce qu'un hypertexte ?

L'organisation d'un document hypertexte se différencie de celle d'un document usuel de type linéaire.

Un document écrit classique tel une notice d'utilisation ou un roman est conçu pour être parcouru de manière linéaire, séquentielle. Le lecteur est sensé parcourir les pages de l'ouvrage dans l'ordre de la numérotation. Cette présentation de l'information convient peu aux ouvrages de type encyclopédique et autres dictionnaires. L'information que l'utilisateur recherche ne peut être découverte que par une recherche séquentielle en feuilletant l'ouvrage, page après page, jusqu'à ce qu'elle apparaisse. L'usage d'une structure d'ordre telle un index ou d'une table des matières s'avère indispensable. L'utilisateur, pour naviguer à travers les rubriques de l'ouvrage, sera dans l'obligation de consulter cette structure. Cette organisation impose à l'utilisateur des aller et retour fréquents entre celle-ci et les rubriques de l'ouvrage.

L'organisation d'un document utilisant une structure hypertexte permet d'éviter, en partie, la consultation de ce genre d'index. Les relations entre les éléments textuels ou graphiques des différentes rubriques sont déterminées par le concepteur du document mais sont transparentes pour l'utilisateur. Une action sur l'élément choisi permet d'accéder automatiquement à des informations le concernant, soit sous forme d'une courte note, soit en accédant à une autre rubrique se rapportant à cet élément. La liaison par ce procédé entre deux rubriques est appelé saut hypertexte. Le préfixe hyper fait référence à l'image des univers à plus de trois dimensions : les hyper-univers. On peut comparer un texte courant à lecture séquentielle à un univers à une dimension ou un élément du texte (un mot) est relié à un précédent et à un successeur unique. Dans un document hypertexte, les précédents ou les successeurs d'un élément peuvent être multiples.

---

### Historique<sup>35</sup>

Le concept d'hypertexte est apparu en 1945, dans un article du mathématicien Vannevar Bush à travers le projet Memex (Memory Extender). Memex devait être un dispositif de mémorisation (sur bande magnétique) et d'affichage de documents textuels ou graphiques (sur microfilms) où chaque élément d'information devait permettre d'en sélectionner un autre de manière immédiate et automatique. Le titre de l'article « Selon notre façon de penser » reflète la préoccupation de l'auteur. Il veut apporter aux chercheurs un environnement plus favorable que les systèmes de classification hiérarchiques traditionnels. A ma connaissance, ce projet n'a pas vu le jour.

---

<sup>35</sup> Une synthèse historique est disponible dans : Laufer Roger, Scavetta Domenico, *Texte, hypertexte, hypermédia*, Presses Universitaires de France, « Que sais-je ? », Paris, 1995.

Le développement de la technologie informatique a permis d'apporter les solutions aux problèmes posés, tant pour le stockage des informations que pour l'accès rapide, sinon immédiat, à celles-ci.

L'invention du terme hypertexte revient à Ted Nelson qui travaille au projet Xanadu en 1965 : Xanadu doit réunir la totalité des ouvrages de tout genre. Le lecteur les relierait entre eux à sa convenance. Les nouveaux liens créés permettraient d'ajouter de nouveaux parcours d'accès aux documents anciens.

D'autres initiatives ont été développées par la suite mais c'est Apple, avec le logiciel Hypercard distribué gratuitement pour le Macintosh, qui a popularisé le concept en 1987.

Au début des années 90, Microsoft l'a utilisé pour développer le système d'aide à l'utilisation des logiciels sous Windows. Microsoft a mis à la disposition des réalisateurs de logiciels un compilateur<sup>36</sup> qui, sous certaines conditions, permet de réaliser un document hypertexte. Pour fonctionner comme tel, il doit être associé au logiciel "winhelp.exe", logiciel-système fourni avec Windows.

Depuis les logiciels permettant de concevoir des documents hypertexte, indépendants de Winhelp, se sont multipliés dans deux directions principales :

- ceux orientés vers une conception pour CD-ROMs, tels MICROMEDIA Director et Asymétrie Toolbook Multimédia, pour ne citer que les plus connus.
- ceux permettant de construire des documents destinés à être consultés par l'intermédiaire des réseaux de communication électronique comme Internet, avec en particulier le langage H.T.M.L. (Hyper Text Markup Language) .

---

## Genèse

D'un point de vue épistémologique, tant génétique (au sens de J. Piaget) qu'historique, il apparaît que la construction de la connaissance chez le sujet apprenant ne se fait pas à partir de règles préétablies vers des applications de celles-ci. Au contraire, les modèles, les structures, les concepts sont définis à partir d'objets ou de faits pour lesquels le sujet repère des invariants. Dans le cas où l'organisation des notions précédemment acquises est remise en cause, l'apprenant doit faire face à un conflit épistémologique et remettre à jour ses connaissances en élaborant un nouveau système stable. Jean Piaget définit ainsi son épistémologie génétique par un processus d'« équilibration » qui fait succéder deux phases de construction des connaissances : les phases d'« assimilation » (intégration d'une nouvelle situation) et d'« accommodation » (modification des structures cognitives préexistantes).

Les nouvelles connaissances, une fois établies et définies, peuvent ensuite être utilisées, dérivées, composées ou contestées pour donner naissance à d'autres.

En considérant plutôt l'aspect historique, à la suite des propositions théoriques de Guy Brousseau, l'actuel mouvement français en didactique des mathématiques synthétise cette démarche par une séquence de trois étapes : le système « action, formulation, validation » :

- une phase d'action pendant laquelle un nouveau concept est synthétisé,

---

<sup>36</sup> Compilateur d'aide sous Windows 3.1x : Il en existe deux versions : hc31.exe et hcp.exe.

- une phase de formulation qui permet de le définir et de le communiquer,
- une phase de validation qui assure l'intégration de la nouvelle notion dans le système préexistant.

Ne pas tenir compte de cette épistémologie constructiviste a mené, encore récemment, à des échecs flagrants : La réforme dite « des mathématiques modernes » mise en place pendant les années 1970, en est un exemple probant dans la mesure où ses tenants ont voulu imposer « le » modèle actuel structurant les mathématiques (pour simplifier : la théorie des ensembles) comme modèle d'apprentissage des mathématiques aux jeunes élèves.

En tenant compte de ces enseignements, comment faire appréhender aux élèves l'organisation des règles de géométrie plane ? Ensuite, comment les mettre en situation d'en faire bon usage lors d'un exercice de démonstration ?

L'ensemble des notions de géométrie que doit aborder un élève, est fixé par les Instructions Officielles mais l'enseignant a toute liberté pour choisir l'ordre dans lequel ces notions ont à être présentées aux élèves, dans la limite du programme d'une année scolaire. A la lumière des expériences récentes, il serait malvenu de calquer l'apprentissage de ces règles sur leur modèle d'organisation formel, par exemple en commençant l'étude de la géométrie par les définitions axiomatiques du point ou de la droite.

De par ses propriétés, le modèle hypertexte m'apparaît comme particulièrement adéquat pour représenter l'ensemble des relations entre les règles de géométrie planes. Comme le pense Vannevar Bush, il est plus proche de notre façon de penser.

Lors de la rédaction d'une démonstration, il est indispensable d'établir ces liens, en s'aidant du support visuel de la figure. Les divers éléments d'une démonstration apparaissent initialement épars à celui qui tente de l'élaborer. Sa résolution commence par une phase de recherche heuristique, par une exploration des liens entre les différentes notions (les règles de géométrie). Ce n'est que lorsque l'ensemble de ces liens entre les hypothèses de l'énoncé et la conclusion (la réponse à la question posée) est établi, puis organisé que le problème peut être considéré comme résolu.

Deux possibilités sont alors offertes à l'enseignant : ou bien il propose à l'élève un modèle tout fait, conçu par lui-même ou par d'autres, ou bien il fait participer l'élève à sa construction. Dans le premier cas, l'élève n'est que consultant. Dans le deuxième cas, l'élève est à la fois constructeur - au moins partiellement - et utilisateur. L'appropriation - la dévolution, au sens de G. Brousseau - de cet ensemble de connaissances (l'ensemble des règles de géométrie) devrait être favorisée. et par conséquent sa compréhension et son utilisation, en particulier dans le cadre de la démonstration en géométrie. C'est cette hypothèse que j'ai voulu vérifier en mettant en place les conditions d'une expérimentation avec un groupe d'élèves de quatrième.

## Economie

### Description globale

Hypergéométrie est une base de données hypertexte qui regroupe les règles se rapportant aux notions de géométrie étudiées par les élèves de collège en sixième et en cinquième. Cette base est divisée en rubriques se rapportant à une notion précise. Les élèves choisissent parmi une liste d'une vingtaine de rubriques qui couvre les points importants du programme des deux années :

- Droites parallèles (définition)
- Droites perpendiculaires (définition)
- Droites parallèles et perpendiculaires (propriétés)
- Médiatrice (définition/propriétés)
- Bissectrice (définition/propriétés)<sup>37</sup>
- Triangle isocèle (définition)
- Triangle équilatéral (définition)
- Triangle rectangle (définition)
- Parallélogramme (définition/propriétés)
- Rectangle (définition/propriétés)
- Carré (définition/propriétés)
- Losange (définition/propriétés)
- Trapèze (définition)
- Cercle (définition)
- Symétrie axiale (définition/propriétés)
- Symétrie centrale (définition/propriétés)

L'accès à la base se fait par l'intermédiaire d'un sommaire qui présente les titres des rubriques :

<u>A PROPOS...</u>	
<u>DROITES PARALLELES</u>	<u>définition</u>
<u>DROITES PERPENDICULAIRES</u>	<u>définition</u>
<u>DROITES PARALLELES ET PERPENDICULAIRES</u>	<u>propriétés</u>
<u>MEDIATRICE</u>	<u>définition</u>
<u>MEDIATRICE</u>	<u>propriétés</u>
<u>TRIANGLE ISOCELE</u>	<u>définition</u>
<u>TRIANGLE EQUILATERAL</u>	<u>définition</u>
<u>TRIANGLE RECTANGLE</u>	<u>définition</u>
<u>PARALLELOGRAMME</u>	<u>définition</u>
<u>RECTANGLE</u>	<u>définition</u>
<u>RECTANGLE</u>	<u>propriétés</u>
<u>CARRE</u>	<u>définition</u>
<u>CARRE</u>	<u>propriétés</u>
<u>LOSANGE</u>	<u>propriétés</u>
<u>CERCLE</u>	<u>définition</u>

le sommaire

### Description d'une rubrique

Hormis le sommaire et la rubrique « à propos... » qui recense l'ensemble des participants au projet, chaque rubrique se compose :

- d'un titre
- d'un sous-titre : définition ou propriétés

<sup>37</sup> Les rubriques non retenues par les élèves sont notées en *caractères italiques* et soulignées en pointillés.

- de la liste de ses rédacteurs
- d'une règle principale (en caractères gras) :  
La priorité est accordée à la règle qui, soit se rapproche le plus de l'étymologie du titre, soit est d'usage courant.
- de la figure géométrique correspondante
- d'une ou deux règles supplémentaires
- de deux règles « si...alors » variations de la règle principale :  
La règle principale peut le plus souvent se décliner en deux règles de la forme si ...(conditions) alors ... (conclusion), l'une étant la réciproque de l'autre. Dans le cadre d'une démonstration de géométrie, ces règles sont plus opérationnelles car elles sont similaires au schéma de raisonnement usuel :  
condition(s)  $\Rightarrow$  conclusion

Quelques groupes ont pu compléter la rubrique avec

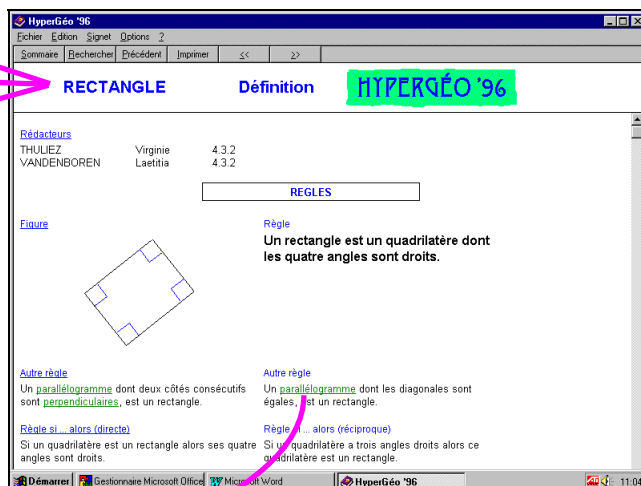
- un énoncé d'exercice, application directe de la règle principale
- sa transposition sous forme d'une liste d'hypothèses
- la figure correspondante
- sa résolution



# Navigation

Elle s'effectue de deux manières :

- En utilisant les liens hypertextes qui permettent de passer d'une rubrique à l'autre en pointant sur certains mots-clés mis en évidence par un soulignement et une couleur différente.



- En utilisant les fonctions de navigation accessibles par l'intermédiaire des boutons sous le menu supérieur

## Fonctions des boutons de navigation

The screenshot shows the HyperGéo '96 application window. The menu bar includes 'Fichier', 'Edition', 'Signet', and 'Options ?'. Below the menu bar is a toolbar with buttons for 'Sommaire', 'Rechercher', 'Précédent', 'Imprimer', and navigation arrows (left and right). The main content area displays the 'CARRE' (Square) section, including a diagram of a square with equal side lengths and right angles, and its definition: 'Un carré est un quadrilatère qui a quatre côtés de même longueur et quatre angles droits.' Below this are sections for 'Autre règle' (Other rule) and 'Règle si ... alors' (Rule if ... then), both direct and reciprocal.

Navigation buttons and their functions:

- Rechercher**: Rechercher dans l'index
- Précédent**: Rubrique précédente
- Imprimer**: Imprimer la rubrique courante
- Navigation arrows**: Rubrique précédente (left), Rubrique suivante (right)
- Sommaire**: Revenir au sommaire

# Réalisation

## Préparation

### Inscription

Après avoir étudié l'emploi du temps de tous les élèves de quatrième du collège, je choisis deux plages horaires pendant lesquelles la majorité d'entre eux est disponible : l'une le Mardi de seize heures à dix-sept heures, l'autre le Jeudi de quatorze à quinze heures. L'atelier Hypergéométrie est ensuite proposé à tous ces élèves par l'intermédiaire de leur professeur de mathématique. Les élèves intéressés ont l'obligation de s'inscrire par groupe de deux, pour l'une ou l'autre des deux séances en remettant un coupon d'inscription sur lequel l'avis de leur professeur de mathématique est notifié.

#### Extrait du bulletin d'inscription

##### BULLETIN D'Inscription

Chaque binôme (groupe de deux élèves) demande son inscription par l'intermédiaire de son professeur de Mathématique.

**Il n'est pas indispensable d'être bon en Mathématique ou en Informatique.**

Le nombre de places étant limité, une sélection des candidatures pourra être effectuée.

*Les élèves retenus en priorité seront ceux qui, habituellement, font preuve de bonne volonté.*

Tout élève dont l'inscription sera retenue, s'engage à participer aux 6 séances prévues.

✂-----

Demande d'inscription

Le binôme suivant

Nom	Prénom	Classe/Groupe
Nom	Prénom	Classe/Groupe

sollicite son inscription pour l'atelier

<input type="checkbox"/> HyperGéo de fin Janvier à Mi-Mars	<input type="checkbox"/> Kim de fin Mars à Mi-Mai
<input type="checkbox"/> le Mardi de 16 h à 17 h	<input type="checkbox"/> le Jeudi de 14h à 15 h

Avis du professeur de Mathématique

<input type="checkbox"/> OK !	<input type="checkbox"/> BOF !
-------------------------------	--------------------------------

Six binômes étant prévus par séance, je prévois de favoriser, en cas d'affluence, les élèves ayant un comportement volontaire. L'aide de mes collègues, pour les élèves dont je n'ai pas la charge, m'est par conséquent très utile.

Devant l'abondance des demandes, je retiens huit binômes pour chaque séance, contre six prévus. J'écarte uniquement les élèves pour lequel l'avis proposé est nettement défavorable.

Les raisons qui me font choisir un travail par binôme plutôt qu'individuel sont de deux ordres :

- pédagogique : Le travail de recherche que les élèves ont à accomplir, les oblige à certains moments à confronter leurs choix et à les justifier pour n'en retenir qu'un seul quand cela est nécessaire. La mise en cause de son propre jugement et la nécessité de l'exprimer pour pouvoir le défendre, sont formateurs. Piaget, par ses travaux et les didacticiens contemporains, en particulier en mathématique, exposent cette idée. Le travail scolaire habituel étant pres-

que exclusivement individuel, cette démarche permet une action pédagogique dans un cadre de travail différent, qui favorise deux comportements sociaux tels que la coopération et la négociation.

- logistique : En cas d'absence de l'un des deux membres à l'une des séances, l'autre peut poursuivre de manière à ce que la continuité de l'action du binôme ne soit pas rompue. Ce point est important étant donné le nombre de séances prévues initialement, c'est à dire six. Un arrêt d'une séance serait particulièrement sensible.

Le choix à priori de six séances d'une heure se révélera insuffisant. Une septième séance sera mise à profit par la majorité des binômes pour achever la rédaction de la rubrique dont ils ont la charge. La huitième sera utilisée pour présenter aux élèves le résultat assemblé de leur travaux et pour leur faire relever les ultimes erreurs à corriger.

## Prévisions

Je prévois, pour les élèves, deux types d'actions concertées :

- **une phase de recherche** documentaire des règles de géométrie dans les manuels des classes de sixième et de cinquième ainsi que dans des ouvrages récapitulatifs du genre mémento qui couvrent les quatre niveaux du collège dans une matière. Pour aider les élèves, je conçois une fiche de recherche type (reproduite ci-contre en réduction) basée sur le modèle d'une rubrique de la base hypertexte.

- **Une phase de saisie informatique** des règles et énoncés retenus et des figures correspondantes avec utilisation du traitement de texte « Write » et du logiciel de dessin géométrique « Atelier de Géométrie ». Chaque partie d'une rubrique doit être enregistrée sur disquette sous forme d'un fichier informatique dont le nom est précisé sur la fiche de recherche.

Il me reste à élaborer un modèle de rubrique puis un procédé de mise en page et d'assemblage automatique dont l'objet est de réunir tous les fichiers en un do-

### FICHE DE RECHERCHE

TITRE {TITRE.WRI}		SOUS-TITRE {S-TITRE.WRI}	
NOM - PRENOM - DIVISION - GROUPE DES REDACTEURS {REDACT.WRI}			
FIGURE {FIGURE.FIG}	REGLE VERSION 1 {REGLV1.WRI}	REGLE VERSION 2 {REGLV2.WRI}	
	REGLE VERSION 3 {REGLV3.WRI}	REGLE VERSION 4 {REGLV4.WRI}	
REGLE SI...ALORS... (DIRECTE) {REGLSAD.WRI}		REGLE SI...ALORS... (RECIPROQUE) {REGLSAR.WRI}	
EXERCICE (ENONCE) {EXENONCE.WRI}	EXERCICE (HYPOTHESES DE L'ENONCE) {EXHYPOTH.WRI}	EXERCICE (RESOLUTION : RAISONNEMENT) {EXRESOL.WRI}	
EXERCICE (FIGURE) {EXFIG.FIG}			

cument unique. Il s'agit d'un exercice pratique de programmation utilisant le langage associé au traitement de texte « Word ». En voici un extrait :

```

Sub MAIN
AffichageBarresOutils .BoutonsCouleur = 1, .BoutonsAgrandis = 0, .InfoBulles = 1
ChDefaultDir "A:\", 0
InsertionFichier .Nom = "TITRE.WRI", .Etendue = "", .ConfirmerConversions = 0, .Liaison = 0
EditionEffacer - 1
FinLigne
CarDroite 1
InsertionFichier .Nom = "S-TITRE.WRI", .Etendue = "", .ConfirmerConversions = 0, .Liaison = 0
EditionEffacer - 1
TableauSélectionnerLigne
FormatCaractères .Points = "16", .Soulignement = 0, .Couleur = 2, .Barré = 0, .Exposant = - 1, .Indice = - 1, .Masqué = 0, .PetitesMajuscules = 0, .Majuscules = 0, .Espacement = "0 pt", .Position = "0 pt", .Crénage = 0, .CrénageMin = "", .Onglet = "0", .Police = "Arial", .Gras = 1, .Italique = 0
FinLigne
LigneVersBas 3
InsertionFichier .Nom = "REDACT.WRI", .Etendue = "", .ConfirmerConversions = 0, .Liaison = 0
EditionEffacer - 1
LigneVersBas 4
ChDefaultDir "A:\", 1
...

```

Les liens hypertextes entre les différentes rubriques ne pourront être établis qu'à l'issue de leur rédaction définitive. A ce moment de l'expérience, je ne sais s'ils pourront l'être par les élèves ou par moi-même.

---

## Première séance

Après la présentation du projet, je propose aux élèves un contrat. Tous les participants s'engagent à participer à toutes les séances prévues et à terminer leur travaux. En échange, je m'engage à ce que chacun d'entre eux puisse recevoir au terme du projet l'ensemble de la réalisation sous forme, soit d'un livret, soit d'une disquette. Les élèves rentrent ensuite dans le vif du sujet par deux activités à caractère informatique : le formatage de la disquette qu'ils utiliseront pour enregistrer leurs travaux puis la saisie d'un texte court : un théorème de géométrie que la majorité des élèves a étudié récemment.

Avec le groupe du Mardi, je prévois le formatage en utilisant la commande ad hoc du Gestionnaire de Fichiers de Windows 3.1. Mal m'en a pris ! L'accès au programme se révèle difficile pour la majorité des élèves. La gestion des fenêtres superposées leur pose des problèmes insurmontables. Je dois décrire poste après poste l'ensemble des actions à effectuer. Dire que certains utilisateurs chevronnés pensent que l'utilisation de Windows est naturelle... ! Le problème se pose à nouveau avec la mise en service du traitement de texte Write.

Lors de la séance du Jeudi, fort de l'expérience du Mardi, je fais formater les disquettes en préconisant l'emploi de la commande FORMAT de MS-DOS avant le lancement de Windows. Cette fois, l'action se déroule sans difficulté. Le problème de la gestion des fenêtres est à nouveau sensible pour la mise en service de Write sous Windows.

Les quinze binômes saisissent toute ou partie du texte, le corrigent en tenant compte des consignes écrites concernant la typographie et enregistrent le résultat sur la disquette en ayant bien pris soin, au préalable, d'avoir sélectionné dans la boîte de dialogue, le lecteur de disquette.

---

## Deuxième séance

Les élèves mettent en service le traitement de texte Write avec, à nouveau, des difficultés de gestion des fenêtres, récupèrent leur texte précédemment enregistré sous le nom "essai.wri", éventuellement le complètent et effectuent les dernières corrections. Celles concernant les lettres accentuées, les espaces entre les mots ainsi que la ponctuation réclament toute leur attention (ainsi que la mienne !). Le document est à nouveau enregistré.

Comme deuxième activité de la séance, les élèves ont à réaliser une figure simple, un triangle, en utilisant un logiciel de dessin vectoriel spécialisé dans la géométrie : l'Atelier de Géométrie. Il s'agit à nouveau de jongler entre les fenêtres, de réduire les unes, d'agrandir les autres. Quelle pagaille ! Evidemment quand il s'agit d'enregistrer le document sur disquette, la boîte de dialogue proposée n'a aucun - mais aucun - rapport avec celle affichée dans Write. Microsoft<sup>38</sup> vs Borland<sup>39</sup>, la guerre continue !

Enfin, il s'agit pour chaque binôme de choisir le thème de la rubrique parmi la vingtaine que je propose. Certains thèmes, en particulier les symétries, ne sont pas porteurs ! Ils feront la joie des rédacteurs de la prochaine édition. Les binômes les plus avancés commencent leur recherche dans les ouvrages mis à leur disposition.

Afin de guider les élèves dans leur démarche, je conçois une fiche de recherche type qu'ils auront à compléter, stylo en main. Chaque partie textuelle de la fiche doit ensuite être saisie à l'aide du traitement de texte Write et enregistrée sur disquette, indépendamment des autres.

Il me faut trouver une solution aux problèmes de gestion des fenêtres. En farfouillant dans les CD-ROMs remplis de logiciels shareware ou freeware, je dénêche un programme (Batsh 2.01<sup>40</sup>) qui permet d'effectuer des suites de commandes sous Windows 3.1 similaires au programmes de traitement par lot

---

<sup>38</sup> Microsoft : Editeur de produits informatiques parmi lesquels figure le langage Microsoft C utilisé dans l'écriture de Windows et de Write.

<sup>39</sup> Borland : Editeur de produits informatiques parmi lesquels figure le langage Borland C utilisé dans l'écriture de l'Atelier de Géométrie.

<sup>40</sup> Batsh v 2.01: logiciel d'usage gratuit (mais oui) édité par Thomas Nyffenegger, FMI, PBX 2543, 4002 Basel, CH, Email: nyffenegger@fmi.ch, Web:http://www.fmi.ch/groups/ThomasNyffenegger/Group.html.

Batsh est la contraction de **Batch Shell** que l'on peut traduire très simplement par ... logiciel de traitement de commandes par lot dans un environnement graphique (Windows 3.1x dans le cas présent).

des sous Windows 3.1 similaires au programmes de traitement par lot sous MS-DOS, reconnaissables à leur extension .BAT.

Le programme que j'écris, affiche un message explicatif, met en service l'Atelier de Géométrie puis Write dans deux fenêtres superposées et sélectionne le lecteur de disquette comme unité de sauvegarde par défaut des documents créés avec l'un ou l'autre des logiciels.

## Troisième séance

Batsh, accompagné de son script, est copié sur tous les postes du site informatique. L'affichage du message explicatif est suivi de peu par un message d'erreur - in english, of course - d'autant plus inattendu que les tests effectués sur ma machine n'avaient révélé aucun dysfonctionnement. L'erreur est vite décelée : il s'agit d'une erreur de chemin. Le logiciel de dessin géométrique n'est pas implanté dans le même répertoire sur mon propre ordinateur et sur les ordinateurs du site. C'est raté pour cette fois.

Comme activité "papier-crayon", les élèves poursuivent leur quête des règles de géométrie et comme activité informatique, saisissent le titre et le sous-titre de leur rubrique puis les enregistrent sur disquette sous leurs noms respectifs : "titre.wri" et "s-titre.wri".

En attendant la séance suivante, je corrige le script défectueux et réalise un prototype de macro d'assemblage automatique des diverses parties d'une rubrique écrite par les élèves sous Write en un document unique écrit sous Word.

## Quatrième séance

La procédure de traitement de commandes par lot fonctionne parfaitement. Les difficultés induites par les manipulations des fenêtres sont définitivement rangées au rayon des mauvais souvenirs.

La phase de recherche des règles bat son plein et, dans le groupe du Jeudi qui regroupe les "meilleurs" élèves, une majorité de binômes est sur le point de l'achever.

L'activité informatique est réduite à la saisie et à l'enregistrement de la partie de la rubrique qui présentera ses rédacteurs.

Je réalise la rubrique-type comme modèle sous Word ainsi que la macro d'assemblage associée précédemment décrite. Les premiers essais de compilation d'une rubrique créée par cette macro sont voués à l'échec. Le compilateur mentionne un problème de mémoire insuffisante. La documentation fournie avec le compilateur ne mentionne ce genre de problème que dans le cas où les images insérées par un "copier-coller" dans la rubrique ont une taille supérieure à 64 Ko. Le problème est résolu par réduction de la taille des figures.

## Cinquième séance

Avec les binômes les plus avancés, la sélection des règles est réalisée.

La règle principale retenue est ensuite modifiée par les élèves de manière à obtenir deux règles "si...alors...", l'une directe, l'autre réciproque. L'objectif de ce

travail est de mettre en évidence dans l'énoncé d'une règle la structure de raisonnement  $P1 \Rightarrow P2$ , où  $P1$  regroupe l'ensemble des conditions nécessaires et suffisantes et  $P2$  la conclusion, en général unique. Dans un énoncé concis, qui n'utilise pas la structure si...alors..., le repérage par l'élève des deux parties condition(s) - conclusion(s) du raisonnement n'est pas évident, bien qu'indispensable pour son utilisation correcte à l'intérieur d'une démonstration.

A titre d'exemple pour illustrer l'exposé précédent, l'énoncé retenu comme règle principale : "Tout quadrilatère dont les quatre côtés sont égaux<sup>41</sup>, est un losange" peut être transformé en la règle si...alors... suivante "Si un quadrilatère a quatre côtés égaux alors ce quadrilatère est un losange" et en sa réciproque "Si un quadrilatère a quatre côtés égaux, alors ce quadrilatère est un losange".

Savoir effectuer cette transformation mentalement, rend service à qui veut bien s'en donner la peine. Je considère cette action comme une phase indispensable à la compréhension d'un énoncé de géométrie, d'autant plus que cet énoncé est destiné à justifier une étape de raisonnement dans une démonstration, à partir de la classe de quatrième.

Pendant que certains binômes réfléchissent à ces transformations, les autres saisissent les règles à l'aide de Write et les enregistrent sous les noms "reglv1.wri", "reglv2.wri" et "reglv3.wri".

En préparatif de la séance suivante et pour éviter que les figures réalisées par les élèves prennent trop de place, à la fois dans la rubrique pour des raisons de mise en page et, en mémoire, pour éviter des problèmes à la compilation, je réalise un gabarit qui contiendra les figures. Ce gabarit est un cadre rectangulaire réalisé avec Paintbrush, logiciel de dessin par points. Sous ce cadre, j'inscris la suite des instructions permettant d'insérer le dessin dans un document conçu sous Write.

## Sixième séance

L'état d'avancement diffère entre les binômes. Certains ont terminé la partie saisie et enregistrement des règles et sont en cours d'élaboration de l'exercice de fin de rubrique, tandis que d'autres débutent à peine la phase de saisie de la règle principale. Manifestement une septième séance sera nécessaire pour la majorité des binômes. Et encore rares seront ceux qui achèveront l'intégralité de leur rubrique telle que je l'ai prévue.

Pour réaliser leur figure, les élèves utilisent l'Atelier de Géométrie avec le gabarit précédemment décrit comme fond d'écran. Ils sélectionnent la partie utile de la figure, à l'intérieur du cadre, la "copient" dans le Presse-Papier<sup>42</sup> et la "collent" dans une feuille vierge de Write.

Deux binômes sur les quinze terminent intégralement leur rubrique et peuvent observer son assemblage automatique par la macro sous Word.

<sup>41</sup> Avis aux experts pointilleux : égal est utilisé dans le sens trivial d'isométrique.

<sup>42</sup> Presse-Papier : logiciel système fourni avec Windows 3.x qui permet de visualiser une partie d'un document mise en mémoire : "copiée" et destinée à être insérée "collée" soit dans un autre document, soit dans une autre partie du même document. Ces fonctions "copier/coller" sont parmi les plus utiles des environnements graphiques.



---

## Septième séance

Cette séance permet à la majorité des binômes d'achever la partie de rubrique regroupant l'ensemble des règles et la figure qui illustre la règle principale. Seul, un troisième binôme réalisera l'intégralité de la rubrique (règles et exercice résolu).

Après correction, il me reste à écrire le sommaire, à créer les liens hypertextes entre les différentes rubriques, à enregistrer chacune dans un format spécifique et à compiler l'ensemble.

Rapidement la compilation échoue. A nouveau, un problème de mémoire. Je vérifie la taille des fichiers Write contenant les figures. Ils font tous moins de 64 Ko. Damned ! Le problème ne vient pas de là. J'essaie de compiler ne serait-ce qu'une rubrique. A nouveau, la compilation échoue : même message d'erreur. Et pourtant, lors de la réalisation d'un prototype, il n'y avait pas eu de problème. Après mûre réflexion, je me souviens que j'avais réalisé directement l'insertion des figures de géométrie sans passer par l'intermédiaire d'un document Write. Je "coupe" les figures dans une des rubriques, les colle aux mêmes endroits - à vue d'oeil, rien ne diffère - et compile à nouveau. Cette fois, pas de problème.

Il ne me reste plus qu'à répéter cette opération pour chacune des quinze rubriques et à compiler l'ensemble, cette fois avec succès.

---

## Huitième séance

Cette dernière séance est destinée à expliquer aux élèves la manière dont les liens hypertextes ont été élaborés et à leur faire tester l'ensemble afin d'éliminer le plus d'erreurs résiduelles possibles.

## Evaluation

### Présentation

Hypergéométrie '96 est une action transdisciplinaire qui allie les mathématiques et l'informatique. Son évaluation complète devrait donc mesurer les performances de ses participants dans les deux disciplines. L'informatique n'ayant pas droit de cité comme science reconnue dans le cursus des élèves du secondaire, leurs performances dans cette discipline ne seront pas évaluées.

Restent les mathématiques, et plus particulièrement les compétences en géométrie plane. Je rappelle que l'objectif initial pour chaque binôme était de réaliser une rubrique composée de deux parties :

- La première partie est centrée sur une notion essentielle de géométrie plane constituée par une liste de règles dont une, qualifiée de principale sur des critères exposés précédemment. Cette partie a été réalisée par tous les binômes sans exception.
- La seconde partie composée d'un court exercice suivi de sa résolution, devait permettre de mettre en action la règle principale exposée. Cette partie n'a pu être réalisée que par les binômes les plus avancés, soit trois d'entre eux qui alliaient une certaine aisance dans la manipulation de l'informatique en tant qu'outil (utilisation du clavier, fonctions du traitement de texte) et dans les capacités à mener une recherche documentaire active et efficace.

Pour des raisons d'objectivité des mesures, l'évaluation n'a porté que sur les compétences des élèves en géométrie, telles qu'elles sont attendues en classe de quatrième et plus particulièrement sur celles relevant de la démonstration de géométrie. Les effets sur le comportement observable des élèves et, en particulier, sur leur motivation, sont difficilement quantifiables et, par conséquent, n'ont pas été pris en compte.

Les performances des élèves du groupe Hypergéométrie, le groupe expérimental, sont comparées à celles de tous les autres élèves de quatrième du collège<sup>43</sup>, le groupe témoin, au travers de quatre épreuves écrites sur table, absolument indépendantes du projet Hypergéométrie, organisées dans des conditions identiques pour tous les élèves :

Avant l'action Hypergéométrie, et par ordre chronologique,

- Le test national d'évaluation en début de sixième
- L'épreuve commune en fin de cinquième
- L'épreuve commune en fin de premier trimestre de quatrième

Après l'action Hypergéométrie,

- L'épreuve commune en fin de second trimestre de quatrième

Les résultats globaux aux épreuves de sixième et de cinquième permettent d'étudier la répartition statistique des élèves dans les deux groupes.

<sup>43</sup> Les élèves de quatrième technologique et du dispositif d'aide ne sont pas pris en compte car ils subissent des épreuves différentes.

Les résultats aux épreuves de quatrième permettent d'observer l'évolution des compétences des élèves dans le cadre précis de la démonstration de géométrie.

Les résultats sont exhibés sous deux formes :

- **synthétique** avec les résultats globaux de chaque groupe représentés sous forme **graphique** (histogrammes).
- **exhaustive** avec les résultats détaillés de chaque élève dans un **tableau** (imprimé sur seize pages en annexe).

Les résultats à chaque épreuve sont codés par une valeur entière comprise entre 0 et 5.

## Evaluation de sixième

L'indice de réussite aux tests d'évaluation de mathématique à l'entrée en sixième (Septembre 1993) est obtenu en divisant l'indice de l'élève rapporté à l'indice national par 30. Le résultat est arrondi à l'entier le plus proche ce qui donne des valeurs entre 0 et 5. Il est à noter que l'indice national moyen étant de 100, il devient 3,3 arrondi à 3 dans cette échelle de valeurs de 0 à 5.

## Evaluation de cinquième

L'indice de réussite de l'élève à l'épreuve commune de mathématique de fin de cinquième (Avril 1995). Cet indice est calculé en divisant la note de l'élève sur 20 par 4. Le résultat arrondi à l'entier le plus proche est, à nouveau, une valeur comprise entre 0 et 5.

## Evaluations de quatrième

Les deux épreuves comportent, chacune, deux parties notées à parts égales : une pour les activités numériques, l'autre sur des activités géométriques de construction de figures et de raisonnement.

Les cinq items retenus pour chacune des deux épreuves, qui font l'objet de l'évaluation présentement exposée, portent exclusivement sur la capacité des élèves à réaliser une démonstration de géométrie et sont définis de manière à pouvoir observer une éventuelle évolution.

Le tableau suivant met en évidence les relations entre les deux épreuves de quatrième :

Première épreuve	Deuxième épreuve
<u>Exercice 1, question c (items 1.c.1, 1.c.2 et 1.c.3)</u> Démontrer que deux droites sont parallèles (3 étapes) en utilisant la règle : <i>Deux droites perpendiculaires à une même troisième, sont parallèles entre elles.</i>	<u>Exercice 1 (items 1.1, 1.2 et 1.3)</u> Démontrer que deux droites sont parallèles (3 étapes) en utilisant la règle : <i>Deux droites perpendiculaires à une même troisième, sont parallèles entre elles.</i>

La question retenue dans l'exercice 1 de chaque épreuve permet de mettre en évidence l'aptitude d'un élève à mener une démonstration en trois étapes utilisant des règles de géométrie connues par les élèves depuis la sixième (qui devraient l'être...)

Première épreuve	Deuxième épreuve
------------------	------------------

<u>Exercice 2, question d (item 2.d)</u> Démontrer que deux droites sont parallèles (1 étape) en utilisant le théorème de la droite des milieux dans le triangle.	<u>Exercice 2, question 6 (item 2.6)</u> Démontrer que deux droites sont parallèles (2 étapes) en utilisant le théorème de la droite des milieux dans le triangle.
--	---

La question retenue dans l'exercice 2 permet de vérifier l'aptitude d'un élève à repérer dans le contexte général d'un problème et, à utiliser, une règle de géométrie apprise au cours du premier trimestre.

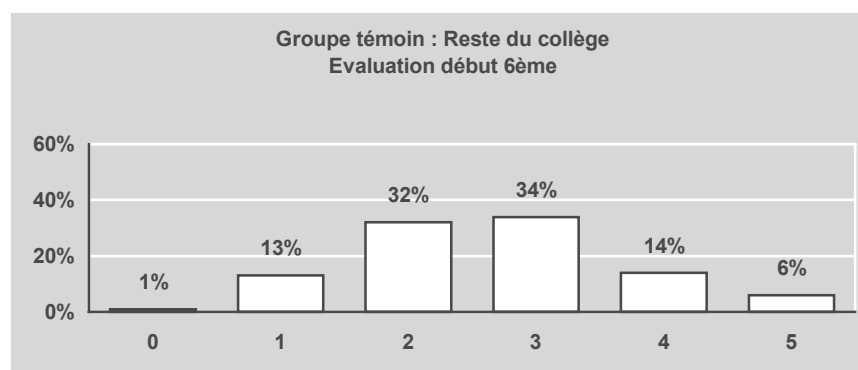
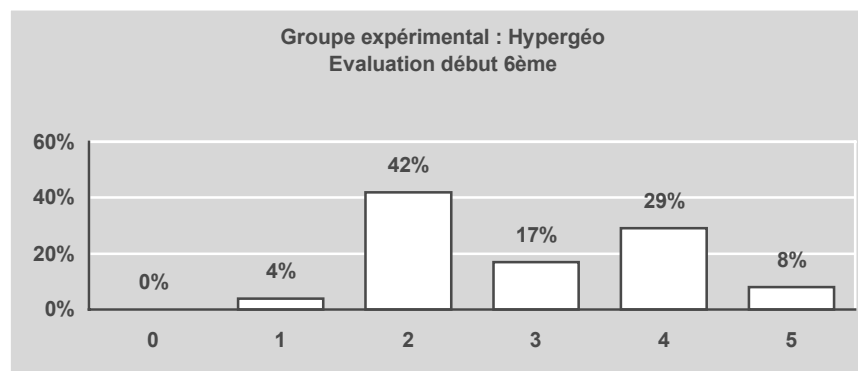
Première épreuve	Deuxième épreuve
<u>Exercice 1, question d (item 1.d)</u> Démontrer qu'un point est le milieu d'un segment en utilisant la réciproque du théorème de la droite des milieux dans le triangle	<u>Exercice 3, question 2 (item 3.2)</u> Calcul de la longueur d'un côté d'un triangle rectangle en utilisant le théorème de Pythagore.

Ces deux questions permettent de vérifier l'aptitude d'un élève à repérer dans le contexte général d'un problème et, à utiliser, une règle de géométrie apprise récemment.

## Résultats synthétiques et commentaires

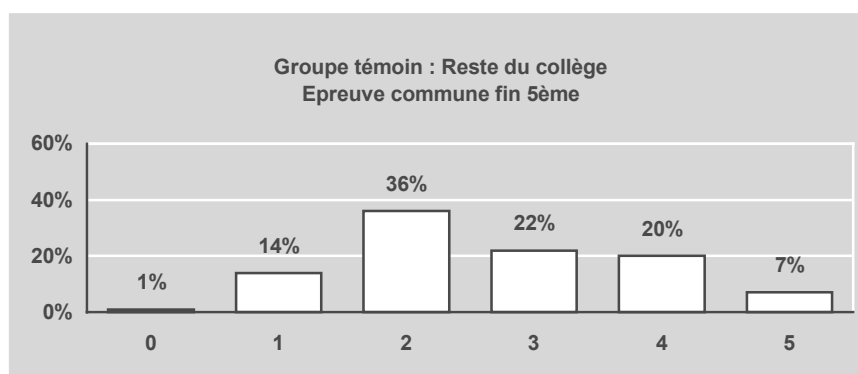
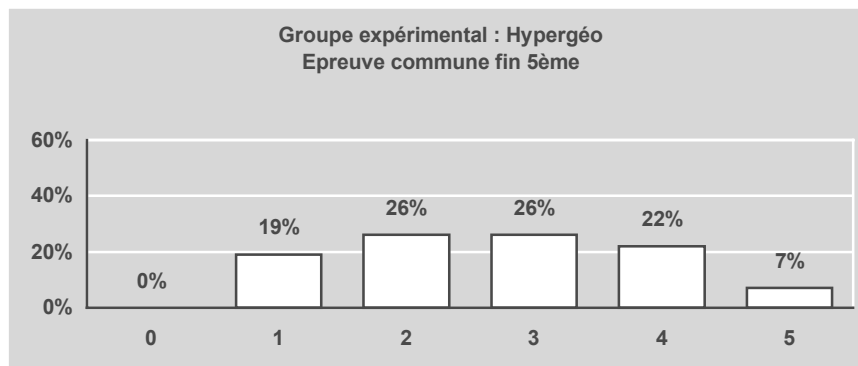
### Evaluation de sixième

Les histogrammes affichent le taux de réussite pour une performance donnée. 0 correspond à la performance la plus faible et 5 à la plus élevée.



## Epreuve commune de cinquième

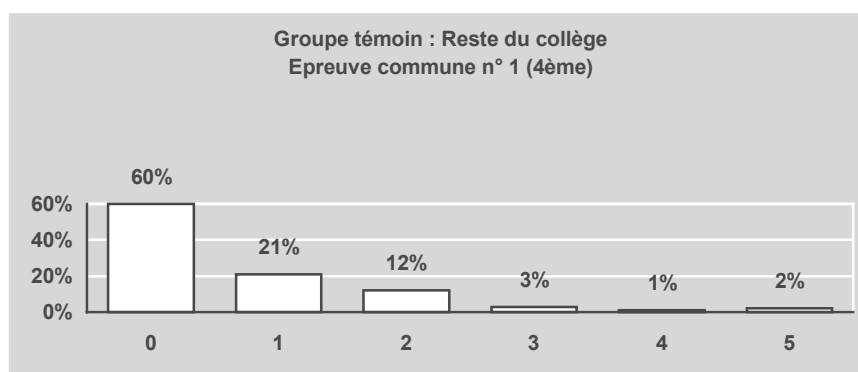
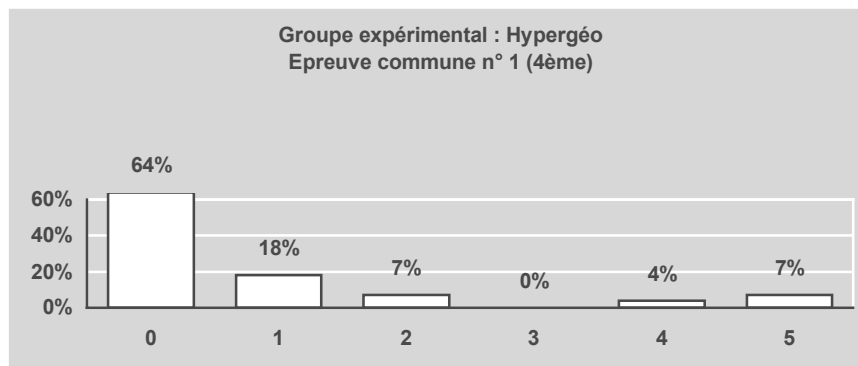
Les histogrammes affichent le taux de réussite pour une performance donnée. 0 correspond à la performance la plus faible et 5 à la plus élevée.



L'observation des résultats ne montre pas deux groupes significativement différents par leur performance. Il est à noter une inversion de tendance entre la classe de sixième et de cinquième entre les deux groupes : Pour l'évaluation de sixième, le mode est nettement de 2 pour le groupe expérimental (Hypergéométrie) alors que ce résultat s'applique au groupe témoin pour l'évaluation de cinquième.

## Première épreuve commune de quatrième<sup>44</sup>

Les histogrammes affichent le taux de réussite pour une performance donnée. 0 correspond à la performance la plus faible et 5 à la plus élevée.



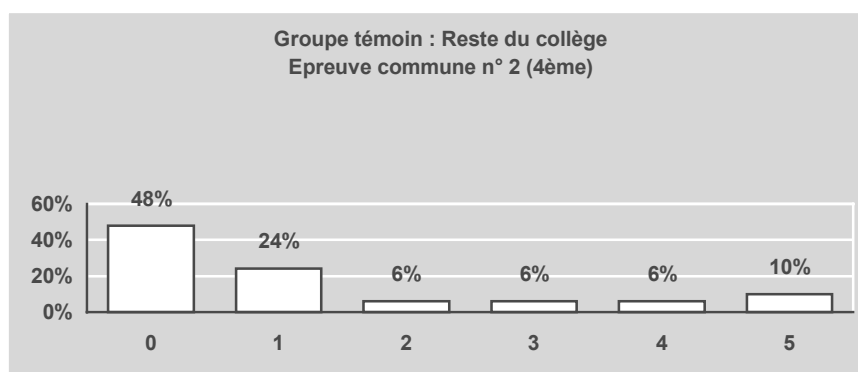
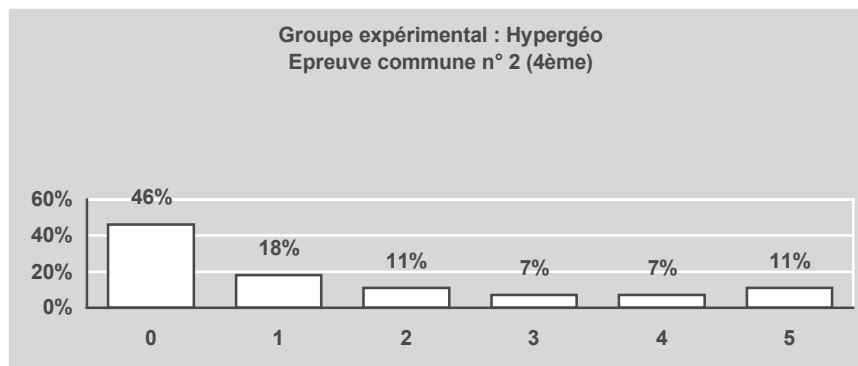
Concernant la répartition des résultats pour la première épreuve de quatrième, dans le domaine de la démonstration de géométrie, les différences sont encore moins évidentes. Dans les deux cas plus de 60% des élèves n'ont pu résoudre la moindre étape de raisonnement de géométrie parmi les cinq sélectionnées.

Il est à noter que les extrêmes sont plus marqués dans le cas du groupe expérimental : 64% contre 60% pour la valeur la plus faible (0) et 7% contre 2% pour la valeur la plus élevée (5).

<sup>44</sup> Epreuve organisée avant le déroulement de l'action Hypergéométrie.

## Deuxième épreuve commune de quatrième<sup>45</sup>

Les histogrammes affichent le taux de réussite pour une performance donnée. 0 correspond à la performance la plus faible et 5 à la plus élevée.



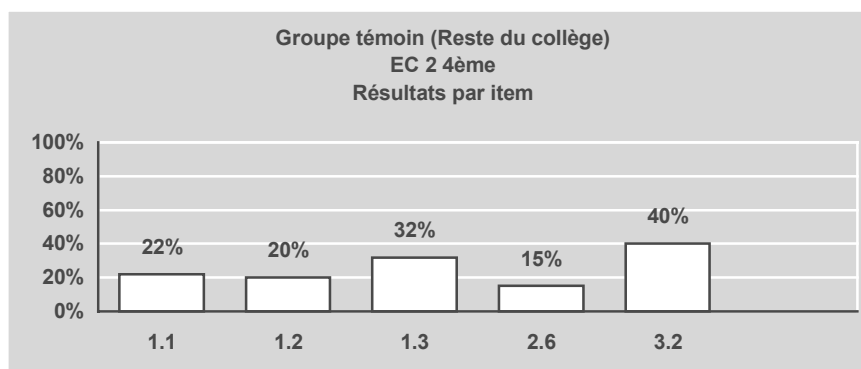
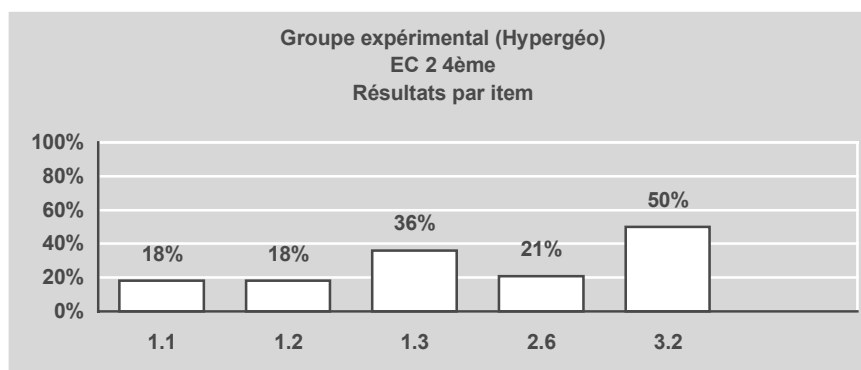
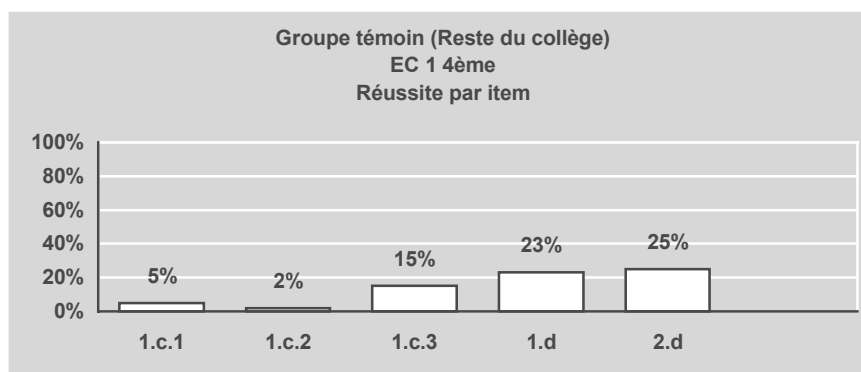
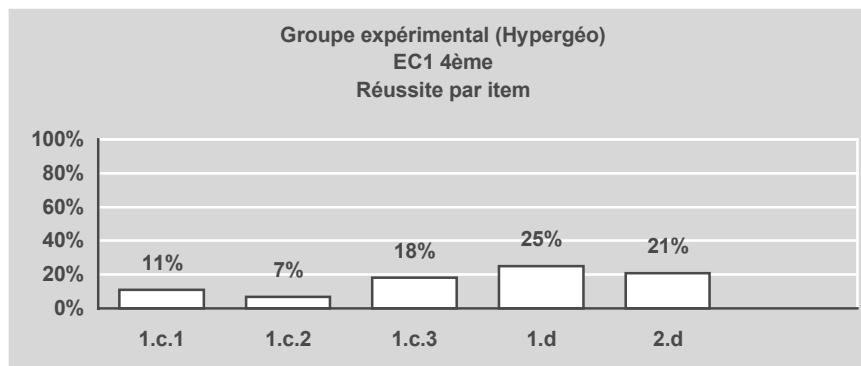
Cette fois à nouveau, les résultats ne sont pas significativement différents. On peut néanmoins observer un tassement du taux des élèves ayant très peu ou pas de réussite (résultats égaux à 0 ou 1) plus important dans le cas du groupe expérimental (groupe Hypergéométrie) que dans le cas du groupe témoin (le reste du collège).

Une analyse du taux de réussite par item permet de mettre en évidence quelques différences plus marquées.

<sup>45</sup> Action organisée après le déroulement de l'action Hypergéométrie.

## Résultats par items des épreuves communes de quatrième

Les quatre histogrammes suivants exposent le taux de réussite des élèves d'un groupe à chacun des cinq items sélectionnés par épreuve.





On note pour les deux groupes une progression globale du niveau de performance entre les deux épreuves. Cette évolution favorable n'est pas plus marquée pour le groupe expérimental que pour le groupe témoin.

Les seuls items se rapportant à une règle de géométrie étudiée par l'un des binômes participant à Hypergéométrie sont les items 1.3 .c et 1.3. La différence de taux de réussite est passée de 3% à 4% en faveur du groupe expérimental. Cette différence est insignifiante. Par contre, on peut observer un taux de réussite supérieur de 10 % (50% contre 40%) pour l'item 3.2 en faveur du groupe Hypergéométrie. Cet item correspondant à une application d'un théorème récemment étudié par les élèves (le théorème de Pythagore), les élèves du groupe expérimental auraient-ils manifesté un intérêt plus grand aux nouvelles notions étudiées en géométrie ? S'agit-il d'une coïncidence ou d'un effet de bord heureux ? La question mérite d'être posée.

En conclusion de cette évaluation, il apparaît clairement que l'implication des acteurs dans le projet Hypergéométrie n'a pas entraîné pour ceux-ci une augmentation significative des performances dans le cadre restreint, mais important, de la démonstration de géométrie.

## Conclusion

Cet atelier de mathématique et d'informatique Hypergéométrie, s'inscrit dans une perspective constructiviste dans la mesure où les élèves qui y participent, élaborent leurs propres outils de connaissance : d'une part, le document hypertexte réalisé est un outil qui peut être exploité par ses auteurs et par d'autres, d'autre part, il a nécessité de la part des élèves, pendant sa réalisation, la mise en place de méthodes de recherche, d'analyse et d'établissement de liens entre des notions diverses dont il est permis d'espérer qu'elles seront réinvesties avec bénéfice dans d'autres situations.

Le temps limité accordé au projet n'a pas permis sa réalisation complète : les rubriques proposées n'ont pas été toutes retenues par les élèves et la majorité de celles qui l'ont été, sont inachevées. De plus la réalisation des liens hypertextes et l'analyse qui y conduit, n'ont pu être menées par les élèves. Il faut donc considérer le produit réalisé non comme un produit fini mais comme un prototype qui a permis la mise au point de méthodes (détaillées dans la partie « réalisation » de cet exposé) tant pour les élèves que pour l'animateur du projet que je suis.

Ces facteurs ont influé sur le bénéfice que pouvaient en retirer les élèves et se ressentent donc dans l'évaluation menée dans le domaine restreint de la démonstration de géométrie dont les résultats sont modestes.

Néanmoins, l'intérêt accordés par d'autres acteurs institutionnels à ce projet, fait qu'il se développera prochainement en relation avec des enseignants du cycle des approfondissements de l'école élémentaire en fonction des besoins de leurs élèves.

Enfin, à plus long terme, il me semble intéressant d'associer cette base de données de règles de géométrie à un programme informatique d'aide à la résolution de démonstration tel celui développé par une équipe de l'IRISA de Rennes sous le nom de Mentoniez.