

CAHIER

P A C I F I C

N° 1

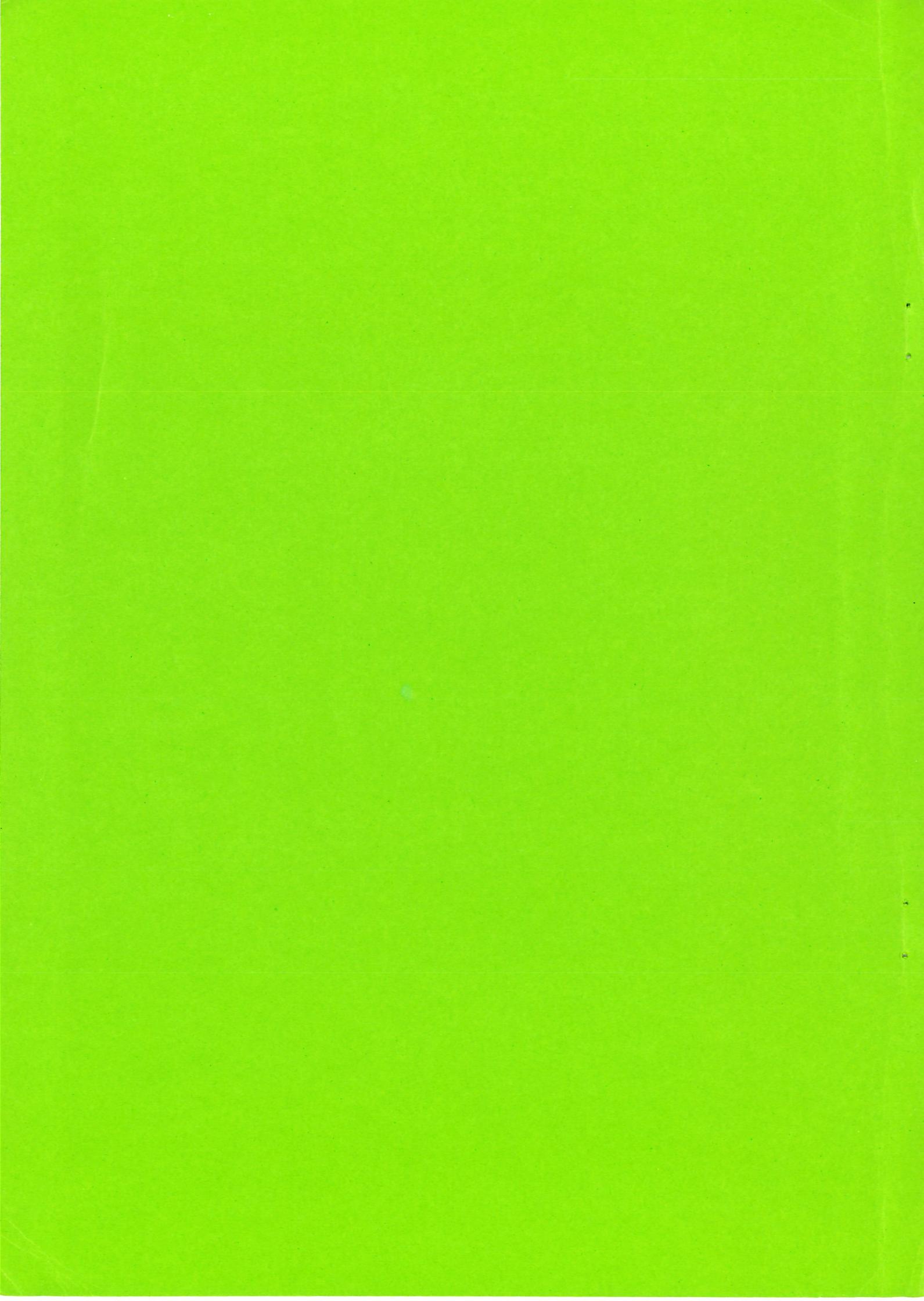
UNE TORTUE DANS UNE CLASSE

*Une année d'expérimentation en*

*Cours Moyen 2<sup>ème</sup> année*

**C. Berdonneau**

**R.-M. Dumas**



Une tortue dans une classe.

Compte-rendu d'expérimentation en classe de Cours Moyen deuxième année

1980-1981

Catherine BERDONNEAU

Rose-Marie DUMAS



### Abstract.

This document relates an experiment conducted at the I.R.E.M. Paris-Nord, in a fifth grade class (Cours Moyen deuxième année, last year of primary education) during a whole school year. The twenty children were divided into four groups of five, and worked on projects using the LOGO computer language. Detailed records are shown, in the various fields they tried: graphics, geometry, numbers.

### Résumé.

Ce rapport relate une expérimentation conduite à l'I.R.E.M. de Paris-Nord, dans une classe de Cours Moyen deuxième année (cinquième et dernière année de l'enseignement primaire), pendant une année scolaire complète. Les vingt enfants ont été répartis en quatre groupes de cinq, et ont travaillé sur des projets, en utilisant le langage de programmation LOGO. Une présentation détaillée est fournie, montrant des résultats dans les divers domaines que les enfants ont abordé: graphique, géométrie, nombres.



## Sommaire.

Introduction	7
Première partie	
Historique	11
Objectifs initiaux de l'expérimentation	13
La classe de C.M. <sub>2</sub> A	18
Deuxième partie	
Déroulement de l'expérimentation	23
Nature des projets et durée	30
Troisième partie	
De l'art de construire une maison	39
Quand la géométrie devient objet de désir et de plaisir	63
Nombres	79
Le scandale Thalès-Pythagore	93
Quatrième partie	
Errare humanum est, perseverare ... puerile	103
Quelques profils	115
Bilan des acquisitions académiques	125
Conclusion	135
Bibliographie	
Annexe I : Chronologie des projets de chaque équipe	
Annexe II: Fichiers procédures de chaque équipe	



## Introduction.

L'expérimentation que nous avons conduite en 1980-1981 dans une classe de Cours Moyen deuxième année (cinquième et dernière année de l'enseignement primaire, élèves de onze ans environ), prend place dans un ensemble de recherches sur la pratique active de l'informatique par l'enfant, menées par des équipes très diverses regroupées en une *Recherche Coopérative sur Programme*, hébergée à l'Institut National de la Recherche Pédagogique. Outre une équipe de l'I.N.R.P., cette R.C.P. se composait de quatre groupes des Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques, de Dijon, Le Mans, Orléans, et Paris-Nord, d'une équipe de l'Institut de Programmation (Université Paris 6), le Groupe d'Aide à l'Éducation par l'Informatique (Université Paris 8), et plusieurs autres laboratoires. Ces diverses équipes ont apporté des contributions dans des domaines variés, allant de l'observation des élèves à la découverte de l'ordinateur, jusqu'à la conception de nouveaux matériels.

On trouvera dans une première partie l'origine de l'expérimentation entreprise par l'équipe LOGO de l'I.R.E.M. Paris-Nord, et le cadre dans lequel elle s'est déroulée. Une deuxième partie donne la chronique de l'expérimentation qui a été suivie dans l'une des deux classes. La troisième partie présente quelques analyses de projets particulièrement marquants, dans des domaines variés. En dernière partie, on tentera un premier bilan, en vue d'une possible généralisation.



Première partie

Origine et cadre de l'expérimentation.



## Historique.

Rappelons très brièvement l'histoire de LOGO.

Le projet LOGO est né aux Etats-Unis, plus précisément à Cambridge (Massachusetts), dans la deuxième moitié des années 60. Le terme même de LOGO renvoie, selon ses créateurs, à la racine grecque  $\lambda\omicron\gamma\omicron\varsigma$  qui signifie *discours, science, raisonnement*.

Il n'est pas inintéressant de noter qu'en Américain, ce mot signifie *pictogramme*.

Dès l'origine, le projet se situe à la convergence de recherches en Intelligence Artificielle et en Sciences de l'Education, et se veut multidisciplinaire. Comme le soulignait G. BOSSUET (*Qu'est-ce que LOGO? Institut de Programmation, 1979*)

*LOGO désigne à la fois une théorie, un langage, et un ensemble d'unités matérielles permettant la mise en évidence des processus mentaux mis en jeu par un enfant pour résoudre les problèmes qu'il se pose et auxquels il propose une solution. Il faut expliciter le nom "LOGO" dans un contexte d'apprentissage par action sur le milieu extérieur.*

Insistons sur le fait que, dans l'équipe des créateurs à Bolt, Beranek and Newmann, ainsi qu'au LOGO Group de M.I.T., l'accent a été mis dès le départ sur l'universalité disciplinaire de LOGO. Parmi les publications du LOGO Group, dès le mémo 1 (*a computer laboratory for elementary schools*) Seymour PAPERT indiquait des pistes diverses:

- géométrie (tortue de plancher)
- biologie (reconstitution d'animaux, et modélisation par ordinateur)
- physique (équilibre d'un pendule inversé modélisant le jeu qui consiste à tenir un balai en équilibre sur une main).

On retrouve cette diversité dans toutes les publications de ce groupe:

\*musique (*Jeanne BAMBERGER, Developing a musical ear, L.M. 6, 1972*)

\*physique (*Andrea di SESSA, the gyroscope, L.W.P. 21, 1972*)

\*biologie (*Ira GOLDSTEIN, Germland, L.W.P. 7, 1973*)

De même, si l'une des préoccupations fondamentales du groupe est tournée vers les enfants d'âge primaire, le public visé ne se limite pas à cette

tranche d'âge, mais concerne aussi bien les adolescents de l'enseignement secondaire que les étudiants d'université: citons par exemple la physique newtonienne (ABELSON, di SESSA, RUDOLPH, *Velocity space and the geometry of planetary orbits, American Journal of Physics, 1975*), ou la géométrie non euclidienne (di SESSA, *Turtle escapes the plane, L.M. 21, 1975*).

La localisation géographique du projet LOGO s'étend rapidement. D'abord le Québec (voir par exemple: F. MEYNARD, *Enquête sur LOGO, Ministère de l'Education du Québec, 1975*), où se trouvent alors plusieurs établissements équipés d'une version française du langage; puis l'Europe: Grande Bretagne (Mc ARTHUR, *EMAS LOGO users guide and reference manual, D.A.I. occasional papers n° 1, 1974, Edimbourg*), Allemagne Fédérale (BOCKER et FISCHER, PROKOP, *Darmstadt, 1977*); l'Australie...

La France prend contact avec LOGO à l'occasion de missions franco-québécoises de l'I.N.R.D.P. et des I.R.E.M. La première version de LOGO disponible en France se situe à l'I.N.R.D.P. sur P.D.P. 10, puis l'Institut de Programmation (Université Paris 6) se dote d'une configuration autonome, suivi de quatre I.R.E.M. Un collectif se constitue, regroupant ces équipes et plusieurs autres laboratoires ayant une approche analogue (cf. ROUCHIER, *esquisse d'une problématique de travail, 1977*). Les expérimentations, ainsi qu'un travail sur les matériels et le langage, sont coordonnés dans une Recherche Coopérative sur Programme.

Outre les expérimentations menées depuis déjà une dizaine d'années au M.I.T., connues par les Memos LOGO, et celles qui ont été développées dans différents établissements, de l'enseignement primaire à l'université, on dispose des compte-rendus d'expérimentations ponctuelles ou courtes d'équipes françaises, en particulier:

- *apports d'un environnement informatique dans le processus d'apprentissage (LE TOUZE, N'GOSSO, ROBERT, SALAME, I.N.R.P., 1979)*: sept séances d'une heure environ avec des petits groupes d'élèves de classes de sixième.
- *l'expérimentation Aiguelongue (BOSSUET, FOURNIER, LEGUYADER, Institut de Programmation, 1980)*: trois séries de quinze jours en classe de Cours Moyen deuxième année.

Il importe de citer également le camp d'été d'Arc-et -Senans en Septembre 1979 (WERTZ, PEROLAT, MATHIEU, *Expérience d'Arc et Senans, rapport final, Université Paris 8, 1979*, ou *Expérience d'Arc et Senans, compte-rendu d'observation, I.R.E.M. de Nantes Centre du Mans, 1979*), et l'utilisation depuis plusieurs années par le Groupe d'Aide à l'Education par l'Informatique

dans des classes de Sections d'Education Spécialisée (\*) (F. MATHIEU, *Apprentissage Autonome, Université Paris 8, 1980*)

Pour ce qui concerne plus particulièrement les publications des I.R.E.M., on consultera par exemple les rapports nombreux de l'Antenne I.R.E.M. -E.N. du Mans, et plus spécialement AIGLE, DEMARS, HERPEUX, *Analyse des progrès dans l'apprentissage des notions et concepts nécessaires au guidage d'un objet orienté, mobile dans un plan vertical, I.R.E.M. de Nantes Centre du Mans, 1981.*

Objectifs initiaux de l'expérimentation.

Les objectifs concernant les élèves

Deux types d'objectifs sont plus particulièrement visés dans ce travail:

a/ apprentissage de contenus spécifiques:

- spatialisation individuelle
- déplacement d'un objet dans le plan par rapport à un repère déterminé: changement de position, changement de direction
- opérations sur les nombres (entiers, et éventuellement décimaux et fractionnaires)
- approche intuitive du groupe des translations de la droite; addition et soustraction de nombres relatifs
- approche intuitive du groupe des rotations; addition et soustraction d'écarts angulaires
- ordre de grandeur
- figures élémentaires classiques, quelques-unes de leurs propriétés.

b/ maîtrise de méthodes générales:

- acquisition de techniques d'analyse: décomposer, construire, généraliser
- initiation à la résolution de problèmes
- organisation d'un travail en équipe avec d'autres élèves
- prise en charge d'un projet: conception, étude, réalisation.

Ces deux types d'objectifs sont parfaitement compatibles avec les actuels objectifs de l'enseignement dans le cycle moyen du premier degré, et certains sont d'ailleurs tout particulièrement mis en relief dans les commentaires parus avec l'Arrêté du 16 Juillet 1980.

---

(\*) où sont scolarisés les élèves dont les capacités intellectuelles sont jugées insuffisantes pour leur permettre de suivre l'enseignement commun dispensé dans les Collèges.

### Les objectifs de l'expérimentation

- observation de l'organisation des élèves en travail de groupe:
  - . répartition des rôles, fixité des tâches attribuées ou organisation tournante
  - . possibilité (spontanée ou induite) de tutorat —aide d'un élève en difficulté par un ou des élèves ayant déjà surmonté cette même difficulté—
  - . osmose entre les groupes
  - . gestion des acquisitions de connaissances, réinvestissements de méthodes de résolution de problèmes
- exploration du langage accessible aux élèves:
  - . primitifs qui peuvent être abordés en C.M.<sub>2</sub>
  - . mémorisation de ce vocabulaire
  - . nécessité de disposer de termes n'existant pas actuellement comme primitifs (possibilité de créer des procédures enfouies, qui, pour les élèves, ont exactement le même statut que les primitifs)
- étude de la vie des groupes:
  - . variations dans le temps du recours à la personne-ressource
  - . créativité dans les propositions de projets
  - . évolution des domaines d'investigation.

Ces objectifs imposent un certain nombre de contraintes sur la conduite de l'expérimentation:

- adopter une attitude aussi peu directive que possible, tant sur le contenu des projets, que sur la manière de les mener à bien. Toutefois, un minimum de directivité ne peut être évité, pour que les projets restent une activité soutenue.
- essayer de recueillir la plus grande quantité d'information sur les activités des élèves, à la fois pendant les séances en présence des expérimentateurs, et lors du travail entre ces séances (nous ne nous cachons pas la très grande difficulté d'obtenir des renseignements fiables sur ce sujet).
- comparer les progressions suivies par les groupes, et les résultats obtenus, et confronter ces données avec les indications fournies par les expérimentations précédentes, le but étant de préciser certaines hypothèses concernant des "passages obligés" dans la progression.

On pourra reprocher la quantité et la diversité des objectifs visés, ainsi que l'absence de méthodologie spécifique permettant de cerner les observations correspondantes. S'agissant d'une première expérimentation de

longue durée —en France—, il nous a paru plus intéressant de "ratisser large plutôt que profond", et de tenter ainsi de mettre en évidence des phénomènes à comparer pour confirmation ou infirmation dans des expérimentations parallèles ou ultérieures.

#### Remarques

Il importe de souligner quelques aspects originaux de l'approche LOGO:

\* aucun didacticiel, aucun programme d'enseignement —au sens informatique du terme— n'est utilisé: à travers la construction de figures, d'abord commande par commande, puis en utilisant des procédures, l'élève est conduit à la découverte d'un certain nombre de faits de nature mathématique (essentiellement géométrique, mais pas exclusivement), en développant également des habiletés de raisonnement.

\* l'approche utilisée est située d'emblée au niveau du concret, dans le domaine du vécu personnel de l'enfant. Il est à ce propos assez significatif que les premiers projets proposés par nos élèves parisiens soient des maisons et des voitures, alors que ceux de l'école de Montpellier choisissaient de dessiner des fleurs !

\* le travail proposé est présenté comme quelque chose à faire, plutôt qu'à apprendre, et c'est pour mener à bien un projet relevant de son désirable que l'apprenant est amené à accroître ses connaissances, de manière à améliorer son outil.

\* l'utilisation de la machine fournit aux élèves une information sur l'efficacité de leur raisonnement; cette information est neutre, elle ne passe pas par l'autorité magistrale, et elle ne porte pas de jugement de valeur sur la tâche préalablement accomplie par l'apprenant; elle est objective: elle ignore les implicites collectifs, fréquents dans les classes, et très difficiles à mettre en évidence dans la mesure même où ils sont communs à tous les membres du groupe.

\* la notion d'erreur (au sens de faute dont l'élève se sent coupable) est totalement absente. L'enfant joue le rôle d'un pédagogue, qui enseigne divers mots à sa tortue. La non-exécution d'un ordre par la tortue est interprétée comme: *elle n'a pas compris, j'ai utilisé un mot qu'elle ne connaît pas !* et ils font montre d'une grande patience pour se plier aux contraintes de son langage (qui nous fait parfois défaut, à nous enseignants, dans certaines classes ...) Un résultat inattendu provoque toujours de grands éclats de rire, parfois la recherche d'une interprétation possible (*ça ressemble à ... un oiseau, un vase, ... ils ont là beaucoup d'imagination*), et déclenche aussitôt la recherche de la "paille" (\*)

---

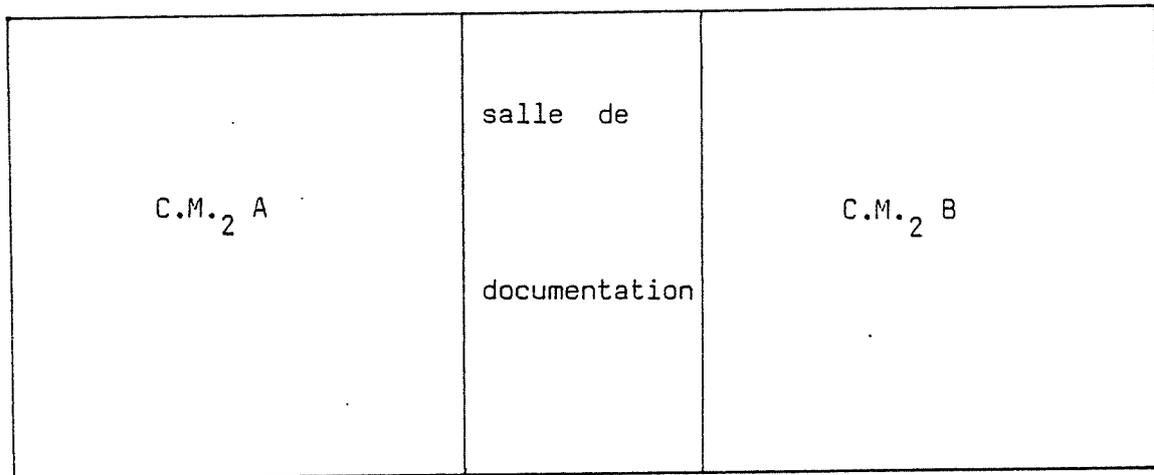
(\*) Les Anglais emploient le terme *bug* qui désigne au sens propre un insecte, et au sens figuré un défaut, une paille.

## Installation matérielle

## Organisation générale

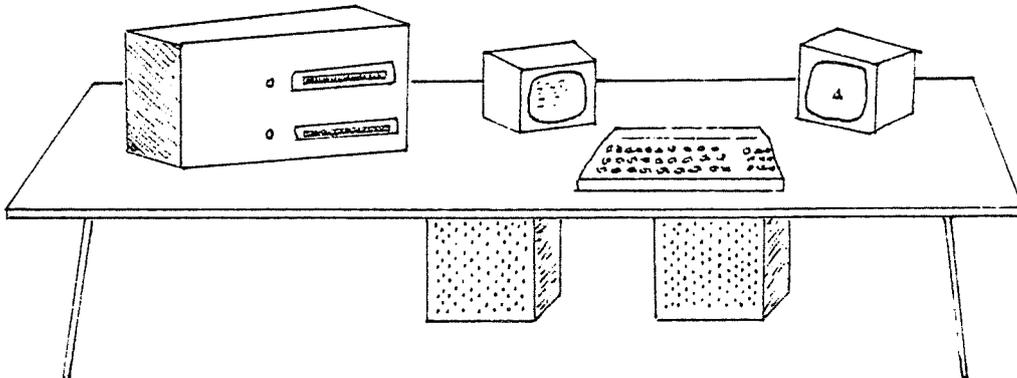
La configuration LOGO a été installée à l'école durant la deuxième quinzaine de Septembre 1980, dans une petite salle qui sépare les deux classes de C.M.<sub>2</sub> concernées par l'expérimentation. Ce local est familier aux élèves, qui ont l'habitude d'y venir, pour réaliser un travail individuel, lorsqu'ils éprouvent le besoin de s'isoler du groupe, ou pour entreprendre des recherches (rayonnages d'auto-documentation, et deux armoires-bibliothèques).

cour



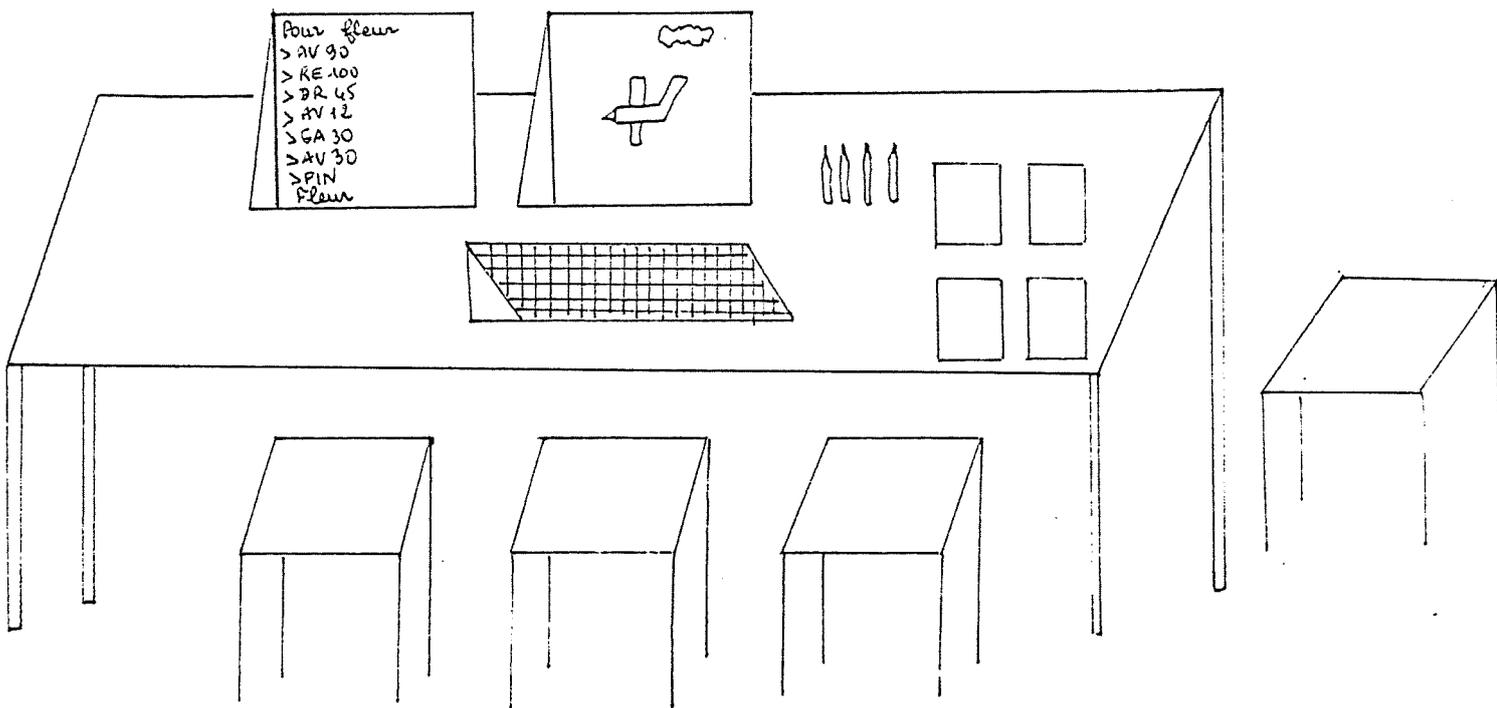
couloir

Sur une grande table sont disposés le lecteur de disquettes, les deux écrans alphanumérique et graphique, et le clavier; sous cette même table, l'unité centrale et le processeur qui gère l'écran graphique, dont le rôle a été expliqué succinctement aux élèves.

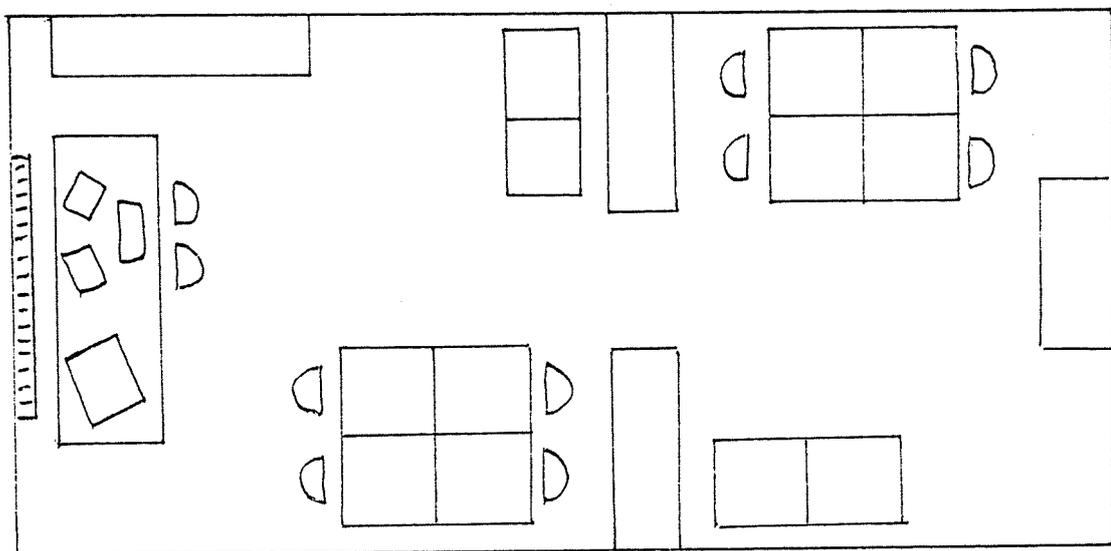


Il s'agit d'un système TT 3500 de la Société Générale Tortue Limitée de Québec, utilisant deux micro-processeurs: un L.S.I. 11 et un TT 2500. Ce dispositif a été le premier dispositif portable disponible sur le marché. La qualité de son écran graphique dynamique reste inégalée.

Le dispositif vu par une élève:



La salle est en outre équipée de tables individuelles et de chaises qui peuvent aisément être déplacées pour passer d'un agencement facilitant le travail individuel à une disposition favorable à une activité collective.



Un panneau récapitulant les commandes élémentaires et leurs abréviations, ainsi que l'importance de la barre d'espacement et de la touche "retour de chariot", est en permanence accessible aux élèves. Ce panneau a été complété, au cours de l'année, par deux panneaux rappelant comment rédiger

une procédure, et comment la corriger.

Les élèves ont été répartis par petits groupes de cinq, organisation qui était déjà pratiquée dans cette école avant notre arrivée.

Une commande particulière du système permet de copier sur disquette toutes les phrases qui sont envoyées à l'ordinateur par l'intermédiaire du clavier: seules les fautes de frappe immédiatement détectées par les élèves et corrigées échappent à cet enregistrement.

Les discussions des élèves, lors de leurs réflexions collectives, ou quand ils travaillent sur l'ordinateur, ont été enregistrées sur bandes magnétiques. Faute de moyens suffisants pour en assurer le dépouillement et la transcription, nous avons renoncé à cette source d'information. L'essentiel de ce rapport est donc basé sur les notes prises par les observateurs pendant les séances, les fichiers enregistrés sur disquettes, et les cahiers tenus par les élèves.

#### La classe de C.M.<sub>2</sub><sup>A</sup>

L'école où a eu lieu cette expérimentation est une école publique "ordinaire", en ce sens qu'il ne s'agit ni d'une école pilote, ni d'une école annexe d'Ecole Normale, ... Elle est située dans un quartier sud de Paris, en cours de rénovation. La bâtisse est relativement ancienne et ne comporte aucun aménagement particulier. La classe comporte vingt élèves —dix filles, dix garçons— d'un niveau scolaire moyen: un élève a trois ans de retard, deux ont un an de retard, seize sont de l'âge normal, et un a un an d'avance. Le niveau socio-professionnel des parents est très dispersé, mais plutôt décalé vers le haut de l'échelle (plusieurs universitaires et professions libérales). Trois élèves sont nés hors de France métropolitaine (Martinique, Espagne, Laos).

Les élèves ont accès à l'ordinateur chaque semaine, le mardi après-midi. Ils sont répartis en quatre groupes de cinq; la répartition a été faite en début d'année par la maîtresse, essentiellement en fonction des affinités; les groupes sont dans l'ensemble restés stables pour toute la durée de l'expérimentation. Comme la récréation coupe l'après-midi en deux plages inégales, nous avons été amenées à alterner l'ordre de passage des équipes, les deux groupes avant la pause pouvant bénéficier de trois-quarts d'heure chacun, alors que ceux de la fin de journée ne disposent que d'une

demi-heure chacun (\*). Cette organisation a le grand avantage d'être assez facile à gérer pour la maîtresse, qui organise son après-midi en conséquence avec les autres équipes, mais continue à mener tous les élèves au même rythme. Ce temps de travail avec les élèves, certes un peu court, présente l'intérêt de ne pas dépasser le temps de concentration moyen dont sont capables les enfants de cet âge: si les deux groupes du début de l'après-midi trouvent le temps court, ceux qui viennent après la récréation arrivent à saturation au bout de la demi-heure.

Les élèves ont été munis d'un "cahier de tortue", grand format à petits carreaux, réservé à cette activité, sur lequel ils doivent consigner tout ce qu'ils font à ce sujet. Il s'agit essentiellement, au début, de leurs dessins et des listes d'ordres qui les accompagnent. Petit à petit, il s'enrichit de commentaires, du compte-rendu des séances, d'indications sur les nouvelles techniques découvertes: ces rédactions sont parfois individuelles, plus souvent, il s'agit d'un résumé collectif esquissé par le groupe en fin de séance et mis au point pendant la semaine.

On trouvera tout au cours de ce rapport plusieurs photocopies de pages de ces cahiers. Nous nous sommes efforcées d'intervenir le moins possible dans la tenue de ce cahier (l'orthographe des compte-rendus en témoigne), où chaque élève note les indications qui lui paraissent nécessaires pour la suite de son travail.

Nous avons nous aussi un cahier, sur lequel nous notons tous les faits qui nous paraissent marquants lors des séances, ainsi qu'au moment du bilan à la fin de chaque après-midi. Comme nous l'avons mentionné, la plupart des séances ont été enregistrées sur bandes magnétiques. Les élèves n'ont pas paru du tout étonnés ni gênés par tout ce dispositif d'enregistrement, comme ils n'ont guère accordé d'attention aux nombreux visiteurs qui sont venus voir les réalisations et le travail des groupes. Peut-être est-ce que, nés dans une civilisation de l'audio-visuel qui leur montre chaque jour les reportages les plus divers, ils n'éprouvent ni surprise, ni originalité, à servir à leur tour de centre d'intérêt. Cette remarque va dans le même sens que toutes les observations de classes filmées: passé le premier moment de curiosité, les élèves "vivent avec" cette situation qui nous paraît inattendue, comme si pour eux elle était parfaitement naturelle.

---

(\*) Au début, le roulement s'effectue par renversement de l'ordre de passage. A partir du 30 Janvier, nous adoptons, à la demande des élèves, un roulement par permutation circulaire.



Deuxième partie

Chronique.



Déroulement de l'expérimentation.

La première séance est réservée à l'initiation aux commandes élémentaires: AVANCE, RECULE, DROITE, GAUCHE. Le rôle de la "barre d'espacement", qui délimite la fin d'un mot, et de la touche de "retour de chariot", qui indique la fin de message, est expliqué. Les élèves passent tour à tour au clavier pour exécuter ces commandes. La nécessité d'un *input* (d'une donnée, d'une précision, d'une *information supplémentaire* —comme ils ont eux-mêmes interprété ce mot—) pour ces ordres, est découverte. On rencontre les premiers messages en réponse de l'ordinateur quand la tortue n'a pas d'indications suffisantes pour exécuter ce qui lui est demandé:

... A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S)

et aussi

... N'EXISTE PAS

quand on utilise un mot qui ne fait pas partie du vocabulaire connu par la machine. La réponse ... N'EXISTE PAS surprend parfois les élèves, et les oblige à prendre conscience de l'importance de l'espace séparateur: ainsi, AV77Ø comme DR9Ø sont rejetés, ainsi que 7DR dans AV 7DR 2Ø. A contrario, A V 11Ø et DR 1 5Ø laissent également la tortue perplexe ! (A N'EXISTE PAS ou QUE DOIS-JE FAIRE AVEC 5Ø ?)

Les corrections immédiatement détectées (c'est-à-dire avant le "retour de chariot") sont effectuées grâce à la touche "RUB OUT".

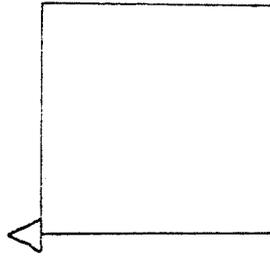
Chaque élève conçoit un dessin simple, et prépare les ordres qui lui permettront de le faire dessiner par la tortue. Lorsque l'exécution obtenue ne correspondant pas à ce que l'élève souhaitait, et que celui-ci trouve d'emblée un nouvel ordre qui lui paraît plus convenable, la rectification est faite en utilisant la commande ENLEVE 1.

Les valeurs adéquates à inscrire après les ordres AVANCE, RECULE, DROITE et GAUCHE pour obtenir l'exécution souhaitée, sont l'objet de tâtonnements. Certains groupes découvrent rapidement que 9Ø réalise un pivotement d'un quart de tour, et s'orientent alors spontanément vers le dessin d'un carré:

```

VE
AV 60
DR 90
AV 60
DR 90
AV 60
DR 90
AV 60

```

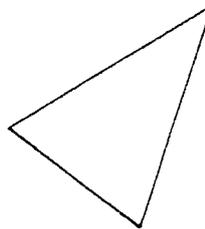


Pour réussir un triangle, il est prudent de commencer au centre de l'écran, et d'utiliser la commande qui ramène la tortue à sa position de départ :

```

VE
DR 30
AV 60
DR 140
AV 60
ORI
CACHE

```



CACHE a pour effet de faire disparaître la "tête" de la tortue (le petit triangle), et permet d'avoir un dessin bien net. POINTE fait réparaître le triangle, qui facilite la visualisation de la position de la tortue, et surtout de la direction vers laquelle elle regarde.

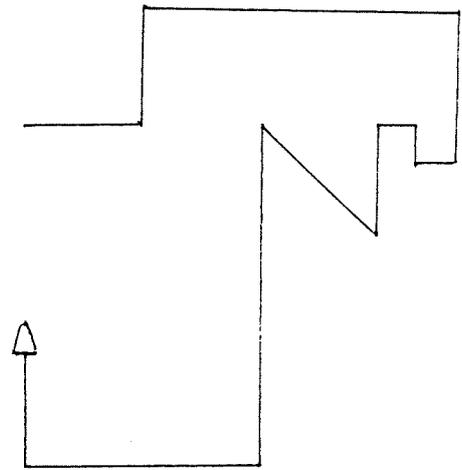
Les deux séances suivantes sont consacrées à la vérification au clavier des ordres proposés pour des dessins un peu plus compliqués. Ces dessins sont préparés par les élèves durant la semaine. Au début, nous avons eu des participations évidentes des parents, ce que les élèves ont reconnu sans difficulté: nous avons seulement demandé qu'ils n'oublient pas de signaler dans leur cahier chaque fois qu'une personne extérieure leur donne des indications. Cette intervention semble avoir très rapidement disparu.

```

VE
DR 90
AV 30
GA 90
AV 30
DR 90
AV 80
DR 90
AV 40

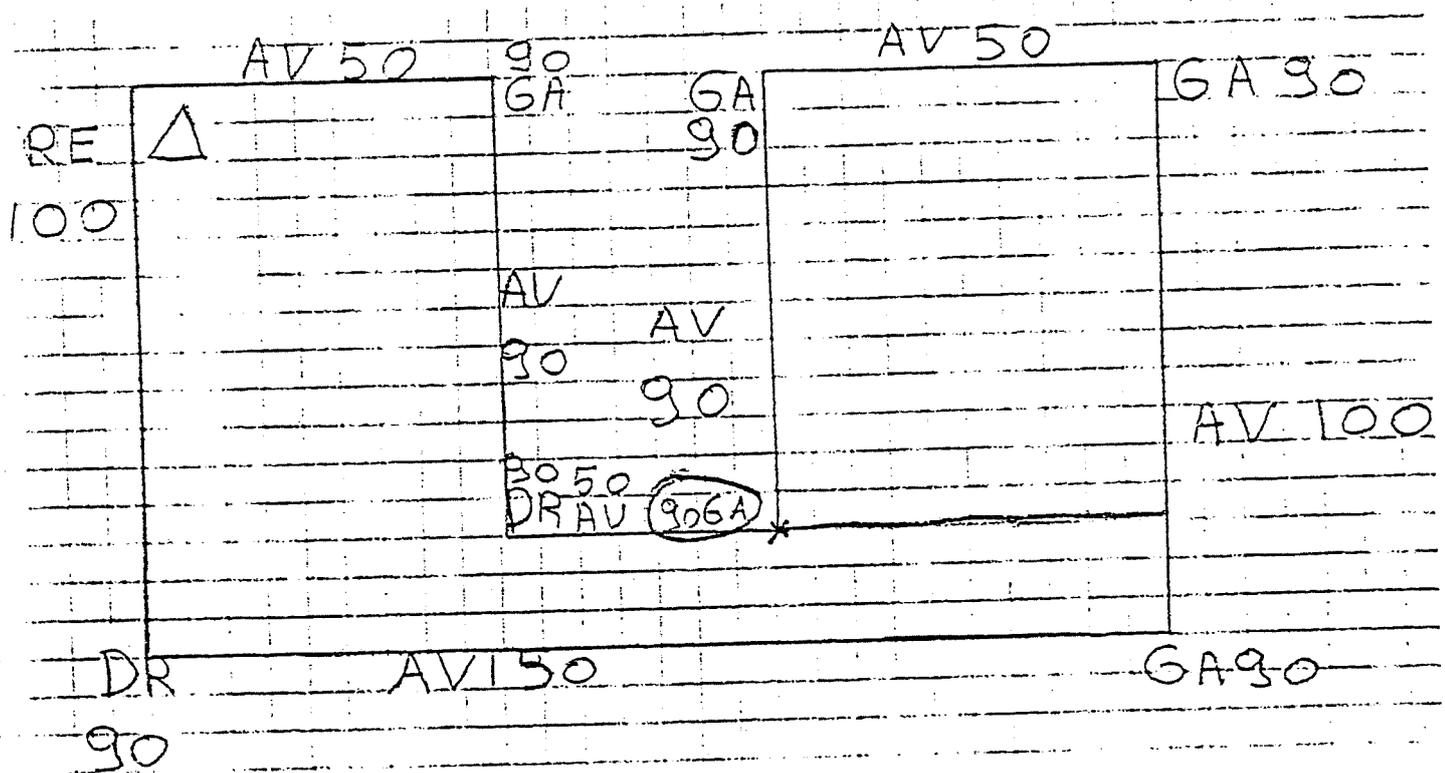
```

- DR 90
- AV 10
- DR 90
- AV 10
- GA 90
- AV 10
- GA 90
- AV 30
- DR 135
- AV 42
- GA 135
- AV 30
- DR 90
- AV 60
- DR 90
- AV 30



Peu d'élèves utilisent l'ordre RECULE.

Quelques-uns continuent d'écrire leurs ordres autour de leur dessin. Cette pratique, que nous n'avons pas cherché à combattre, disparaît au cours des séances. Marginalité qui se perd par assimilation progressive à la pratique dominante ? Ou prise de conscience du manque de fiabilité de cette notation ?



Les autres écrivent leurs ordres soit sur une seule ligne, soit en colonne. Au clavier, ils continuent cependant à entrer les ordres un par un: il y a donc, sur l'écran alphanumérique, affiche en colonne. Dès la première séance, un élève écrit des instructions en faisant des paquets de colonnes, réalisant ainsi avec chaque paquet un morceau de dessin. En comparant avec les autres pratiques de son groupe, nous l'amenons à essayer de frapper chaque paquet sur une seule ligne, ce que la tortue interprète fort bien:

```

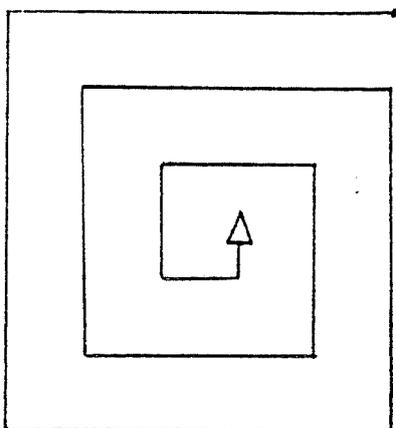
VE
DR 90 AV 30 GA 90 AV 25
DR 90 AV 25 DR 90 AV 25
GA 90 AV 25 DR 90 AV 30
DR 90 AV 80 DR 90 AV 30

```

Au fil des séances, cette présentation, transformée pour se conformer à ce qui apparaît sur l'écran —c'est-à-dire des lignes comportant plusieurs instructions, au lieu de paquets de colonnes— est adoptée par les autres membres de son groupe, puis par les élèves des autres groupes.

La distinction entre lettres et chiffres (en particulier pour l et I, Ø et 0), sur laquelle nous avons insisté dès la première séance, passe bien, et l'utilisation de la barre d'espacement, ainsi que de la touche "retour de chariot", progresse.

La principale difficulté reste à ce moment l'évaluation de l'ordre de grandeur pour l'amplitude de la rotation. Les groupes qui maîtrisent le mieux cette notion difficile sont ceux qui, spontanément, ont commencé par manipuler essentiellement des quarts de tour:



```

VE          (*)
GA 90
AV 100
GA 90
AV 110
GA 90
AV 100
GA 90
AV 90
GA 90
AV 80
GA 90
AV 70
GA 90
AV 60
...
```

(\*) Pour reproduire le centrage des dessins sur l'écran, nous serons amenées à inscrire les listes d'instructions tantôt à gauche, tantôt à droite de la figure, voire au-dessus ou au-dessous.

Autre difficulté, les limites de l'écran (400 x 400, soit 200 à partir du centre) sont atteintes en peu d'ordres, et produisent le message: HORS LIMITE, pour peu que les valeurs choisies pour les déplacements soient un peu grandes.

Certains élèves ont des problèmes de latéralisation: l'essai de recours à une tortue de plâtre, portant sur les pattes de devant les indications DR et GA, n'apporte pas une aide très nette, l'animal en plâtre étant trop large et masquant complètement le dessin. Les élèves se débrouillent mieux en utilisant un crayon placé sur le trait du dessin (ou en ayant recours à un double-décimètre en matière plastique transparente), en déplaçant au besoin la feuille de dessin de manière que le trait soit droit devant eux.

On a déjà des activités mathématiques spontanées, souvent non verbalisables, importantes:

- utilisation du quadrillage comme échelle: un carreau représente, suivant les circonstances, 5 pas de tortue, ou 10, ou 20. Certains adoptent une définition plus compliquée: 5 carreaux représentent 100 pas, d'où le calcul pour trois carreaux, et des manipulations sur la proportionnalité, qui utilisent l'échelle comme fonction linéaire avec toutes ses propriétés. Les techniques de calcul ne sont pas les mêmes entre les groupes, ni à l'intérieur de chaque groupe: ainsi, dans le cas précédent, pour 50 pas certains annoncent immédiatement 2 carreaux et demi (utilisation probable du fait que 50 est la moitié de 100), alors que d'autres ont besoin de passer par l'étape: 10 pas correspondent à un demi-carreau.
- composition des translations, et celle des rotations, avec pour ces dernières un début de calcul sur des nombres relatifs, en composant des rotations à droite et à gauche. Ainsi, une élève corrige un DR 90 qui ne lui convient pas, par GA 90 GA 90 (sans "retour de chariot" entre ces deux commandes); une autre remarque, alors qu'un camarade vient de rentrer GA 10 GA 30: *il aurait dû taper GA 40 !*
- dans le cas d'une figure dont les côtés suivent toujours les lignes du quadrillage, calcul permettant de savoir l'amplitude à donner à la dernière translation pour obtenir un tracé fermé.

Les élèves passent encore un par un sur la machine pour tester les listes d'ordres qu'ils ont préparées. Cependant, il est évident que déjà cette préparation s'effectue en partie de manière collective.

On aborde des dessins de taille double, ou moitié. Certains élèves se laissent prendre au piège qui consiste à opérer de la même manière sur tous les nombres, qu'ils expriment une translation ou une rotation. Mais d'autres effectuent d'emblée la distinction, et ce ne sont pas toujours les plus doués qui évitent le mieux les *bugs*. (cf. en Quatrième Partie, le cas de G., p. )

Les deux séances suivantes sont orientées petit à petit vers du travail collectif autour d'un projet commun aux membres de chaque équipe. Cela devrait:

- permettre des discussions plus importantes entre les élèves,
- diminuer le temps de passage individuel au clavier, et resserrer les observations mutuelles,
- faciliter la circulation de l'information, certains élèves ayant utilisé les autres commandes figurant sur le panneau: LEVEPLUME , DESCENDPLUME , ORIGINE , alors que d'autres se sont limités exclusivement à AVANCE , RECOULE , DROITE , et GAUCHE.

Les élèves commencent à se sentir plus sûrs d'eux-mêmes, et "rectifient le tir" au fur et à mesure de la réalisation du dessin. Les commentaires fusent: DR 8Ø GA 9Ø DR 5Ø GA 8Ø provoque des réactions véhémentes: *mais elle ne peut pas bouger si tu ne mets jamais AVANCE !*

Au début, la consigne de "dessin collectif" n'est pas très bien comprise: les interprétations sont variées, depuis le groupe où un élève prépare un dessin chez lui et affirme, péremptoire: *les autres sont d'accord !* (ce qui amène quelques protestations), jusqu'à celui où seul le thème du dessin est collectif: une maison, mais elle n'a ni la même forme, ni les mêmes éléments —porte, fenêtres ...—; parfois, le dessin est bien le même pour tout le monde, mais la description ne s'organise pas de la même manière: différents points de départ, sens de parcours... Certains par contre ont un travail d'équipe déjà très structuré.

Nous sommes alors obligées de faire preuve de trop de directivité à notre goût, et d'imposer quelques consignes strictes: pour avoir accès au clavier (ce que tous les enfants recherchent), il faut:

- a) que le dessin soit le même pour tous les élèves du groupe
- b) que la description parte du même endroit et se déroule de la même manière pour tous les membres de l'équipe
- c) que la préparation soit proprement écrite sur le cahier.

De plus, dans la plupart des équipes, nous devons intervenir pour répartir équitablement entre les différents élèves le temps de frappe au clavier.

(Dans une équipe, toutefois, nous n'avons pas voulu intervenir, tant la répartition des tâches est au point: il y a un dactylographe, qui s'est entraîné —comme il nous l'a répété plusieurs fois, très fier de lui !— et qui tape avec deux doigts de chaque main, au contraire de tous ses camarades qui utilisent presque exclusivement l'index droit; une dicteuse attitrée; les trois autres se partagent la surveillance: vérifier ce qui est dicté par rapport à ce qui a été prévu et figure sur le cahier, vérifier ce que le dactylographe tape et parfois lui montrer où est la touche qu'il ne trouve pas, et vérifier ce qui s'inscrit sur l'écran en particulier pour déceler avant la fin de ligne les éventuelles fautes de frappe.)

On commence à aborder la notion de procédure: on apprend à la tortue un mot nouveau, pour accroître son vocabulaire, en lui indiquant, dans l'ordre, ce qu'elle doit effectuer; il suffira ensuite de frapper ce mot pour qu'elle exécute le dessin. Dès que l'idée de procédure est expliquée, les enfants l'adaptent spontanément à la sous-procédure:

ainsi

POUR MAISON

1 TOIT

2 CAARRE

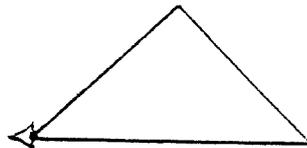
FIN

avec

POUR TOIT

1 DR 45 AV 26 DR 90 AV 26 DR 135 AV 35

FIN

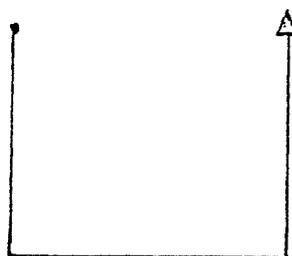


et

POUR CAARRE

1 GA 90 AV 30 GA 90 AV 35 GA 90 AV 30

FIN



La réalisation des maisons, une différente pour chaque groupe, occupera quatre à neuf séances selon les équipes. Lorsque le projet est considéré comme satisfaisant, un nouveau projet est demandé au groupe: bien que nous n'ayons pas fait de suggestion, tous les premiers projets ont été centrés sur le thème de la maison, et trois des deuxièmes projets se sont orientés vers des tracés de courbes.

Quelques notions d'informatique sont abordées, au fur et à mesure que les occasions se présentent. Par principe, nous expliquons aux élèves toutes les manipulations que nous effectuons. Ainsi, leur est montré le rôle du lecteur de disquette, pour le chargement du langage, et la possibilité de stocker sur la disquette les procédures qu'ils ont créées: les mots nouveaux enseignés à la tortue sont rangés, et pourront être utilisés directement pendant les séances suivantes, sans qu'il soit nécessaire de les lui enseigner à nouveau. Le fait qu'il s'agit du même disque pour toute la classe provoque quelque inquiétude: *mais alors, les autres, ils vont pouvoir se servir de notre maison ?* On convient donc que chaque équipe aura un fichier propre, qui évolue avec le groupe. Pour mieux matérialiser cette idée, nous constituons des classeurs, de la couleur réservée à chaque équipe (c'est la couleur commune de la couverture de leur "cahier de tortue", et nous avons ainsi un groupe jaune, un vert, un bleu, et un rouge). Dans chaque classeur, deux sortes de fiches: des fiches blanches, sur lesquelles on indique l'utilisation des *primitifs LOGO* —c'est-à-dire les mots que la machine connaît déjà, son "vocabulaire spontané" en quelque sorte— que les élèves ont eu l'occasion d'utiliser, et des fiches de couleur, de la couleur du groupe, sur lesquelles sont reportées les procédures, les mots que ce groupe a enseignés à la machine.

Au cours des séances du mois de décembre, les classeurs s'enrichissent des fiches blanches relatives à la rédaction d'une procédure (POUR , FIN , numérotation des lignes), et à sa modification: EDITE , EDITE TITRE , EDITE LIGNE , EFFACE , EFFACE LIGNE , et le rôle de CONTROL N (\*)

Nature des projets et durée.

On trouvera en Annexe I un tableau chronologique des travaux des différentes équipes, avec, le cas échéant, indication des projets des éventuels sous-groupes, certains groupes ayant commencé à se scinder à partir du mois de

---

(\*) Le lecteur intéressé par le fonctionnement de ces primitifs en trouvera une description dans le *Manuel modulaire "Bienvenue à LOGO" (Institut de Programmation)*, qui a été rédigé pour des élèves de C.M.2 à l'occasion d'une expérimentation conduite pendant l'année 1979-1980. Des exemples d'utilisation des primitifs sont illustrés dans *LOGO AN I (I.R.E.M. Paris-Nord)*

mars.

Pour la commodité, nous regroupons ici les principaux projets par types. Précisons au préalable quelques termes:

- *projet*: nous adoptons la terminologie retenue par Marcel LABELLE et MICHEL ARCOUET, dans leur *Guide général sur l'utilisation de l'ordinateur comme instrument pédagogique au secondaire*: *Le projet est un problème, souvent très vaste, que l'élève se donne lui-même.* Le choix du projet est de la compétence de chaque groupe, qui est également responsable de la réalisation, ainsi que de la décision de considérer un projet comme terminé.

- *projet graphique*: l'objectif que se fixent les élèves est de faire réaliser un dessin, en général figuratif, par la machine.

- *projet géométrique*: l'objectif que se fixent les élèves est de découvrir des propriétés géométriques d'une figure, le tracé de cette figure par la machine n'ayant qu'une importance secondaire.

#### Projets graphiques fixes:

. maison	groupe jaune	six séances
. maison	groupe rouge	quatre séances
. maison	groupe bleu	cinq séances
. maison	groupe vert	neuf séances
. voiture	groupe jaune	deux séances
. hélicoptère	groupe jaune	quatre séances
. appareil photo	groupe jaune (partiel)	cinq séances
. bateau	groupe jaune	quatre séances
. voiture	groupe rouge	trois séances
. camion	groupe bleu (partiel)	deux séances
. robot-fille	groupe bleu (partiel)	six séances
. ordinateur	groupe bleu (partiel)	deux séances
. lettres	groupe bleu (partiel)	trois séances
. avion	groupe vert	dix séances
. locomotive	groupe vert	sept séances

#### Projets graphiques animés

. fusée	groupe jaune	trois séances
. voiture	groupe jaune	une séance
. rétrofusée	groupe bleu	quatre séances
. système solaire	groupe bleu	sept séances

#### Projets géométriques

. ronds	groupe rouge	quatre séances
---------	--------------	----------------

. ronds	groupe bleu	neuf séances
. doublev�	groupe rouge	six séances
. tapisserie	groupe rouge	quatre séances
Projets numériques		
. relatifs	groupe rouge	trois séances
. décimaux	groupe jaune	six séances
Projets non menés à terme		
. fusée en morceaux	groupe jaune	une séance
(il s'agissait de faire se détacher les morceaux de la fusée au cours du décollage)		
. voiture à rayons	groupe jaune	trois séances
(dessiner une roue à rayons, et faire tourner les roues pendant que la voiture bouge)		
. loupe	groupe rouge	une séance
. calcul sur fractions	groupe rouge	une séance
. camionnette des neiges	groupe bleu	deux séances

Deux projets ont été interrompus avant d'être menés à bien, la fin de l'année scolaire obligeant à arrêter là l'expérience. Il s'agit du projet de tapisserie du groupe rouge, et de celui du système solaire du groupe bleu.

Contrastant avec la quantité de projets qui ont été menés à terme, on remarque que peu de projets ont été abandonnés en cours de route. Ainsi, pour le groupe jaune, c'est sur une animation complexe que l'on a but , à la fois dans le projet de fusée en morceaux (en quelque sorte un film du lancement d'une fusée, avec détachement des différents étages), et dans le projet de la voiture avec roues à rayons. Il s'est en fait produit le même scénario dans les deux cas; un premier projet (fusée animée, voiture ~~ancienne~~ reprise pour une animation a posteriori) a donné naissance à une idée de complexification possible, complexification de deux ordres puisqu'il fallait d'une part modifier les procédures réalisant le dessin et d'autre part inventer une nouvelle animation, plus compliquée puisque faisant intervenir plusieurs mouvements. Or déjà la modification du dessin a nécessité de s'y reprendre à plusieurs fois (bugs mineurs pour la fusée, mais beaucoup plus "coûteux" pour la voiture). En somme, pour une amélioration minime d'une réalisation déjà portée à un niveau très satisfaisant, il fallait se donner beaucoup plus de mal que les enfants ne l'avaient vraisemblablement imaginé: alors, le jeu n'en valait plus la chandelle !

Au contraire, un projet qui n'offre pas suffisamment de difficultés est également susceptible d'être abandonné très rapidement; c'est sans doute le cas du projet de loupe du groupe rouge. Situé après une étude assez importante des "ronds" (quatre semaines), qui avait abouti à la notion de procédure avec un (angle) puis deux (angle et côté) paramètres, et permettait par suite de tracer un rond aussi fidèle que souhaité et de la taille désirée, ce projet n'offre *apparemment* pas de difficulté majeure, puisqu'il suffit de coller un manche sur un rond. Nous avons un peu regretté que les élèves l'aient "mis en attente" sans jamais y revenir, car il aurait pu produire une observation intéressante, justement sur la manière de coller le manche (*bug* du manche partant suivant la tangente ? analyse de la perpendicularité rayon-tangente ? ... )

Une explication analogue vaut pour la camionnette des neiges (c'est-à-dire sur patins, comme un ski, et non sur roues), qui vient également à la suite d'une étude approfondie des ronds. Le dessin à réaliser est approximativement du même niveau de difficulté que le premier projet (maison), et n'apporte aucun domaine nouveau à explorer. Cela nous paraît être une explication plausible à son abandon rapide (au cours de la deuxième séance par l'un des deux élèves qui y travaillaient). Le deuxième élève semble avoir à peu près mené à bien les modifications, en mode pilotage, mais en quelque sorte ne l'a pas trouvé suffisamment digne d'intérêt pour corriger la procédure.



Troisième partie

Analyses.



Nous avons choisi quelques exemples qui nous paraissent particulièrement marquants dans le travail accompli par les élèves au cours de cette année d'expérimentation.

Dans le premier chapitre, nous avons voulu montrer:

- qu'un sujet en apparence banal (dessiner une maison) peut se révéler beaucoup plus retors qu'une observation superficielle ne le laisserait croire. Ainsi est mise en évidence l'une des particularités de l'ordinateur: être un miroir fidèle du discours de l'enfant. Si l'élève dit *tourne à droite*, la machine exécute ce qui est demandé, sans admettre aucun des nombreux implicites qui fonctionnent si souvent dans les classes, et que même un travail de groupe ne réussit pas à mettre en évidence. De plus, même quand le tracé est extrêmement simple, sa description ne va pas aussi facilement de soi...

- qu'un thème donné peut être abordé de multiples façons: variantes dans le dessin (différents courants d'architecture), diversité dans la détermination du parcours (méthodes de construction), plusieurs possibilités dans le choix des étapes de réalisation (utilisation de parties préfabriquées). Il serait à notre sens tout-à-fait regrettable de ne pas jouer à fond sur la faculté de créativité des élèves, malheureusement de plus en plus réduite dans le cadre scolaire: un élève, ou un petit groupe, qui conçoit son projet depuis la décision du thème jusqu'à la réalisation finale s'y accroche naturellement beaucoup plus qu'à un objet imposé par une tierce personne.

Dans un deuxième chapitre, nous donnons des exemples de projets où l'objectif des élèves est très nettement une exploration d'un domaine nouveau: le but n'est plus de faire tracer par la machine un dessin déterminé à l'avance, mais d'aller à la découverte de propriétés d'une autre nature, c'est-à-dire de commencer de la géométrie, et des démonstrations. Nous montrons en détail, à propos du cercle, comment un même objet peut être envisagé soit dans un projet graphique, soit dans un projet géométrique, et à quel point les objectifs que se fixent les élèves dans les deux cas sont différents.

Le troisième chapitre est consacré aux projets numériques: cela nous

permet de nous évader de la géométrie de tortue, qui n'est qu'une partie des domaines que l'on peut aborder fructueusement avec LOGO. Nous esquissons en conclusion de ce passage quelques éléments de comparaison avec l'apport d'une calculette dans une même approche.

Le quatrième chapitre est consacré à l'observation de deux projets qui se heurtent au même problème théorique, mais où les stratégies adoptées diffèrent totalement: dans un cas, il y a utilisation d'une méthode d'approximations successives qui contourne et masque la difficulté; dans l'autre cas, il se produit une situation de rupture, qui nécessite l'élaboration d'un nouvel outil pour résoudre le problème.

## De l'art de construire une maison ...

Nous examinons ici les différentes étapes de chacun de nos quatre groupes, lors de la réalisation de leur premier projet, la construction d'une maison. On verra que, comme dans la réalité du monde des adultes, plusieurs écoles sont en présence, et que les techniques adoptées présentent une grande variété.

(Comme précédemment, nous avons tenté de restituer, autant que possible, le cadrage observé à l'écran.)

### Groupe vert.

La consigne de "dessin collectif" a nécessité un certain temps de rodage. Au début, chacun fait son dessin personnel, et éventuellement prépare une liste d'ordres pour le décrire. La première séance est donc entièrement consacrée à trouver un accord sur le type de maison que l'on veut construire (dans l'ensemble, c'est une maison avec un toit plat qui est le but du groupe), puis à arriver à un consensus sur le parcours que va effectuer la tortue. Bien que, dès ce moment, une fille ait l'idée de décomposer en "carré" + "toit", le groupe décide de commencer par le contour extérieur de la maison, y compris le toit. Au bout de quatre séances de tâtonnements on arrive à une procédure MAISON:

POUR MAISON

1 AV 90

2 DR 45

3 AV 90 DR 45

4 AV 90 DR 45

5 AV 90 DR 45

6 AV 90 DR 90

7 AV 215

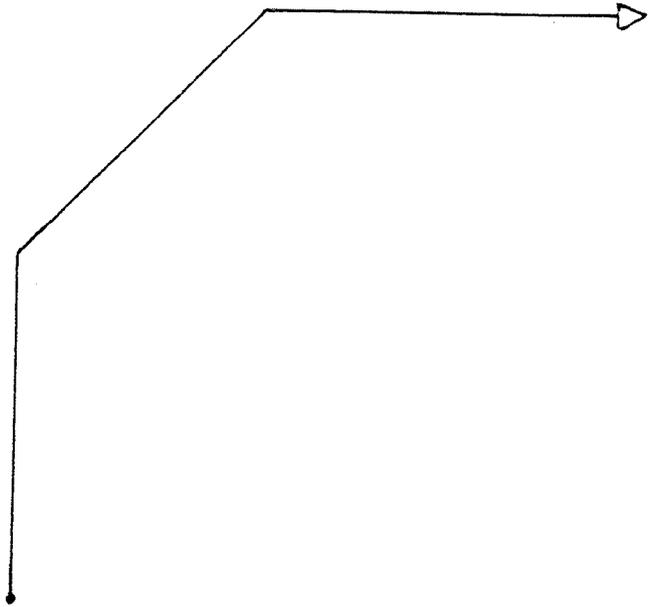
FIN

Mais à l'exécution, l'emplacement choisi pour la maison n'est pas bon:

MAISON

HORS LIMITE

AU NIVEAU 1 LIGNE 5 DE MAISON

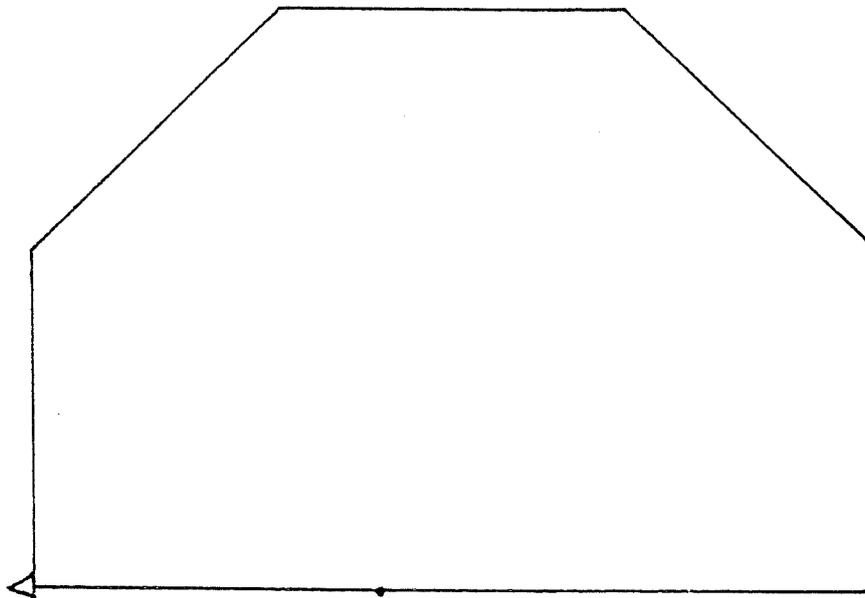


Les préfabriqués se déplacent aisément: c'est ce qui est fait en mode pilotage:

LP DR 90 RE 100 DP GA 90

MAISON

Le résultat est concluant:



Ce problème reviendra à plusieurs reprises au cours de l'édification de la maison. Les premières fois, il y a déplacement en mode pilotage,

mais aucune "mémorisation" (ni par la machine, bien sûr, ni par les élèves) de la nécessité de ce changement de point de départ. Ce n'est qu'après avoir buté à nouveau sur cette même question, et pris conscience que ce problème avait déjà été résolu dans des séances antérieures, que les élèves conçoivent une procédure pour effectuer systématiquement ce travail.

Lors de la première séance, un élève propose un autre remède pour éviter que la tortue ne se heurte aux bords de l'écran: il reprend exactement la même séquence mais change tous les ordres DROITE en GAUCHE. Contrairement à son attente, il obtient le même message HORS LIMITE, et exactement au même endroit de l'exécution.

Après la maçonnerie, on passe à la menuiserie pour la réalisation d'une porte: on la fabrique,

POUR PORTE

1 AV 35

2 DR 90

3 AV 35

4 DR 90

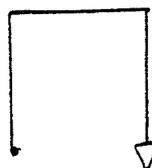
5 AV 35

FIN

puis on la vérifie:

VIDEECRAN

PORTE



A la séance suivante, les fenêtres sont prêtes: une pour mettre à droite,

POUR FENETREDR

1 LP

2 RE 45

3 DP

4 AV 22

5 GA 90

6 AV 22

7 GA 90

8 AV 22

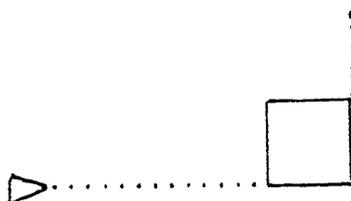
9 GA 90

10 AV 22

11 LP

12 RE 90

FIN



et une pour mettre à gauche

POUR FENETREGA

1 LP

2 AV 22

3 GA 9Ø

4 AV 22

5 GA 9Ø

6 AV 22

7 GA 9Ø

8 AV 22

9 GA 9Ø

1Ø AV 22

FIN

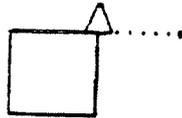
qui à la vérification se révèle être un fantôme, la plume levée ne trace rien! On répare:

ED FENETREGA

EDL 2

2 AVANCE 22 DP

FIN



Ouf ! ça va, on peut maintenant installer la menuiserie sur la maison...

VIDEECRAN

MAISON

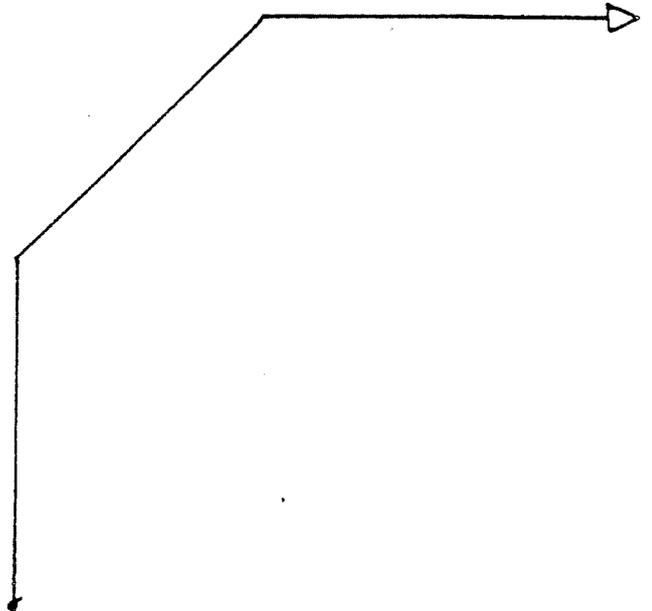
PORTE

FENETREDR

FENETREGA

HORS LIMITE

AU NIVEAU 1 LIGNE 5 DE MAISON



Encore le même problème de positionnement. Comme précédemment, on pilote la tortue pour arriver en position adéquate (on remarquera que le cheminement n'est pas le même):

VIDEECRAN

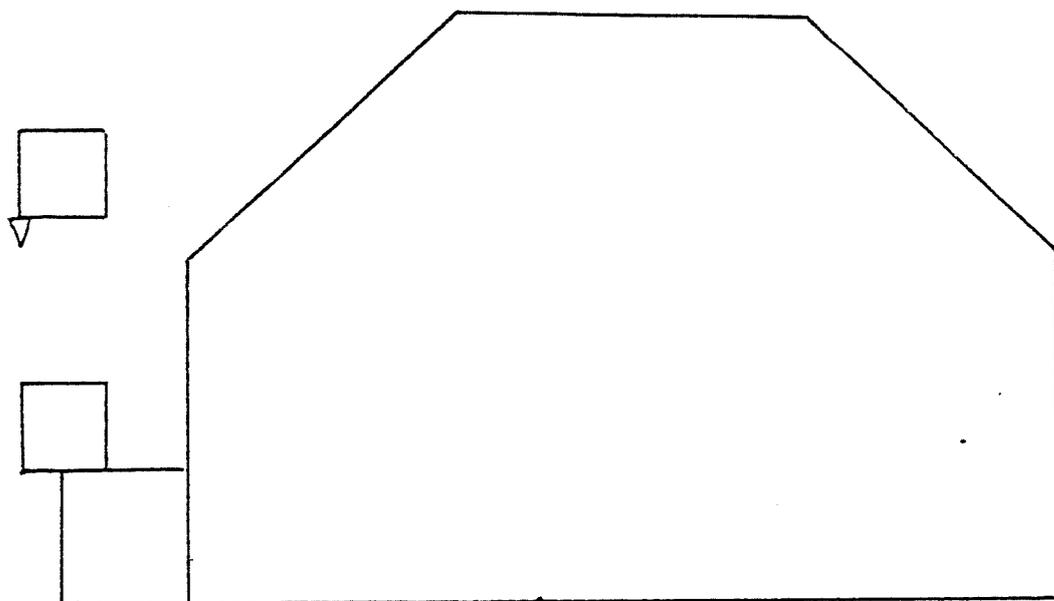
LP GA 9Ø

AV 45

DR 9Ø

DP

MAISON PORTE FENETREDR FENETREGA



Il est intéressant de souligner que les vérifications des objets préfabriqués ont été toujours effectuées "en atelier" en quelque sorte, c'est-à-dire sans les situer dans la construction générale. Ainsi, pour la porte, les élèves ont implicitement admis que la tortue se trouvait en bas à gauche du tracé à réaliser, pointée vers le haut de l'écran. Il convient de remarquer que c'est effectivement ce qui se passe quand on commence une nouvelle procédure sur un écran vide, et que les élèves se trouvent ici pour la première fois en présence d'un enchaînement de procédures. De même pour la fenêtre de droite: leur procédure FENETREDR prend en considération la nécessité de tracer la fenêtre en retrait du mur (LP RE 45 DP), mais admet que la tortue est sur le mur de droite, au niveau du bas de la fenêtre, et regardant vers la droite de l'écran. Cependant, il ont le souci de préparer, dans cette procédure, le positionnement adéquat pour la deuxième fenêtre.

A la sixième séance, on poursuit les modifications; les élèves se heurtent à plusieurs reprises à l'exigence de la machine sur l'épellation: ainsi, leur première tentative de modification

```
EDITE FENETRE EDL 1
```

se voit opposer une objection majeure:

```
LA PROCEDURE FENETRE N'EST PAS ICI
```

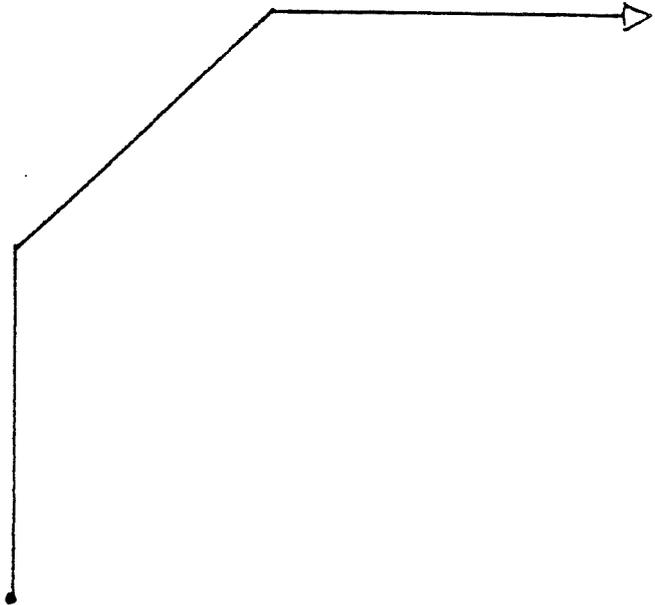
En effet, FENETRE et FENETREDR sont deux mots différents, et la machine n'interprète pas les consignes !

Après une nouvelle modification des fenêtres, on revient à l'ensemble.

```
VIDEECRAN MAISON
```

```
HORS LIMITE
```

```
AU NIVEAU 1 LIGNE 5 DE MAISON
```



A nouveau le *bug* du centrage: cette fois-ci, on va construire une procédure, à laquelle on donne le nom de l'auteur de l'idée:

```
POUR CARINE
```

```
1 LP RE 1ØØ
```

```
2 DR 9Ø DP
```

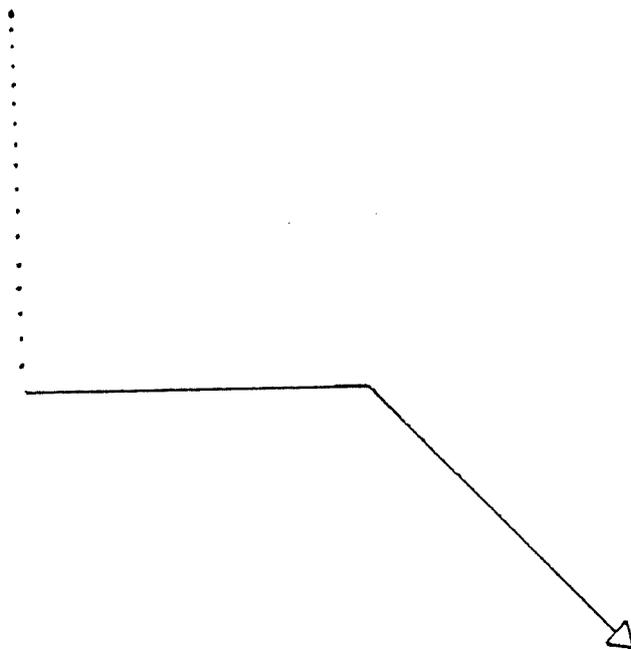
```
FIN
```

mais on a une exécution encore plus partielle:

```
MAISON
```

```
HORS LIMITE
```

```
AU NIVEAU 1 LIGNE 4 DE MAISON
```



Alors, plutôt que de corriger la procédure CARINE, on en commence une nouvelle:

POUR DEPLACE

1 LP

2 RE 3Ø GA 44 AV 1ØØ

3 DP

FIN

qui n'améliore pas  
sensiblement les  
résultats !

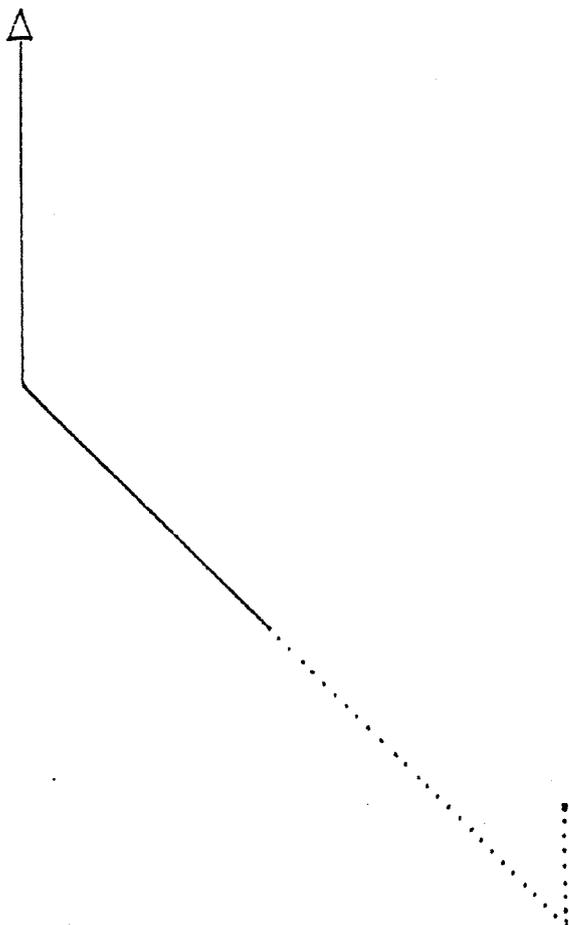
VIDEECRAN

DEPLACE MAISON

HORS LIMITE

AU NIVEAU 1 LIGNE 4

DE MAISON



Encore une modification, cette fois sur la procédure DEPLACE:

EDITE DEPLACE

1 GA 90

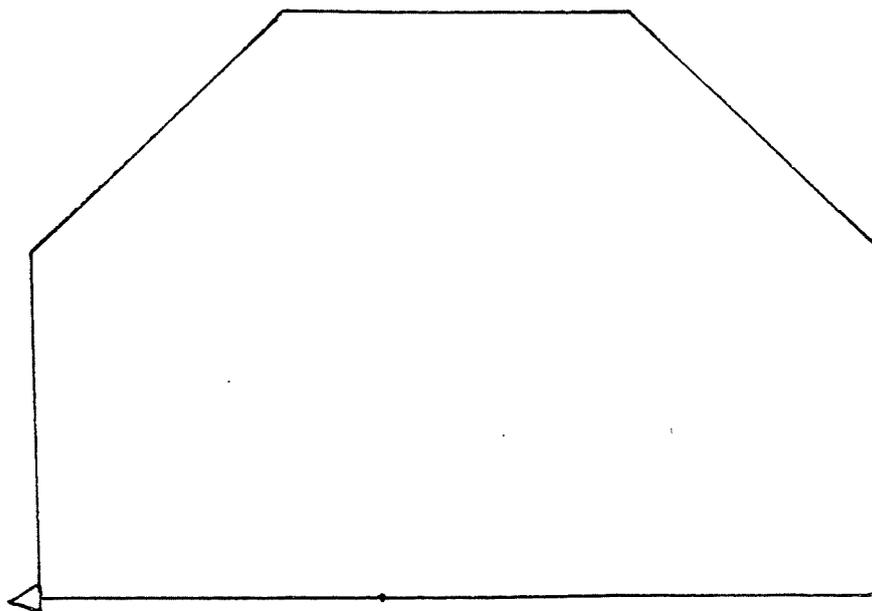
2 LP AV 90

3 DP DR 90

FIN

VIDEECRAN

DEPLACE MAISON



A la séance suivante, on reprend encore les fenêtres, pour les rapetisser

POUR FENETREGA

1 LP DR 180

2 AV 45

3 DP

4 AV 11

5 DR 90

6 AV 11

7 DR 90

8 AV 11

9 DR 90

10 AV 11

FIN



POUR FENETREDR

1 LP DR 180 AV 30

2 DP GA 90

3 AV 11

4 GA 90

5 AV 11

6 GA 90

7 AV 11

FIN

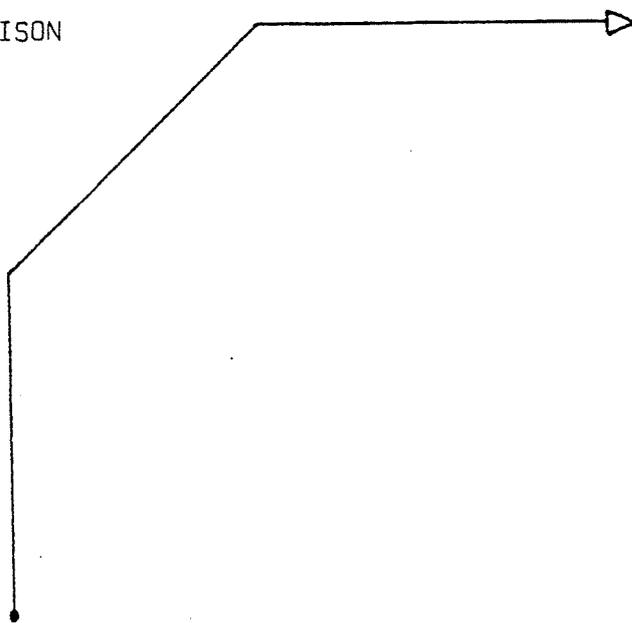


puis on essaie encore tout à partir du début...

VIDEECRAN MAISON

HORS LIMITE

AU NIVEAU 1 LIGNE 5 DE MAISON



Encore !

et bien que la procédure DEPLACE ait prouvé son efficacité précédemment, on écrit une nouvelle procédure (abondance de biens ne nuit pas ?)

POUR MARCHE

1 VIDEECRAN

2 LP

3 GA 90

4 AV 45

5 DR 90

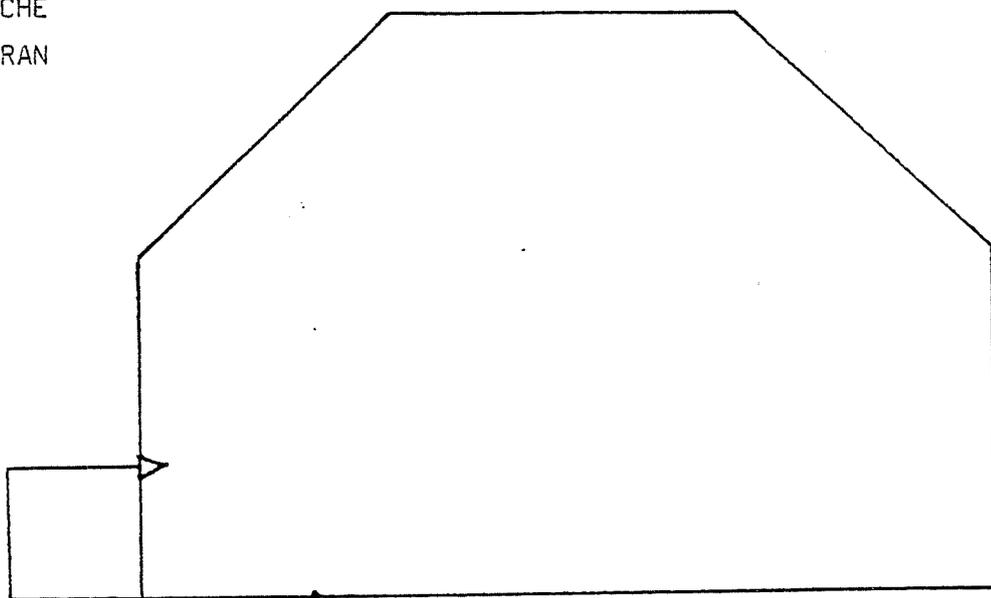
6 DP

FIN

MARCHE

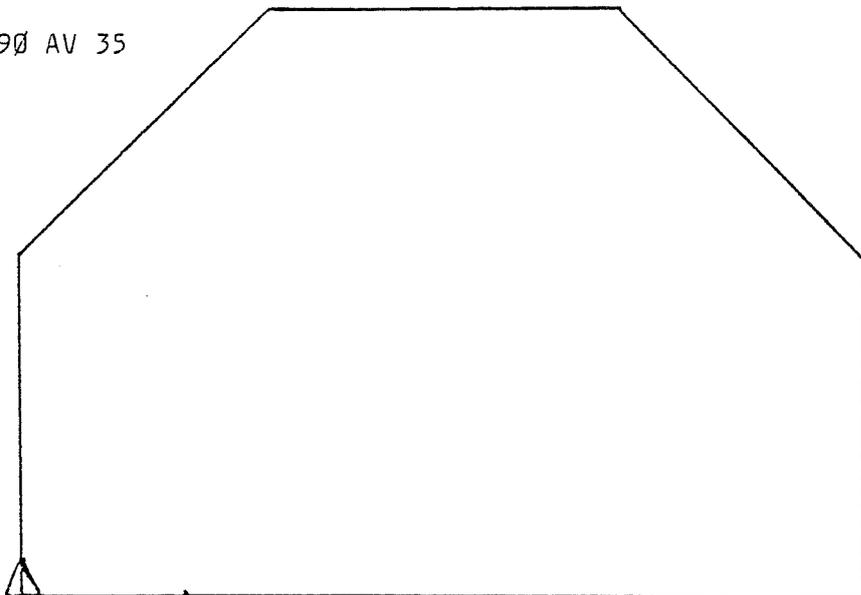
MAISON

PORTE



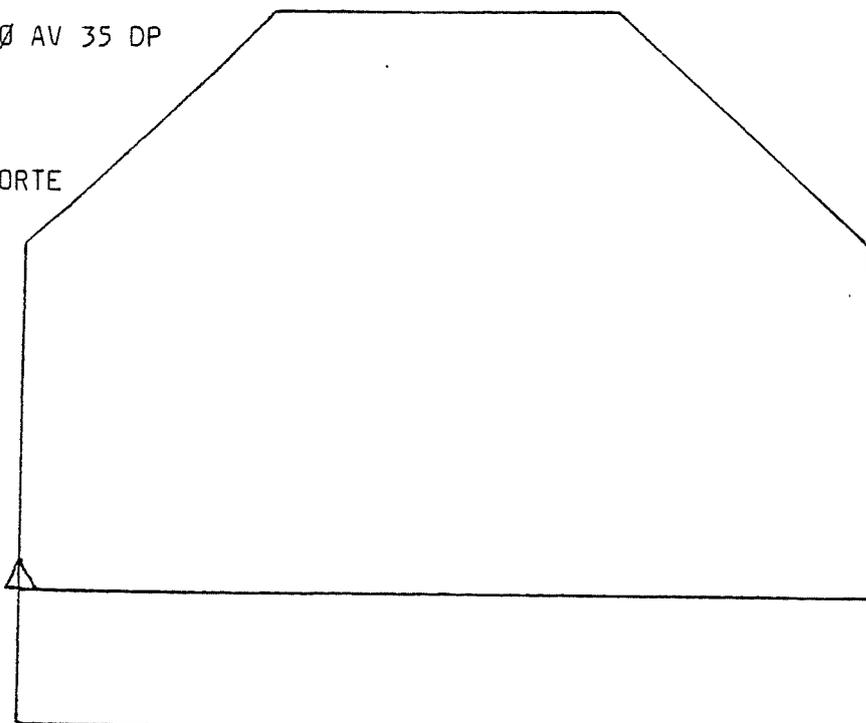
L'emplacement de la maison est bon, on progresse; il faut maintenant insérer au début de la première ligne de la procédure PORTE une suite d'ordres réalisant un positionnement adéquat:

```
EDITE PORTE
1 LP RE 35 GA 90 AV 35
2 DR 90
3 AV 35
4 DR 90
5 AV 35
FIN
```



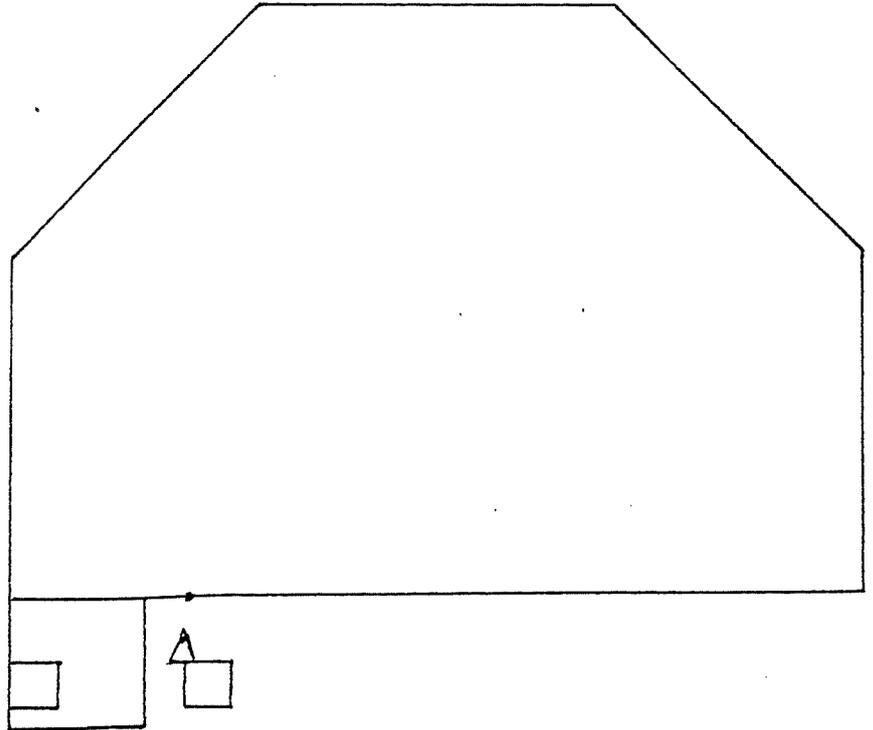
encore un coup du fantôme !

```
EDITE PORTE
EDL 1
1 LP RE 35 GA 90 AV 35 DP
FIN
VIDEECRAN
MARCHE MAISON PORTE
```

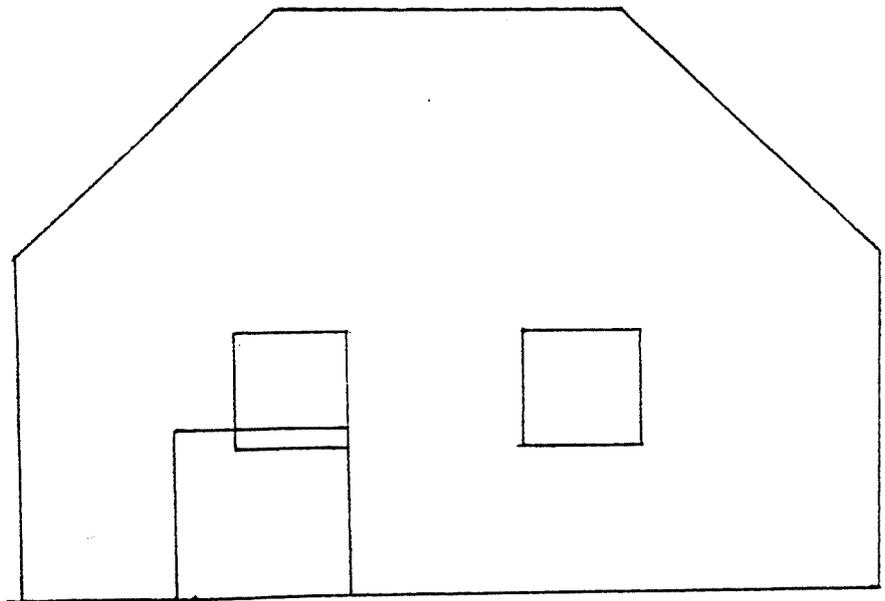


On progresse toujours, globalement, même si certains détails semblent marquer une régression: ainsi, ici on a perdu un côté de la porte. Il suffit seulement de déplacer l'ordre DESCENDPLUME juste après l'ordre GAUCHE 90, et la porte a de nouveau trois côtés.

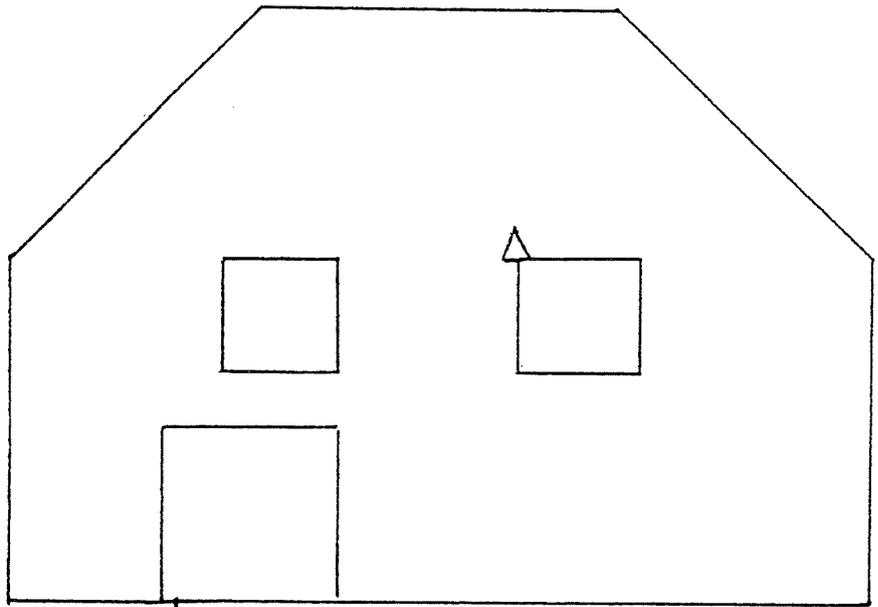
A la fin du trimestre, voici l'état de la maison verte:



A la rentrée de janvier, la mise au point est réalisée en une seule séance: redressement de la porte, et fenêtres plus larges



puis positionnement définitif des fenêtres



### Groupe jaune

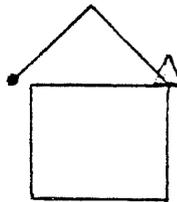
Le groupe jaune fait preuve très tôt d'un sens remarquable du travail d'équipe. Dès la première séance de travail sur ce projet, on met au point une procédure structurée:

POUR MAISON

1 TOIT

2 CAARRE

FIN



avec

POUR TOIT

1 DR 45 AV 26 DR 90 AV 26 DR 135 AV 35

FIN

et

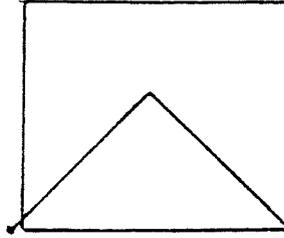
POUR CAARRE

1 GA 90 AV 30 GA 90 AV 35 GA 90 AV 30

FIN

Avec une maison aussi petite, il sera bien difficile d'installer les fenêtres et une porte; on commence par doubler la taille: cela est réalisé à la séance suivante; les élèves ont retenu les nombres qui doivent exprimer les nouvelles longueurs des côtés, et ils ont réécrit les procédures:

POUR CABANE  
 1 GRANDTOIT  
 2 GCAARRE  
 FIN



En reprenant leurs procédures pour éliminer le *bug*, ils constatent que l'on peut très simplement écrire les nouvelles procédures à partir des anciennes, en doublant uniquement les valeurs de AVANCE et RECULE. La taille étant encore jugée trop faible, on double à nouveau toutes les dimensions.

POUR BARRAQUE  
 1 DOUBLETOIT  
 2 DOUCAARRE  
 FIN

avec

POUR DOUBLETOIT  
 1 DR 45 AV 104 DR 90 AV 104 DR 135  
 FIN

et

POUR DOUCAARRE  
 1 GA 90 AV 120 GA 90 AV 140 GA 90 AV 120  
 FIN

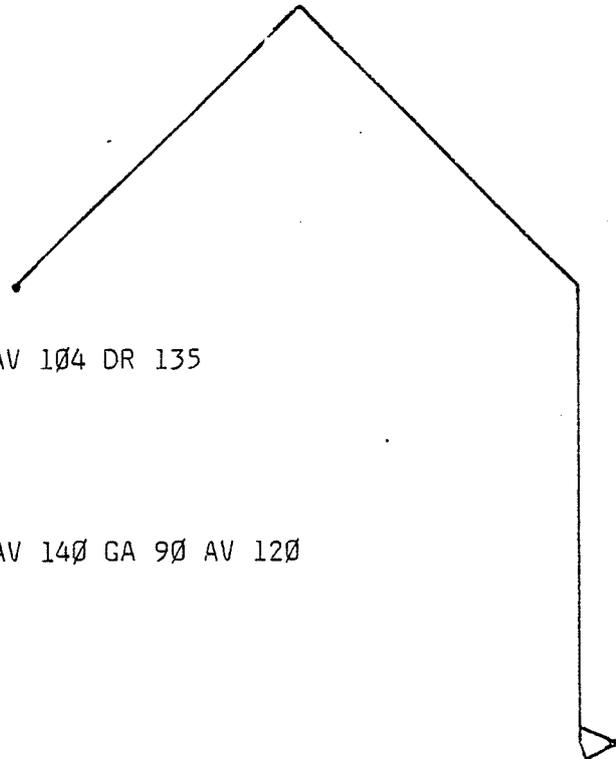
mais à l'exécution

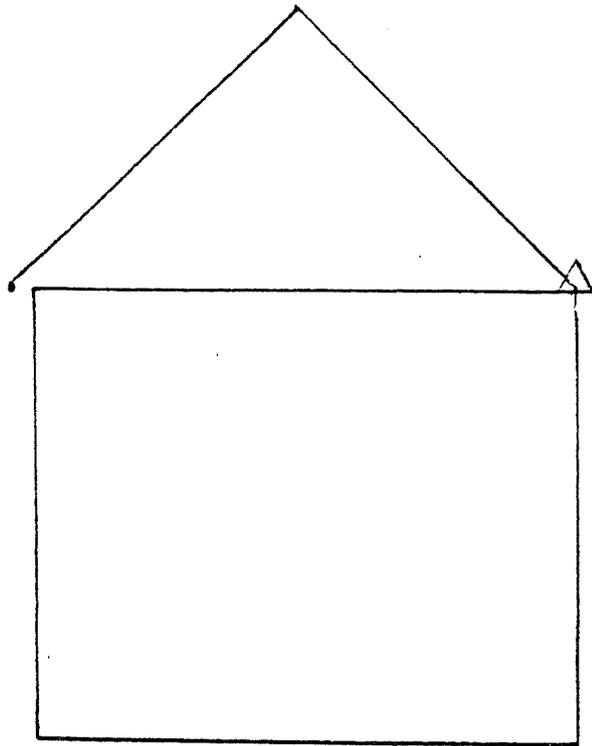
BARRAQUE  
 HORS LIMITE  
 AU NIVEAU 2 LIGNE 1 DE DOUCAARRE

d'où une modification du DOUBLETOIT qui avait perdu son plafond:

EDITE DOUBLETOIT  
 EDL 1  
 1 DR 45 AV 104 DR 90 AV 104 DR 135 AV 140  
 FIN

La BARRAQUE est maintenant au point:





Au début de décembre, la porte et les fenêtres se mettent en place, toujours comme sous-procédures successives de la même procédure:

POUR BARRAQUE

1 DOUBLETOIT

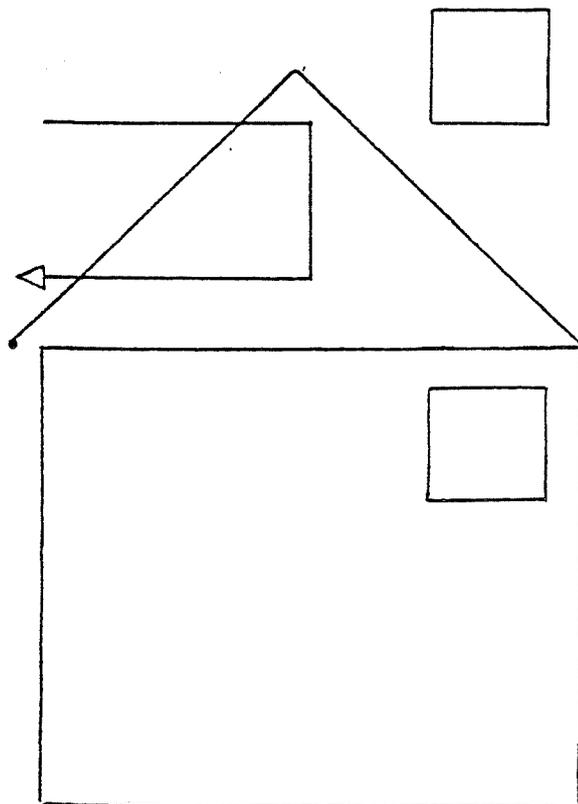
2 DOUCAARRE

3 UNFENETRE

4 2FENETRE

5 PORTE

FIN



avec

POUR UNFENETRE

1 RE 1Ø GA 9Ø LP AV 1Ø DP GA 9Ø AV 3Ø DR 9Ø AV 3Ø DR 9Ø AV 3Ø DR 9Ø  
AV 3Ø

FIN

POUR 2FENETRE

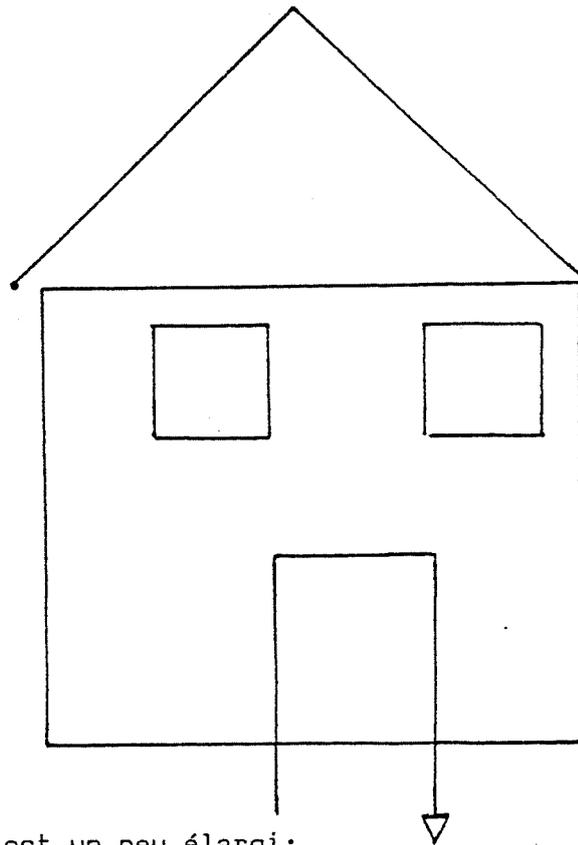
1 GA 9Ø LP AV 7Ø DP AV 3Ø GA 9Ø AV 3Ø GA 9Ø AV 3Ø GA 9Ø AV 3Ø  
FIN

et

POUR PORTE

1 LP RE 13Ø DP AV 7Ø DR 9Ø AV 4Ø DR 9Ø AV 7Ø  
FIN

On commence par redresser la deuxième fenêtre en changeant GA 9Ø en  
GA 18Ø:



puis le corps de la maison est un peu élargi:

EDITE DOUCAARRE

EDL 1

1 GA 9Ø AV 12Ø GA 9Ø AV 145 GA 9Ø AV 12Ø

FIN

le plafond également:

```

EDITE DOUBLETOIT
EDL 1
1 DR 45 AV 1Ø4 DR 9Ø AV 1Ø4 DR 135 AV 145
FIN

```

La position de la porte est remaniée:

```

EDITE PORTE
EDL 1
1 LP RE 1ØØ DP AV 7Ø DR 9Ø AV 4Ø DR 9Ø AV 7Ø
FIN

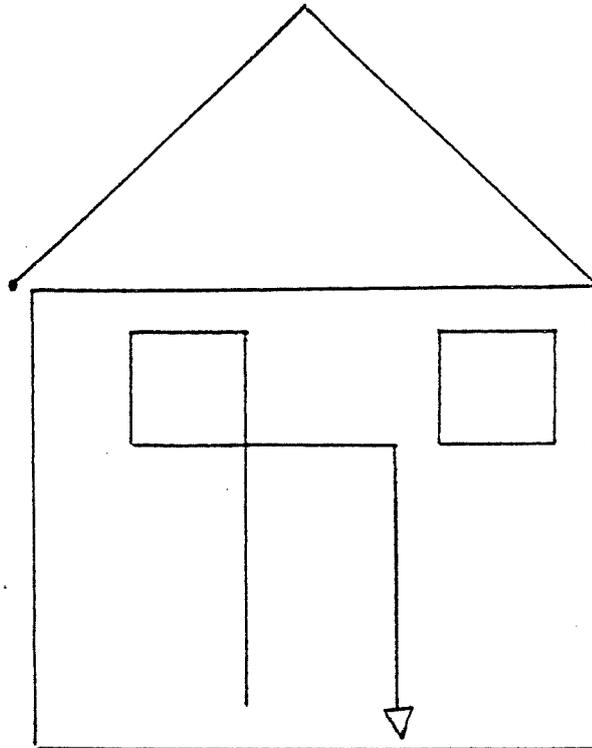
```

on écarte un petit peu les fenêtres:

```

EDITE 2FENETRE
EDL 1
1 GA 18Ø LP AV 8Ø DP AV 3Ø GA 9Ø AV 3Ø GA 9Ø AV 3Ø GA 9Ø AV 3Ø
FIN

```

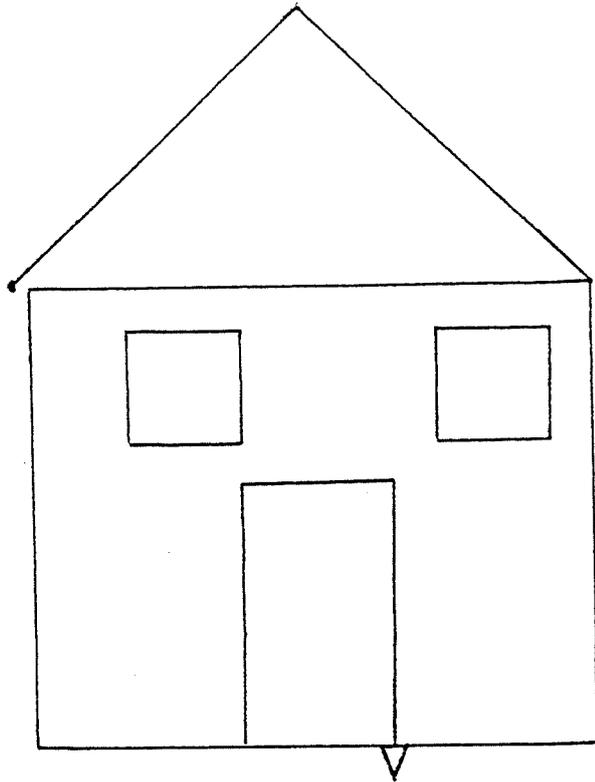


Le 9 décembre, soit à la sixième séance, les architectes sont satisfaits (à l'écran, le petit décalage du toit ne se remarque pratiquement pas):

```

EDITE PORTE
EDL 1
1 LP RE 11Ø DP AV 7Ø DR 9Ø AV 4Ø DR 9Ø AV 7Ø
FIN

```



### Groupe rouge

Le groupe rouge a lui aussi éprouvé quelques difficultés à se plier à un travail collectif. Ce sont les deux filles de l'équipe qui assurent, avec plus ou moins de succès, la cohésion et la discipline. Après trois séances de tâtonnements assez désordonnés, la maison prend forme:

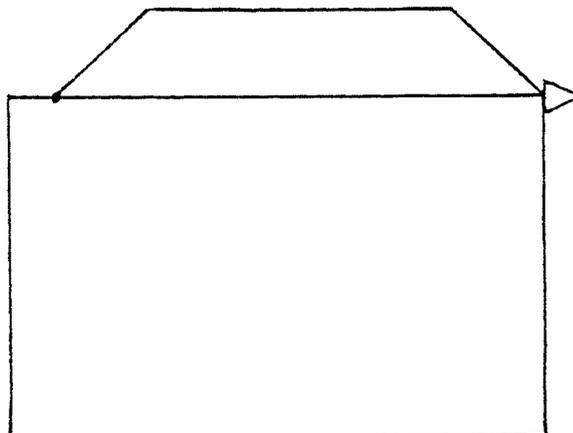
POUR MAISON

1 DR 45

2 AV 3Ø DR 45 AV 8Ø DR 45 AV 3Ø DR 45 AV 9Ø

3 DR 9Ø AV 14Ø DR 9Ø AV 9Ø DR 9Ø AV 14Ø

FIN



On notera que, comme dans le cas du groupe jaune, les élèves ont commencé la construction par le toit, ce qui, pour inattendu que ce soit aux regards et à la logique adultes, ne semble pas les avoir surpris.

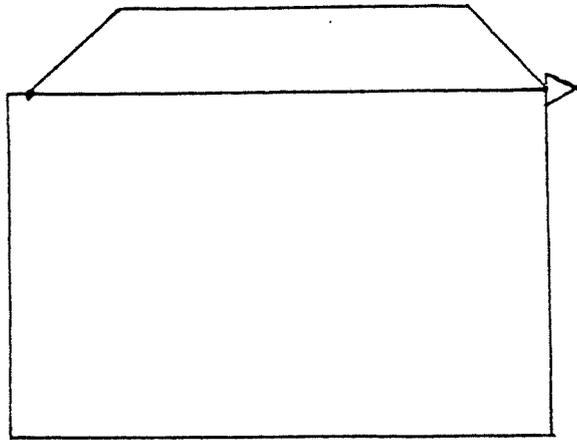
A la séance suivante, le projet est provisoirement abandonné au profit d'un projet de voiture, qui ne semble pas devoir être mené à bien plus rapidement que la maison. On revient donc au premier projet, et c'est alors la mise en place d'un toit bien ajusté, par une méthode d'approximations successives:

EDITE MAISON

EDL 2

2 AV 30 DR 45 AV 90 DR 45 AV 30 DR 45 AV 90

FIN

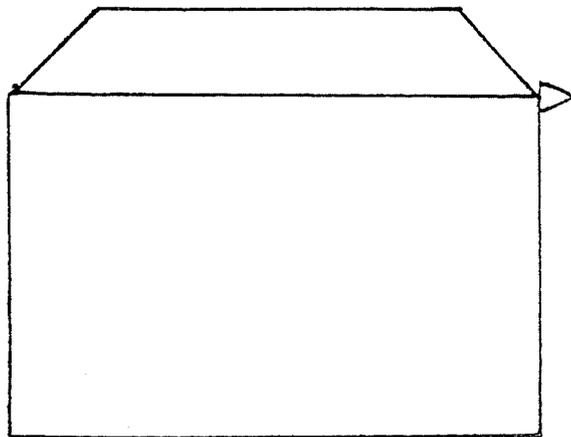


EDITE MAISON

EDL 2

2 AV 30 DR 45 AV 95 DR 45 AV 30 DR 45 AV 90

FIN



On prépare alors une fenêtre, et l'on peut noter, par la manière même dont la procédure est rédigée, combien ces élèves ont une sensibilité intuitive de la symétrie:

POUR FENETRE

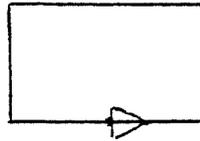
1 DR 90 AV 25

2 GA 90 AV 30 GA 90 AV 50 GA 90 AV 30 GA 90 AV 25

FIN

VIDEECRAN

FENETRE



On a alors une MAison à FEnêtre

POUR MAFE

1 MAISON

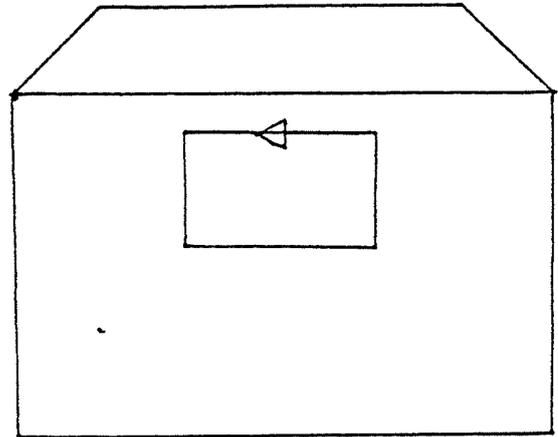
2 LP RE 70 DR 90 AV 10 DP

3 FENETRE

FIN

VIDEECRAN

MAFE



Telle est la maison rouge, terminée en quatre séances.

### Groupe bleu

Dans ce groupe encore, il faut deux séances pour parvenir à un accord sur le style de la maison. Les murs sont réalisés sans difficulté majeure, mais le toit cause des soucis. On enseigne donc à la tortue le mot MAISON, pour pouvoir réutiliser aussi souvent que nécessaire cette partie satisfaisante. Les efforts peuvent alors être centrés sur le toit, qui ne tarde guère à être mis en place.

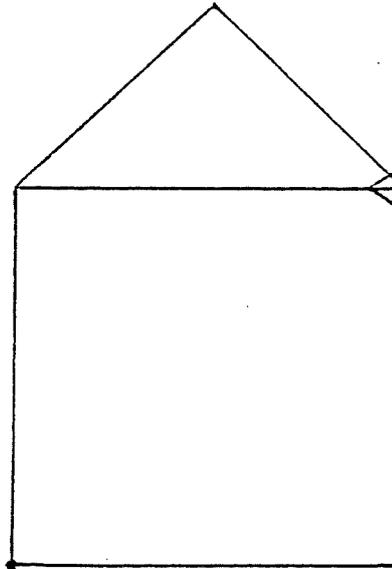
## POUR MAISON

1 AV 100  
 2 DR 90  
 3 AV 100  
 4 DR 90  
 5 AV 100  
 6 DR 90  
 7 AV 100  
 8 DR 90  
 9 LP AV 100  
 10 DP  
 FIN

## POUR TOIT

1 DR 45  
 2 AV 70  
 3 DR 90  
 4 AV 70  
 5 DR 45  
 FIN

## MAISON TOIT

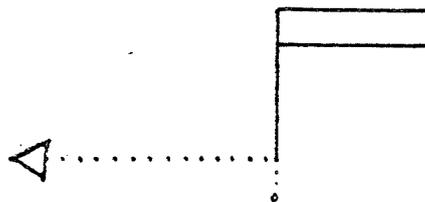


Par contre, la mise au point des fenêtres est beaucoup plus difficile. Le groupe fait preuve d'un sens certain de la simplification: au lieu de deux carrés "à l'intérieur" du carré MAISON, on profite des deux coins supérieurs qui fourniront deux côtés tout prêts pour les fenêtres; il n'y a donc plus qu'à tracer deux demi-carrés, comme un L et son image dans un miroir.

Autre idée bien arrêtée: les deux fenêtres doivent être réalisées par la même procédure (est-ce pour cela qu'ils écrivent deux N à FENNETRE ?). La première réalisation n'est pas tout-à-fait au point:

## POUR FENNETRE

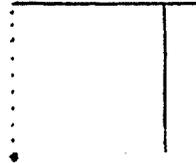
1 LP AV 40  
 2 DP DR 90  
 3 AV 40  
 4 LP GA 90  
 5 AV 10  
 6 DP GA 90  
 7 AV 40  
 8 GA 90



9 AV 4Ø  
 1Ø LP DR 9Ø  
 11 AV 6Ø  
 FIN

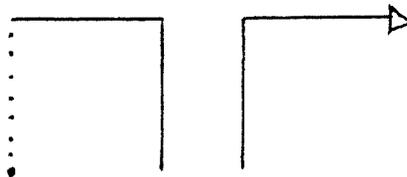
La deuxième n'est pas beaucoup plus satisfaisante:

ED FENNETRE  
 EDL 3  
 3 AV 4Ø DR 9Ø AV 4Ø  
 FIN



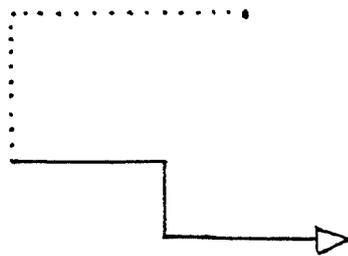
mais la troisième leur convient:

ED FENNETRE  
 EDL 5  
 5 AV 2Ø  
 EDL 8  
 8 DR 9Ø  
 EFL 1Ø EFL 11  
 FIN



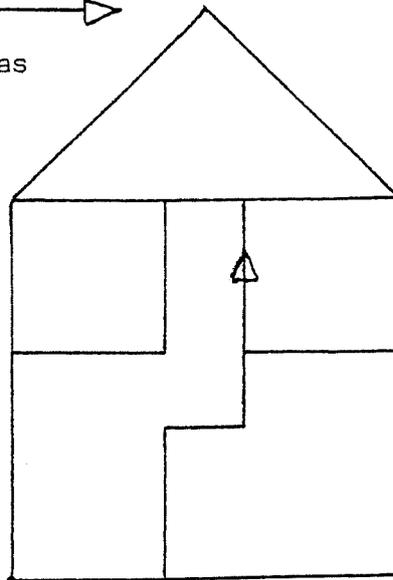
On s'attaque alors à la porte:

POUR PORTE  
 1 LP GA 9Ø  
 2 AV 6Ø  
 3 GA 9Ø AV 4Ø DP GA 9Ø AV 4Ø DR 9Ø AV 2Ø GA 9Ø AV 4Ø  
 FIN



Bien que le résultat ne soit pas celui qu'on attendait, on se donne une première vue d'ensemble:

VIDEECRAN  
 MAISON  
 TOIT  
 FENNETRE  
 PORTE



La cinquième séance voit le projet se terminer: on remet la porte en état:

ED PORTE

EDL 3

3 GA 9Ø AV 4Ø DP GA 9Ø AV 4Ø DR 9Ø AV 2Ø DR 9Ø AV 4Ø

FIN

et on s'offre même le luxe d'une super-procédure qui permet de tout tracer à l'aide d'une seule commande:

POUR IMMEUBLE

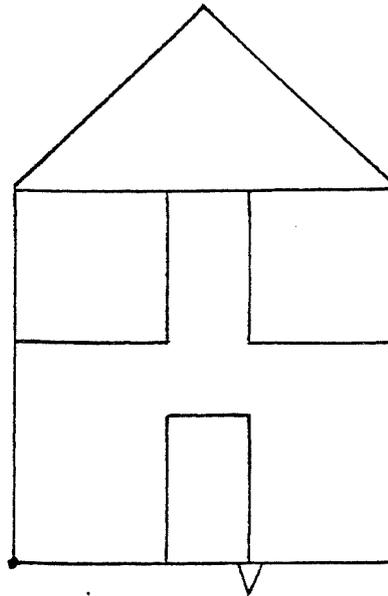
1 MAISON

2 TOIT

3 FENNETRE

4 PORTE

FIN



D'autres thèmes auraient pu être choisis, parmi ceux traités par les élèves (par exemple, les véhicules: deux voitures, un hélicoptère, un avion, deux fusées, une locomotive), et un certain nombre de constantes se retrouvent dans tous ces projets:

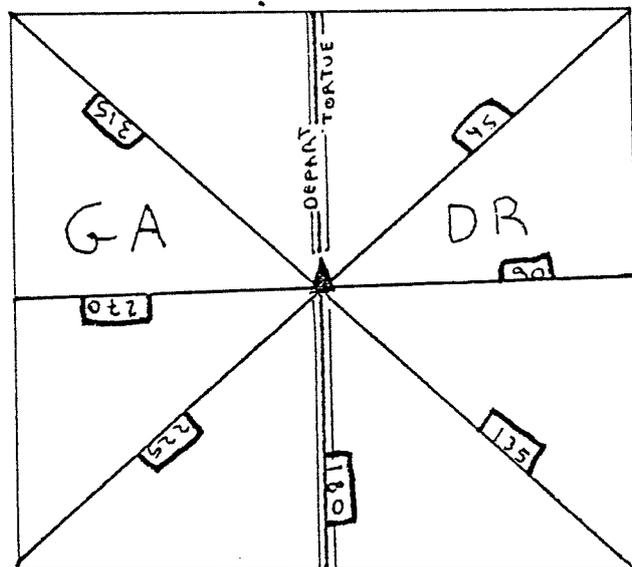
- la progression d'un groupe au cours d'un projet passe par des hauts et des bas, une amélioration locale s'accompagnant malheureusement souvent d'une régression d'ensemble, et vice-versa: on en verra des exemples caractérisés dans la quatrième partie (errare humanum est ... p. 105); parfois l'observateur a l'impression d'une stagnation, tant les modifications apportées concernent des détails visuellement mineurs.
- la technique d'approximations successives est utilisée à de nombreuses reprises, mais d'une manière plus construite et plus fructueuse lorsqu'elle porte sur une translation (variation monotone de la valeur du AVANCE ou du RECULE, jusqu'à trouver la valeur adéquate: le pas de variation est d'ailleurs ajusté en cours de route, aléatoire pour le premier, suffisamment grand quand on se sent encore loin du but, de plus en plus

faible quand on s'en rapproche), avec moins de bonheur quand il s'agit d'une rotation, où l'attribution des valeurs de DROITE ou GAUCHE paraît être faite un peu au hasard. Peut-être le déplacement d'une figure par translation est-il mieux perçu visuellement par les enfants (impression de "dessin animé") ?

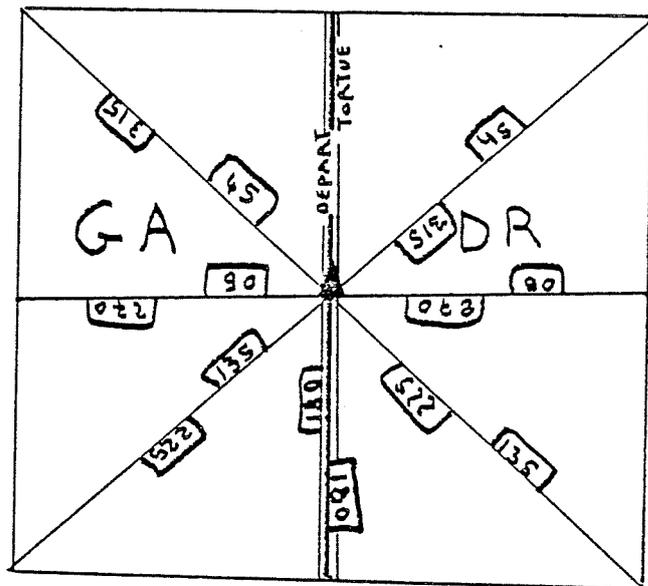
- l'existence d'une symétrie axiale dans le dessin est très nettement ressentie par les élèves, sans toutefois que ses conséquences en soient très clairement tirées pour la rédaction des commandes qui réalisent le dessin: bien que nous n'ayons pas eu d'explication précise par les élèves, il nous a semblé qu'ils sont essentiellement sensibles au fait qu'il y a quelque chose de "pareil", mais ne cernent pas spontanément ce qui change (échange DROITE-GAUCHE).

- la difficulté pour maîtriser les ordres de grandeur de mesures d'angles, plus importante que pour les distances. Peut-être est-ce pour essayer de se simplifier l'existence qu'un des groupes se fabrique, à la fin du mois de mars, un *rapporteur à tortue* ?

Précisons d'emblée que les élèves disposaient tous de rapporteurs "traditionnels", mais n'utilisaient jamais cet instrument dans leurs activités LOGO. Le *rapporteur à tortue* qu'ils ont conçu est constitué d'un carré de papier à dessin, sur lequel sont tracés en orange les diagonales et les segments joignant les milieux des côtés opposés. La direction "Nord-Sud" est renforcée de traits noirs de part et d'autre du trait orange. La tortue est figurée en vert au centre du carré; en vert également sont inscrites les graduations correspondant aux traits orange: 45, 90, ...; la mention *DEPART TORTUE* remplace la graduation zéro. Dans les deux quadrants supérieurs sont inscrits en grosses lettres bleues: GA et DR.



Les enfants nous ont montré avec une fierté certaine leur invention, et nous en ont expliqué l'usage: pour obtenir le pivotement de la tortue vers un cap situé entre deux traits orange, il faut utiliser un nombre compris entre les deux valeurs vertes correspondantes. Nous leur avons alors demandé comment réaliser un pivotement de la tortue vers un point que nous avons situé approximativement au coin supérieur gauche de leur rapporteur, c'est-à-dire nécessitant une rotation d'un huitième de tour vers la gauche. La réponse immédiate a été GAUCHE 315, mais la tortue à l'écran, aussitôt sollicitée, comme pour nous prouver l'efficacité de leur instrument, ne confirmait pas leur prévision, mais se tournait d'un huitième de tour ... vers la droite ! Une série de manipulations fut alors entreprise par les enfants, qui aboutit à une nouvelle version du rapporteur à tortue. Dans ce modèle "revu et corrigé", DR est écrit en vert, alors que GA reste en bleu; une deuxième graduation, en bleu bien sûr, est rajoutée, qui permet la lecture immédiate des valeurs correspondant au primitif GAUCHE.



Quand la géométrie devient objet

de désir et de plaisir.

#### A la conquête du cercle

L'idée de faire tracer des ronds par la machine a été exprimée très tôt par les élèves:

*Est-ce qu'il peut dessiner, l'ordinateur ? Faire des courbes ?*  
(fille, groupe bleu, quatrième séance).

Selon notre habitude, nous ne donnons aucune réponse tranchée à cette question, suggérant plutôt aux enfants de répondre par eux-mêmes à leur propre question. A ce moment de l'année, le seul moyen à leur disposition était d'essayer de trouver l'objet tout prêt dans la machine. Ils ont donc tapé ROND, dans l'espoir que la tortue obtempérerait et dessinerait effectivement la figure souhaitée. Déception:

ROND N'EXISTE PAS

Deuxième tentative avec le terme plus scolaire CERCLE. Même refus catégorique:

CERCLE N'EXISTE PAS

Aucun autre mot de vocabulaire ne se présentant à leur esprit, ils en concluent qu'elle ne connaît pas cette notion, et remettent à plus tard cette réalisation.

Mais l'idée n'est pas perdue de vue, et dès la fin du premier projet, on la voit apparaître à nouveau: deux projets de voiture, un projet de rond. Le quatrième groupe s'intéressera aussi à cette forme quelque temps après (locomotive), et adoptera une approche graphique analogue à celle des voitures. Ainsi, trois groupes sur quatre visent cette figure dans un projet graphique. Sur ces trois groupes:

- un groupe réalise deux projets graphiques nécessitant des ronds (voiture et appareil photo)
- un groupe commence par un projet graphique (voiture), poursuit avec une étude théorique, puis revient sans s'y attarder à un projet graphique (loupe) qui n'est pas mené à terme
- le groupe vert (locomotive) produit dans toute l'année ce seul projet utilisant une courbe.

A l'inverse un groupe commence par un projet géométrique: dessiner un rond, sans l'intégrer dans un ensemble figuratif. Ensuite il consacre quelques séances à un projet graphique sur un objet rond (haltère) et un projet graphique sans courbes (RASOIR, qui trace un ... H !). Puis il revient à l'étude théorique. Deux élèves de ce groupe utiliseront les connaissances acquises dans le projet "terre-lune", après avoir consacré six séances à la réalisation d'une rétrofusée (sans courbes).

Les suggestions initiales pour faire tracer un rond par la tortue, recueillies en fin de séance à la conclusion de chaque projet de maison (et donc visant à obtenir des élèves leurs propositions spontanées, préalablement à toute réflexion véritable sur le sujet) sont assez diverses; elles ne seront pas nécessairement reprises telles quelles par leurs auteurs, mais indiquent plusieurs pistes:

- avoir un côté très petit (et de la suggestion DROITE 90 AVANCE 1 naîtront deux procédures, l'une en AVANCE 5 DROITE 45, l'autre en AVANCE 10 GAUCHE 25)
- avoir un angle très petit (GAUCHE 1 AVANCE 5): mais visuellement on obtient un segment à petits points (\*)
- combiner les deux stratégies précédentes en réduisant leur aspect "excessif": avancer un peu et tourner un peu.

Remarquons que, bien que les objectifs du cycle élémentaire mentionnent explicitement:

*savoir utiliser (...) compas (...) pour étudier, construire ou reproduire des figures planes*

*(Arrêté du 7 Juillet 1978, C) Mathématiques I.- Objectifs du cycle élémentaire 5.- activités géométriques)*

et que les instructions pédagogiques pour le cycle moyen citent le cercle dans les acquisitions de vocabulaire, parmi *les termes qui désignent les objets (...) que l'on rencontre souvent (Arrêté du 16 Juillet 1980, II.- Instructions pédagogiques 7.- Activités géométriques)*, la définition scolaire du cercle par centre et rayon est apparue comme assez peu connue des élèves: heureusement, car il s'agit d'une caractérisation absolument non pertinente dans le cadre de la géométrie de tortue.

---

(\*) La courbure est très faible, et il faut un nombre de répétitions important (beaucoup plus que les nombres essayés par les enfants, de l'ordre de la dizaine) pour la percevoir visuellement.

## Les ronds des projets graphiques

Les trois groupes qui ont abordé les *ronds* par le biais de projets graphiques l'ont fait pour des roues de véhicules:

- le groupe rouge construit une procédure ROUE

POUR ROUE

1 GA 45

2 AV 1Ø

3 DR 45

4 AV 1Ø

5 DR 45

6 AV 1Ø

7 DR 45

8 AV 1Ø

9 DR 45

1Ø AV 1Ø

11 DR 45

12 AV 1Ø

13 DR 45

14 AV 1Ø

15 DR 45

16 AV 1Ø

FIN



pour l'utiliser dans un projet de voiture:

POUR VOITURE

1 AV 1Ø

2 GA 9Ø AV 3Ø GA 25 AV 3Ø DR 25 AV 3Ø GA 45

3 AV 2Ø DR 45 AV 2Ø GA 9Ø AV 2Ø DR 9Ø AV 5

4 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 5 DR 9Ø LP AV 1Ø DP

5 AV 1Ø

6 ROUE

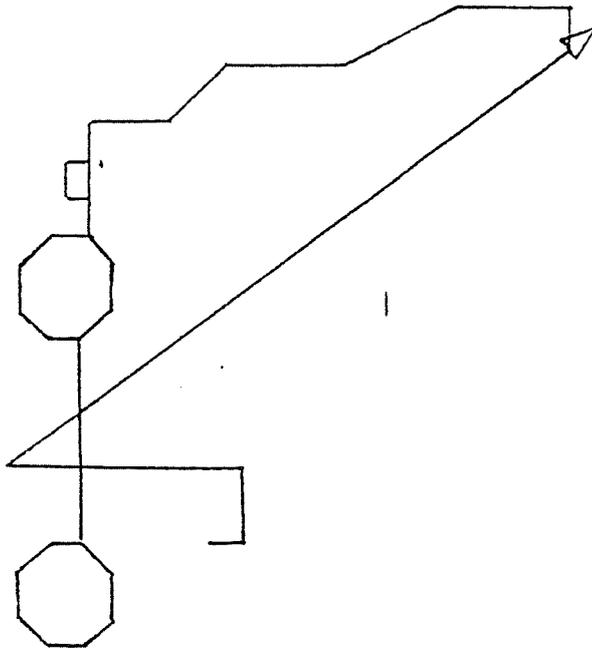
7 LP DR 9Ø AV 3Ø DP AV 5Ø

8 ROUE

9 LP AV 3Ø DP AV 1Ø GA 9Ø AV 2Ø GA 9Ø AV 6Ø

1Ø DR 135 AV 3Ø ORI

FIN



dont l'état final est

POUR VOITURE

1 AV 1Ø

2 GA. 9Ø AV 3Ø GA 25 AV 3Ø DR 25 AV 3Ø GA 45 AV 2Ø

3 DR 45 AV 2Ø GA 9Ø AV 2Ø DR 9Ø AV 5 DR 9Ø AV 1Ø

4 DR 9Ø AV 5 DR 9Ø LP AV 1Ø DP GA 9Ø AV 1Ø

5 ROUE

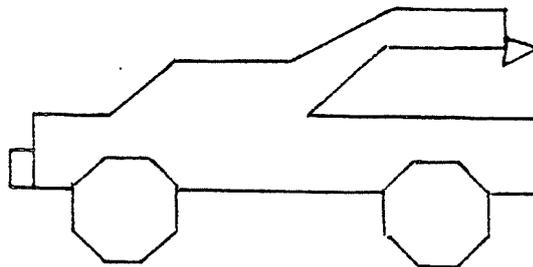
6 LP DR 9Ø AV 3Ø DP AV 5Ø

7 ROUE

8 LP DR 9Ø AV 3Ø DP AV 1Ø GA 9Ø AV 2Ø

9 GA 9Ø AV 6Ø DR 135 AV 25 DR 45 AV 3Ø

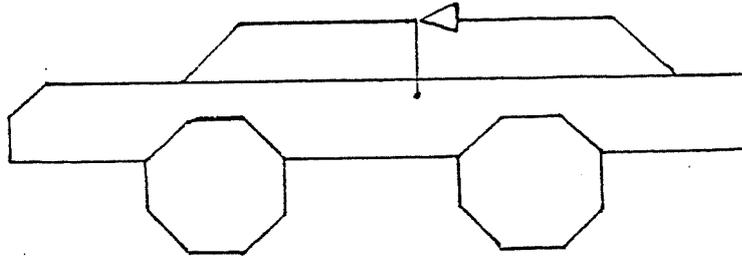
FIN



- le groupe jaune s'intéresse également à une voiture: notons que ce groupe, extrêmement organisé, se débrouillait absolument seul: il n'a pas éprouvé la nécessité de scinder la procédure en étapes plus simples, ce qui explique que les ordres correspondant aux roues soient noyés dans la carrosserie:

## POUR VOITURE

1 AV 2∅ GA 9∅ AV 45 GA 45 AV 2∅ GA 135 AV 65 RE 65 DR 18∅ AV 35 GA 45  
 2 AV 15 GA 45 AV 1∅ GA 9∅ AV 35 GA 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15  
 3 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 9∅ LP AV 3∅  
 4 DP AV 5∅ GA 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45  
 5 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 45 AV 15 DR 9∅ LP AV 3∅ DP  
 6 AV 45 GA 9∅ AV 2∅ GA 9∅ AV 8∅ RE 6∅ DR 45 AV 2∅ GA 45 AV 4∅  
 FIN

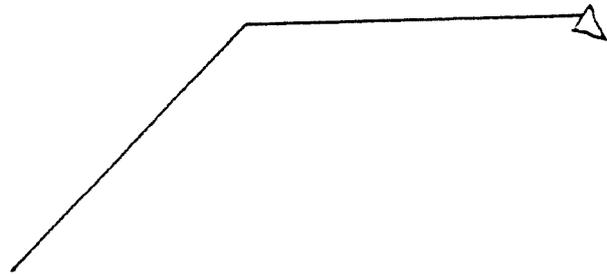


- le groupe vert, qui n'aborde ce type de problème que beaucoup plus tardivement, a choisi une locomotive. On y trouve plusieurs procédures pour les roues.

La première s'appelle ROUE

## POUR ROUE

1 DR 45  
 2 AV 9∅ DR 45 AV 9∅  
 3 DR 45 AV 9∅  
 4 DR 45 AV 9∅  
 5 DR 45 AV 9∅  
 6 DR 45 AV 9∅  
 7 DR 45 AV 9∅  
 8 DR 45 AV 9∅  
 FIN



(c'est une grande roue !)

L'étape suivante consiste à prévoir une unique procédure pour le positionnement et le tracé des deux roues:

## POUR CARA

1 LP RE 86  
 2 GA 9∅ AV 9∅  
 3 DR 9∅ AV 27  
 4 DR 1∅ DP AV 11 DR 45  
 5 AV 11 DR 45 AV 11 DR 45 AV 11  
 6 DR 45 AV 11 DR 45 AV 11  
 7 DR 45 AV 11 DR 45



```

8 AV 11 LP DR 45 AV 20 DR 100 DP
9 AV 11 DR 45 AV 11 DR 45
10 AV 11 DR 45 AV 11 DR 45
11 AV 11 DR 45 AV 11 DR 45
FIN

```

Deux autre procédures sont écrites pour les roues:

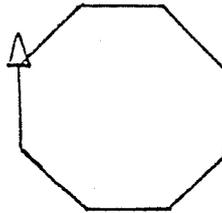
POUR TRIANGLE

```

1 DR 45 AV 22
2 DR 45 AV 22
3 DR 45 AV 22
4 DR 45 AV 22
5 DR 45 AV 22
6 DR 45 AV 22
7 DR 45 AV 22
8 DR 45 AV 22

```

FIN



qui s'avère trop large, et

POUR KIKIE :UN

```

1 DR 45 AV :UN DR 45
2 AV :UN DR 45 AV :UN
3 DR 45 AV :UN DR 45
4 AV :UN DR 45 AV :UN
5 DR 45 AV :UN DR 45 AV :UN

```

FIN

où le paramétrage permet de choisir la taille adéquate.

Ces deux procédures ne seront jamais utilisées, et une autre procédure est écrite:

POUR GOMME

```

1 DP AV 11 DR 45 AV 11
2 DR 45 AV 11 DR 45 AV 11
3 DR 45 AV 11 DR 45 AV 11
4 DR 45 AV 11 DR 45 AV 11

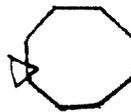
```

6

7

8

FIN

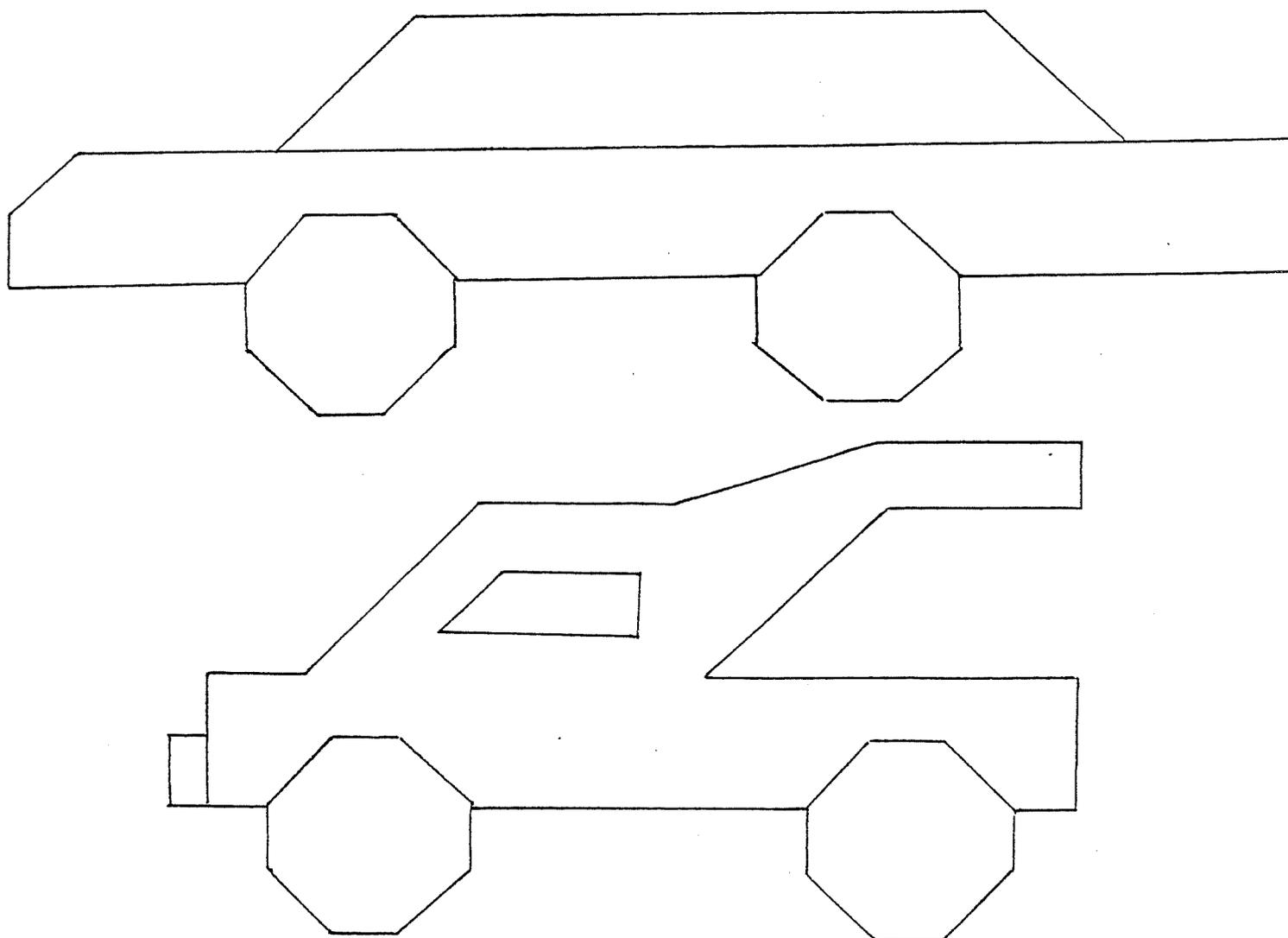


(sic)

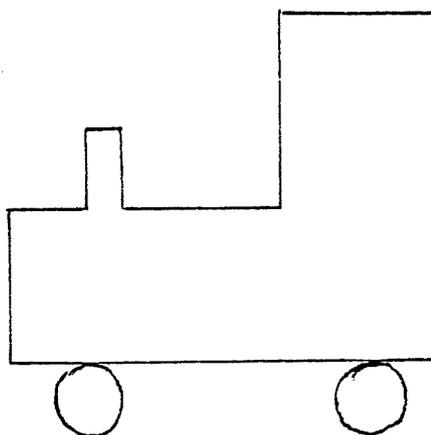
On constate donc que tous les premiers projets graphiques de ronds sont des octogones. Lorsque le diamètre du rond n'est pas trop important

(inférieur à trente pas de tortue), c'est une approximation visuellement acceptable.

Ce tracé correspond d'ailleurs aux croquis des enfants lors de la définition du projet, dans le cas des voitures:



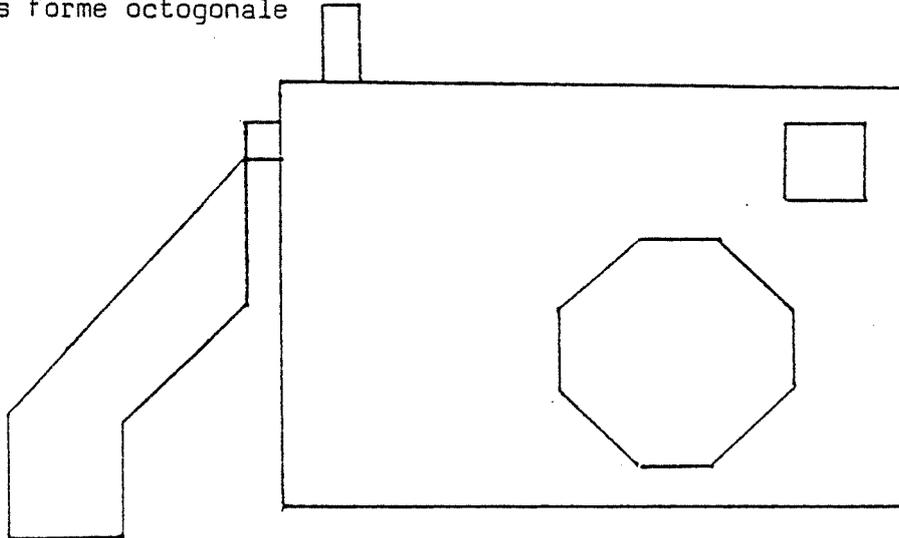
Ce n'est pas le cas pour la locomotive, qui a des représentations diverses dans les cahiers des différents membres du groupe, mais où les roues rondes tracées à main levée prédominent:



Les autres représentations sont des roues rondes avec huit rayons pour l'une et neuf rayons pour l'autre, des roues hexagonales, heptagonales ou octogonales, chacune de ces versions apparaissant une fois (aucune ne se trouve reproduite dans deux cahiers). Signalons que par ailleurs les croquis réalisés par ce groupe sont assez peu fidèles: ainsi, pour leur maison, les dessins montrent tous le trait de séparation toit-mur (comme dans la maison du groupe rouge, alors que l'équipe verte ne l'a jamais tracé), ainsi que des fenêtres à croisées et une porte large -style porte de garage-.

Par contre, pour un dessin de taille plus grande, l'approximation par un octogone n'est plus satisfaisante. Ainsi, le deuxième projet du groupe, dessiner un appareil photo, nécessite la réalisation d'un nouveau rond.

Alors que tous les croquis de début du projet représentent l'objectif sous forme octogonale



la première liste d'ordre prévue est

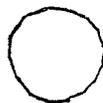
GA 90 AV 5 DR 22 AV 5 DR 22 AV 5 DR 22 AV 5 DR 22 AV 5 DR 22

AV: 5 DR 22 AV 5 DR 22 AV 5 DR 22 AV 5 DR 22 AV 5 GA 90

A l'exécution, on constate que ce rond ne se referme pas:

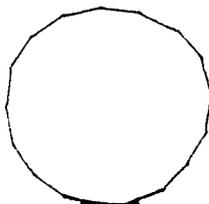


on prépare donc une nouvelle liste, où AV 5 apparaît dix-huit fois:



Ce tracé paraît satisfaisant, si ce n'est sa trop petite taille. Lors de la séance suivante, il est modifié en doublant la longueur des "côtés":

GA 9Ø AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø  
 DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø  
 DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø  
 DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 22 AV 1Ø DR 9Ø



qui sera ultérieurement détaché en une procédure spécifique, ROND.  
 Il est intéressant de souligner que la courbe obtenue ne produit pas une figure fermée, mais "repassse" en partie sur le début du tracé.

Les "ronds" des projets géométriques.

Le deuxième projet du groupe bleu est de tracer des ronds, sans mentionner une quelconque référence figurative. Le croquis représente un octogone, et la liste des ordres est d'abord

DR 9Ø AV 5  
 DR 9Ø AV 5 DR 9Ø AV 5

qui réalise un petit carré sur lequel la tortue repasse deux fois. Cette étape a dû être jugée inadéquate dès la préparation entre les séances, car elle ne figure que dans un seul des cahiers du groupe, et de plus tous les 9Ø ont été barrés et remplacés par 45.

Une procédure ROND figure sur tous les cahiers

POUR ROND

1 DR 45  
 2 AV 5  
 3 DR 45  
 4 AV 5  
 5 DR 45  
 6 AV 5  
 7 DR 45  
 8 AV 5  
 FIN

Le "rond" ainsi produit ne se refermant pas, la procédure est modifiée,

de manière à tracer, en seize lignes, un "rond" qui se ferme.



Deux cahiers comportent une autre liste:

GA 9Ø

GA 25

AV 1Ø



Ceci est également essayé, sous forme d'une procédure baptisée ROUT; comme elle réalise approximativement un demi-cercle, les élèves ont l'idée de taper ROUT à nouveau, mais la ligne GA 9Ø du début s'oppose au "bon" raccord qu'ils attendaient, et au lieu d'un cercle on a quelque-chose qui évoque une glace à deux boules.



Toujours pendant cette séance du 9 décembre, les élèves expriment le souhait d'avoir une procédure qui trace des ronds de taille variable, mais trouvent peu commode d'avoir à retaper les seize lignes de ROND avec une nouvelle valeur pour AVANCE, ce qui oblige également à trouver un autre nom pour chaque nouvelle procédure. Ainsi, la notion de

paramètre est introduite, et la procédure ROND modifiée pour permettre une grandeur variable:

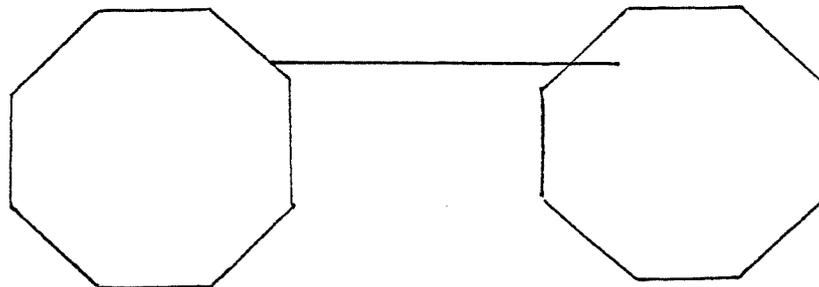
```

POUR ROND :GD
1 DR 45
2 AV :GD
3 DR 45
4 AV :GD
5 DR 45
6 AV :GD
7 DR 45
8 AV :GD
9 DR 45
10 AV :GD
11 DR 45
12 AV :GD
13 DR 45
14 AV :GD
15 DR 45
16 AV :GD
FIN

```

Plusieurs valeurs sont essayées: 25, 50 et 60.

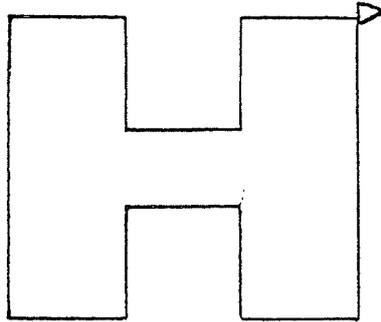
Les trois séances suivantes visent à utiliser cette nouvelle acquisition dans un projet d'haltère (le procédures reçoivent successivement les titres: ALTERE, HALTERE, HALTTERE, ALTERE2, HATERE). Toutes ces procédures font appel à ROND 30, le seul problème —mais c'en est un de taille— consistant à positionner correctement la barre qui rejoint les deux masses. Le résultat est jugé satisfaisant quand on obtient:



bien que le croquis de définition du projet ait été



Le 20 Janvier, les élèves arrivent avec une procédure RASOIR, qui dessine un



Le résultat s'avérant produire exactement l'effet attendu, ils se sentent en quelque sorte rassurés sur leur capacité à se faire obéir de la tortue: les avatars des haltères semblaient les avoir rendus un peu méfiants sur l'esprit de coopération de cette petite bête !

Ils entreprennent alors une procédure à double paramétrage:

```

POUR IDIOT :GD :G
  1 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  2 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  3 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  4 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  FIN

```

On essaie alors plusieurs valeurs: IDIOT 15 10 donne approximativement un quart de cercle, IDIOT 5 45 trace un petit octogone. IDIOT 10 0.1 de même que IDIOT 10 0.8 et IDIOT 10 0.1 (à nouveau) réalisent le même dessin, un segment de droite sur lequel plusieurs points apparaissent plus lumineux (\*). La séance s'achève en les laissant sur cette énigme.

Reprenant avec la procédure IDIOT2

```

POUR IDIOT2 :G :GD
  1 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  2 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  3 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  4 DR :G AV :GD DR :G AV :GD
  FIN

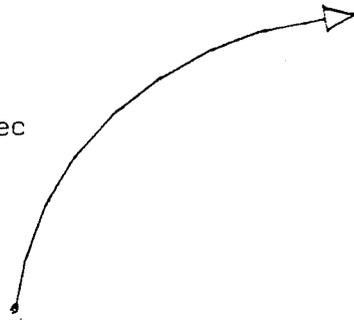
```

(même procédure que précédemment, à l'inversion près de l'ordre des paramètres)

---

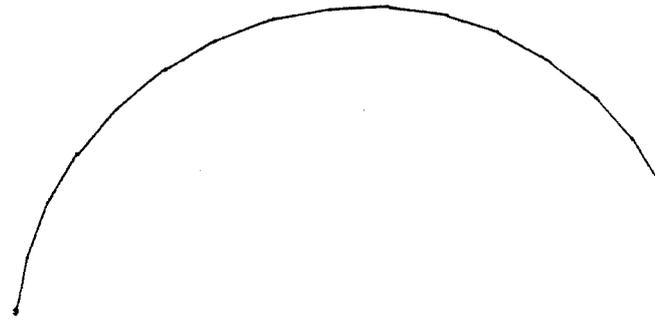
(\*) Les points plus brillants sont les points de raccords, visibles également pour les polygones précédents. La machine considère la partie entière du nombre donné comme paramètre pour DR ou GA, d'où le résultat rectiligne.

on retrouve le même quart de cercle avec  
 IDIOT2 1Ø 15



Nous attirons leur attention sur la possibilité pour l'ordinateur d'indiquer le CAP de la tortue. Il est actuellement de 8Ø. Sans vider l'écran, on tape à nouveau

IDIOT2 1Ø 15



Le cap est alors 16Ø.

On continue ainsi jusqu'au cap de 32Ø.

Au coup suivant, *ça repasse dessus*: le cercle se referme, à la satisfaction des enfants, ennuyés cependant de la partie sur laquelle la tortue est passée deux fois et qui est plus brillante.

En réfléchissant au cap, ils arrivent à la conclusion que le rond se referme quand la tortue a fait un tour complet sur elle-même: son cap est alors Ø ou 36Ø (ce nombre est obtenu en calculant à partir de quatre quarts de tour; on sait en effet que pour la rotation d'un quart de tour —qui est en particulier celle du coin d'un carré— la valeur est 9Ø). Les élèves notent aussi en commentaire la relation entre le cap et la valeur dont on a tourné vers la gauche: *si on fait gauche 90, il faut soustraire 90 de 360 pour le cap*, avec plusieurs exemples, qui varient suivant les cahiers:

<i>gauche 90</i>	<i>cap 270</i>	
<i>gauche 80</i>	<i>cap 260</i>	(sic)
<i>gauche 60</i>	<i>cap 300</i>	
<i>gauche 40</i>	<i>cap 320</i>	
<i>gauche 45</i>	<i>cap 315</i>	

L'étude du cap permet de résoudre le problème du cercle: puisque lors de chaque étape AV :GD DR :G on tourne d'une même quantité :G (autrement dit le cap augmente de :G), et qu'à la fin on doit avoir 360, on trouve le nombre de répétitions nécessaires en divisant 360 par :G. Plusieurs essais sont effectués, où l'on fait varier l'un ou l'autre des deux paramètres, pour obtenir des ronds de grandeur variable.

La séance suivante a lieu après les vacances de février. Les élèves se souviennent comme d'une recette qu'il faut diviser 360 par la valeur qu'on veut donner à DROITE. Mais ils ne savent plus que faire avec le quotient obtenu. Comme la procédure dépend de deux paramètres, ils utilisent ce quotient comme deuxième valeur.

Ils essaient alors avec DROITE 1Ø (et donc AVANCE 36). Le dessin commence un très grand cercle, qui ne se referme pas. La première objection qui leur vient à l'esprit, c'est que 36 ne doit pas servir pour AVANCE, parce que la dernière fois on pouvait avoir un cercle de la taille qu'on voulait, en faisant plus ou moins avancer la tortue. Ils refont alors le raisonnement mis en place à la séance précédente, et retrouvent que le quotient indique le nombre de fois qu'il faut répéter DR :G AV :GD. Ils sont alors plusieurs à noter en commentaire dans leur cahier, à côté de la division:

$$\begin{array}{r|l} 360 & 9 \\ \hline 00 & 40 \end{array}$$

*je veux 40 côtés. il faut faire  
AV 9 DR 9 il faut le faire 40 fois.*

(il n'y a donc pas de trace que la valeur qu'on donne à AVANCE est arbitraire).

A la séance suivante, ils se montrent capables d'expliquer la réalisation d'un cercle à une collègue en visite: cette fois-ci la possibilité de donner à AVANCE la valeur qu'on veut est un peu plus nette. La dénomination *rond à n côtés* est utilisée.

A la même période, le groupe rouge, désireux de réaliser un projet de camion après sa voiture, a besoin d'une roue plus grande, et utilise également une procédure paramétrée:

POUR TROUPE :T

1 GA 45 AV :T GA 45 AV :T GA 45 AV :T GA 45 AV :T GA 45 AV :T

2 GA 45 AV :T GA 45 AV :T GA 45 AV :T

FIN

et essaie TROUPE 1Ø, TROUPE 2Ø; TROUPE 5Ø, TROUPE 1ØØ (hors limite), TROUPE 9Ø (encore hors limite), TROUPE 8Ø, puis TROUPE 5, TROUPE 4, TROUPE 2, TROUPE 1.

A la séance suivante, on commence par une procédure non paramétrée:

POUR ROND

1 GA 1 AV 5 GA 1 AV 5

2 GA 1 AV 5 GA 1 AV 5

FIN

qui donne un tracé plus proche d'un segment à petits points que d'un arc de cercle. Là, la perspective d'avoir à modifier à de multiples

reprises la procédure tant qu'ils n'auraient pas déterminé les valeurs adéquates les pousse à introduire deux paramètres, en modifiant, dans la procédure ROND, :T au lieu de 1 après chaque ordre GAUCHE, et :T2 après chaque AVANCE, au lieu de 5. En faisant varier ces deux tailles, on devrait bien arriver à trouver des valeurs satisfaisantes.

ROND 5 4 réalise moins d'un quart de cercle; il faut donc le répéter plusieurs fois pour avoir un rond tout entier. Mais la tortue ignore le mot REPETE (\*). On écrit donc une nouvelle procédure:

```
POUR RP :T :T2
```

```
1 ROND :T :T2
```

```
2 ROND :T :T2
```

```
3 ROND :T :T2
```

```
4 ROND :T :T2
```

```
5 ROND :T :T2
```

```
6 ROND :T :T2
```

```
FIN
```

RP 5 4 trace un peu plus d'un demi-cercle; on rajoute donc deux nouvelles lignes à RP; ce n'est pas encore tout-à-fait suffisant. Par contre, RP 2Ø 19 et RP 2Ø 2Ø repassent sur le début du tracé.

Aucune innovation à la séance suivante, où l'on reprend les deux mêmes procédures avec les mêmes valeurs. La procédure ROND s'augmente d'une troisième ligne:

```
GA :T AV :T2 GA :T AV :T2
```

Maintenant RP 5 4 ROND 5 4 ferme exactement le cercle.

Ni RP 4 3 ni RP 4 4 ne tracent un cercle complet, alors que RP 5 5 au contraire repasse sur le début du tracé.

A partir de ce moment là, les élèves s'orientent vers une étude des nombres (opérations et liaison numérique graphique): ils ne reprendront pas le travail sur le cercle; le seul dessin de rond que l'on trouve dans leurs productions ultérieures apparaît en juin, lors de la toute dernière séance: c'est une description linéaire en AV 5 DR 22, répété treize fois.

La différence de démarche entre les projets de roues et les deux équipes qui se sont intéressées au cercle en tant que tel nous a conduites à répartir ces activités en deux groupes de nature différente: projets graphiques d'une part, et projets géométriques d'autre part. Dans le premier cas, l'objectif des élèves est essentiellement de faire réaliser un dessin par la machine; c'est alors le sujet même du dessin qui impose

---

(\*) Contrairement aux versions des micro-ordinateurs Apple et T.I., la version LOGO du matériel S.G.T.L. utilisé ne comporte pas de REPETE.

le degré de fidélité exigé pour la reproduction. Le plus souvent, un octogone sera considéré comme une approximation acceptable; si l'on veut un dessin plus fin (objectif de l'appareil photo), on ne se préoccupe pas forcément du problème de "recouvrement" partiel du début de tracé. Dans les projets géométriques, un tel à-peu-près n'est pas du tout recevable: un rond, même si l'on peut accepter qu'il ait des côtés, ne doit pas donner l'impression visuelle de points anguleux; de plus, il est essentiel qu'il soit fermé: on n'accepte ni une courbe qui reste ouverte, ni un tracé qui "tourne trop". Les propriétés qualitatives retenues pour le cercle (courbe fermée sans point anguleux) nous semblent nécessiter une observation ultérieure beaucoup plus fine: cela ne pourra être entrepris que si les projets choisis par les élèves s'orientent en grand nombre sur les tracés de courbes. On aura peut-être l'occasion de mettre en évidence les critères utilisés par les enfants pour discriminer cercle, ovale, spirale, etc... Avec des sujets un peu plus âgés, ou plus avancés dans la manipulation des micro-mondes LOGO, on pourra aussi s'intéresser à la liaison polygone-cercle.

## Nombres.

La première série de projets numériques apparaît dans l'équipe rouge dès fin janvier. A cette époque de l'année, tous les groupes commencent à avoir une certaine dextérité à manipuler le clavier et se mettent à utiliser leurs deux mains et plusieurs doigts. Il semble qu'ils aient pris conscience alors du petit nombre de touches utilisées, et qu'ils aient eu envie de tenter une exploration systématique. Certaines touches portent des mots qui leur sont inconnus, et souvent ne produisent aucun effet (plusieurs effectivement ne sont pas câblées !), d'autres leur paraissent de peu d'intérêt. C'est donc à la partie alphanumérique du clavier qu'ils consacrent toute leur attention.

Plusieurs explorations de nature assez différente ont été entreprises sur les nombres; mais la méthode de travail adoptée par les groupes diffère peu de celles qu'ils avaient en géométrie de tortue: on choisit un centre d'intérêt, on anticipe la réaction de la machine, on compare ce qu'elle fait réellement avec ce qu'on avait prévu, et on essaie de comprendre ce qui se passe. Les principaux domaines abordés sont les opérations, la liaison relatifs-graphique, et les grands nombres.

## Opérations.

Le terrain choisi par le groupe consiste à faire effectuer des opérations par la machine. La première tentative concerne l'addition, et ne produit pas de surprise majeure. La soustraction, par contre, s'avère source d'imprévu. En effet, inattention ou malice de l'un d'eux, à un moment se trouve écrit à l'écran

3 - 15

Certains pensent qu'il faut modifier avant d'appuyer sur le "retour de chariot" (*C'est impossible ! On ne peut pas ! On n'a pas le droit !*). D'autres effectuent tout simplement le calcul dans le "bon" sens (c'est-à-dire sans se préoccuper de l'ordre des termes); et annoncent sur un ton d'évidence agacée: *ça fait 12 !*, mais la curiosité l'emporte: *essaie, on va voir ce qu'elle va répondre !* Au premier coup d'oeil, la réponse semble être 12, et celui qui avait annoncé le résultat en valeur absolue (et s'était fait rabrouer par les autres) prenait déjà un air très fier,

quand une seconde lecture, plus attentive, leur fait remarquer le signe -. Plusieurs essais du même type les confortent dans l'idée que cette machine, ayant à effectuer

$$A - B \quad \text{avec } A < B$$

effectue  $B - A$ , et fait précéder ce résultat du signe -. Quelques-uns rattachent ce résultat aux illustrations classiques prises dans la vie courante: dettes, températures...

Cependant,  $-12$ , et les autres négatifs obtenus par ce procédé, semblent considérés comme une convention d'écriture indiquant que l'opération à effectuer consistait à soustraire un nombre  $B$  d'un nombre inférieur à  $B$ . On peut sans doute admettre qu'il y a une première tentative de donner à cette écriture un statut particulier (de nombre ?) quand ils essaient

$$-12.11365 \quad -37.28189$$

bien que nous n'ayons pas réussi à saisir ce qu'ils avaient comme idée sur la réponse que fournirait la machine. Le résultat (QUE DOIS-JE FAIRE AVEC  $-49.39554$ ) n'a pas été exploité par les élèves, ce qui nous paraît un indice qu'à ce moment-là, pour eux, les négatifs n'ont pas encore acquis un statut de nombre.

En particulier, dans toutes les autres manipulations qu'ils ont effectuées, on ne trouve aucune tentative du type  $-3 + 5$ , ou  $-3 + -8$ , ni a fortiori  $-3 - -12$ .

La multiplication est plus difficile à découvrir, car la machine utilise un symbole,  $*$ , qui n'est pas celui habituellement employé,  $x$ , en classe. Certains proposent d'essayer avec la lettre  $x$ , ce que la machine ne sait pas interpréter.

Une autre solution peut être trouvée, en utilisant le terme PRODUIT, qui est un primitif du langage. Mais en général ce procédé n'est guère apprécié des élèves, qui semblent le trouver à la fois peu naturel et peu maniable.

La division également pose le problème du signe opératoire employé: l'ordinateur a une utilisation différente du signe de ponctuation ":", et proteste

ECRIS 738 : 18

738

: N'AIME PAS RECEVOIR 18 COMME INPUT(S)

(Remarque: ce groupe avait auparavant utilisé la notion de paramètre, et connaissait donc l'usage du signe ":" à cet effet.)

Comme une touche porte un symbole dont le graphisme leur paraît voisin, |, on l'essaie, sans succès. C'est alors que les élèves découvrent les deux touches \ et / . Cette dernière est assez rapidement interprétée correctement, comme fournissant le quotient entier; cette découverte provoque un moment de surprise, teinté peut-être d'une légère déception, car les élèves s'attendaient apparemment à ce que la machine, plus habile qu'eux, "pousse" le calcul au-delà de la virgule. La touche \ donne des résultats très inattendus, et les laisse longtemps perplexes, avant qu'ils n'arrivent à la conclusion correcte: \ fournit le reste dans la division entière.

Un autre groupe, qui espérait trouver dans la machine une amie compatissante qui ferait à leur place leurs exercices sur les fractions, ont eu beaucoup de déboires, et conclu que l'ordinateur ne sait vraiment pas se débrouiller avec les fractions, après avoir obtenu deux réponses à leurs yeux contradictoires:

$$1 \setminus 4 + 1 \setminus 4 = 2 \setminus 8$$

QUE DOIS-JE FAIRE AVEC "VRAI

$$1 \setminus 4 + 1 \setminus 4 = 2 \setminus 4$$

QUE DOIS-JE FAIRE AVEC "VRAI

Comme ils étaient convaincus que \ était le signe de division, et n'avaient pas jugé bon d'effectuer la moindre vérification, la première de ces deux réponses a provoqué des discussions véhémentes !

Il faut signaler que le comportement de l'ordinateur rompt singulièrement avec les habitudes scolaires. En effet, alors que les exercices sont souvent posés en classe sous la forme

$$3 + 8 =$$

où la consigne est clairement —mais implicitement— complétez, cette même formulation n'est pas du tout acceptée par l'ordinateur:

$$345 + 655 =$$

= A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S)

Là, deux attitudes également intéressantes:

. soit compléter l'égalité, en rouspétant pour la forme que ce n'est pas drôle d'être obligé de faire les calculs (et avec pour certains un rien de mépris pour cette machine qui est moins efficace qu'une simple calculette); mais alors, quelle récompense de voir la machine répondre

VRAI (ou parfois FAUX, mais ça ne fait rien, à les regarder on a l'impression qu'ils en éprouvent presque autant de plaisir !)  
 . soit en conclure: *puisque'elle ne comprend pas =, on n'a qu'à essayer sans = !*, et savourer la satisfaction de lui faire exécuter des calculs !

De plus, les élèves trouvent assez vite monotone et fastidieux le message

QUE DOIS-JE FAIRE AVEC (résultat)

et prennent l'habitude de lui préciser ECRIS... (qui heureusement possède une forme abrégée, EC). Les règles d'utilisation de ce primitif ne paraissent pas toujours très limpides aux enfants:

1 + 1

QUE DOIS-JE FAIRE AVEC 2

ECRIS 1 + 1

2

mais

ECRIS 2 = 1 + 1

2

= A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S)

ECRIS 1Ø = 4 + 4

1Ø

= A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S)

ECRIS 4 + 4 = 1Ø

8

= A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S)

pour enfin découvrir

EC ( 1Ø = 4 + 4 )

FAUX

mais avoir de nouvelles déconvenues à la séance suivante:

ECRIS ( 2 \* 2 )

4

ECRIS ( 4: 2 )

TROP DE PARENTHHESES INTERIEURES (sic!)

ECRIS ( 4 : 2 )

TROP DE PARENTHHESES INTERIEURES

ECRIS ( 4:2 )

TROP DE PARENTHHESES INTERIEURES

Ceci montre une sensibilisation évidente à l'importance des espaces blancs, puisque c'est sur ce "paramètre" qu'ils essaient d'abord de faire porter les variations, avant d'obtempérer à la suggestion du

message, avec

ECRIS 4:2

4

: N'AIME PAS RECEVOIR 2 COMME INPUT

### Liaison numérique-graphique

Le groupe qui le premier a exploré les nombres et les opérations a ensuite voulu essayer de combiner ces découvertes avec les ordres graphiques.

Les premières tentatives —remplacer la valeur donnée à AVANCE par une somme— correspondaient parfaitement à ce que les enfants avaient prévu. Ainsi, quand ils tapent AVANCE 13 + 20, suivi de RECULE 33, la tortue revient, comme ils s'y attendaient, à son point de départ. D'autres essais sont faits pour confirmer l'hypothèse, puis on passe à une deuxième étape, suite logique dans l'exploration, en utilisant, au lieu de l'addition, une soustraction "normale" (c'est-à-dire où le premier terme est supérieur au deuxième). Là encore, tout se passe bien: si vous tapez AVANCE 30 - 12, suivi de RECULE 18, la tortue revient à l'origine; d'autres exemples suivent la même règle: la donnée d'une différence est équivalente à la donnée du résultat effectué.

Le pas suivant consistait à essayer la "nouvelle soustraction", celle où le premier terme est inférieur au deuxième. Les élèves ont alors été tellement sidérés de voir la tortue ... reculer, qu'ils ont d'abord attribué cette réaction à une panne de la machine (\*). Il leur a fallu la confirmation d'un nombre important de tentatives similaires, entrecoupées de retours en arrière aux deux étapes précédentes, pour qu'ils arrivent à se convaincre qu'il s'agissait bien là du comportement normal de la machine. Un nouveau pas est franchi en essayant alors directement AVANCE -30, et en vérifiant que cet ordre est équivalent à RECULE 30. Là encore, d'autres cas similaires sont effectués pour renforcer la conjecture.

C'est alors qu'intervient la proposition, pour nous inattendue, d'essayer AVANCE +30. Le groupe se mobilise sur cette idée nouvelle, et, à notre grand étonnement, se montre très divisé sur le résultat à prévoir: va-

---

(\*) Bien que dans l'ensemble le matériel se soit révélé très robuste et assez fiable, il arrive parfois que la machine ait quelques réactions imprévisibles, attribuées, faute de meilleure explication, à des sautes de tension dans l'alimentation.

t-elle avancer de trente ou de soixante pas ? Notre surprise est telle que nous demandons aux élèves pourquoi soixante ? La réponse est intéressante: + indique qu'il faut ajouter 30 à quelque chose, mais comme il n'y a pas d'autre nombre que 30, elle va peut-être ajouter 30 à 30 ? On essaie, et on constate que AVANCE +30 produit le même effet que AVANCE 30. Les résultats observés sont consignés dans le cahier:

— veut dire Re

+ veut dire AV

Re - 77 - 12 la tortue a avancer de 27

AV - 15 - 12 elle recule de 27

AV - 10 nous fait reculé de 10

AV - 10 peu être être remplacé par 10

re + 10 = AV 10

AV + 10 nous fait avancer de 10.

AV + 10 peu être remplacer par av 10

re + 10 nous fait avancer

re - 10 peu être remplacer par AV 10

Il nous semble qu'ici les élèves sont en train de percevoir les deux rôles des signes + et (surtout) -: d'une part symboles d'opération, d'autre part symboles différenciant les positifs des négatifs. Il nous paraît clair en tout cas qu'ils ont mis en place spontanément une première approche de l'isomorphisme entre  $\mathbb{Z}^+$  et  $\mathbb{N}$ , et qu'à ce stade +20 et -30 commencent à n'être plus seulement convention d'écriture, mais à acquérir un statut de nouveaux nombres, qui plus est reliés aux naturels.

Au cours de ce travail sur AVANCE suivi d'un nombre positif ou négatif, une remarque fuse: mais alors, DROITE -30, ça va faire la même chose que GAUCHE 30 ? Vérification pour confirmer cette intuition, et complément pour identifier DROITE +30 et DROITE 30. Là encore d'autres manipulations sont effectuées par les élèves sur le même modèle, et les résultats notés dans les cahiers.

((( peut être remplacé par	
av-10	re 10
av+10	av 10
re -10	av 10
ga+10	ga 2010
ga-20	ga 20
RE+10	RE 10
DR+10	DR 10
DR-10	GA 10

### Les grands nombres

A la cinquième semaine sur les nombres et les opérations, le groupe jaune s'engage vers une nouvelle direction: les "grands" nombres. On sait le goût qu'éprouvent les enfants pour les nombres écrits à l'aide d'une grande quantité de chiffres; ici, il est tentant de voir comment la machine opère sur de tels nombres. Nous retranscrivons en détail les deux séances qui ont été consacrées à ce sujet.

Rappelons que ce groupe, à ce moment de l'année, a déjà exploré les additions et soustractions dont les deux termes sont de petits entiers ou des décimaux de taille raisonnable (pas plus de deux ou trois chiffres avant et après la virgule), la multiplication, la division entière et l'opération reste. Ils ont commencé des opérations à plus de deux termes: c'est en principe le domaine qu'ils ont prévu d'explorer quand ils proposent à la machine de calculer

(1) ECRIS  $10000150 - 500000809 - 1000000000950$

Stupeur devant la réponse

$$-1.00049E12$$

Cette réponse inattendue provoque une espèce de blocage. Devant ce long silence, nous suggérons de vérifier si elle a bien compris chacun des nombres proposés:

(2) ECRIS  $10000150$

$$10000150$$

(3) ECRIS  $500000809$

$$5.000009E8$$

- (4) ECRIS 1000000000950  
1.E12

Ces deux dernières réponses éclairent un peu le mystère de la réponse initiale (1). Mais elles restent cependant plutôt sybillines: le nouveau champ d'études est alors d'arriver à comprendre d'où proviennent ces *nombre*s à E.

- (5) ECRIS 111111111951  
1.111111E12

- (6) ECRIS 1234567890  
1.234568E9

- (7) ECRIS 12345  
12345

- (8) ECRIS 1234567  
1234567

- (9) ECRIS 12345678  
12345678

A ce moment, les élèves expriment plusieurs hypothèses ou remarques:

Edouard: *je crois qu'elle met un point quand il y a un E.*

Lise: *quand il y a trop de nombres (\*) , elle met le E , peut-être.*

On essaie de confirmer ou infirmer ces conjectures:

- (10) ECRIS 12345678901  
1.234568E10

Edouard est très déçu: il pensait que le chiffre suivant le E provenait du dernier chiffre du nombre fourni.

Lise: *dès qu'il y a neuf chiffres, elle met des E.*

Edouard (poursuivant sur son idée que le chiffre qui suit E doit être lié aux chiffres du nombre fourni): *elle intervertit les derniers chiffres: 809 donne 8 (3), 890 donne 9 (6).*

Un instant de silence, pendant lequel il remarque peut-être que sa règle ne convient pas pour les autres cas:

Edouard: *ou alors en fonction du nombre de chiffres: elle compte le nombre de chiffres et elle enlève 1. Si on lui fait écrire 10000000000009 ça devrait faire 1 et quelque chose E13.*

On essaie:

- (11) ECRIS 100000000000009  
1.E13

Edouard (mi-interrogateur, mi-accusateur): *pourquoi là elle n'a pas mis*

---

(\*) elle veut dire "chiffres", bien sûr. Cette élève est habituellement très effacée, peu portée à prendre la parole, mais toujours très attentive à ce qui se passe. Les séances sur les nombres sont celles où elle s'est le plus exprimée, et avec des remarques extrêmement profitables pour le groupe.

de chiffres, alors qu'avant elle en mettait ?

Une espèce d'inspiration subite lui fait essayer

- (12) ECRIS 13456789Ø117  
1.345679E13

Edouard: elle met les chiffres mais pas les zéros après la virgule. (\*)  
On va essayer ECRIS 2000066665555; ça devrait faire 2 quelquechose E12;  
au milieu peut-être qu'il y aura les quatre 6 et les quatre 5.

- (13) ECRIS 2ØØØØ66665555  
2.ØØØØ67E12

Comme ils n'ont apparemment jamais remarqué que de temps en temps la machine perd et/ou modifie les chiffres donnés, comme dans (12) où le 8 disparaît, dans (6) et dans (10) le 7 disparaît, cette réponse les laisse interloqués. Ils abandonnent donc l'attaque sur ce front, et essaient une piste différente: si on mettait des espaces ou des parenthèses ? On essaie donc:

- (14) ECRIS 1 ØØØ ØØØ ØØØ 95Ø  
1  
QUE DOIS-JE FAIRE AVEC Ø

Lise: peut-être qu'elle a marqué 1, et puis les zéros elle ne sait plus ce qu'elle doit en faire ? (Elle sera la seule à souligner ainsi que, puisqu'on a mis des espaces, la machine n'identifie plus un nombre mais plusieurs.)

- (15) ECRIS (1 ØØØ ØØØ ØØØ 95Ø)  
TROP DE PARENTHHESES INTERIEURES (sic)
- (16) ECRIS 1(ØØØ)(ØØØ)(ØØØ)(95Ø)

Lise prévoit qu'il y aura trop de parenthèses; hé bien, pas du tout:  
1  
QUE DOIS-JE FAIRE AVEC Ø

Si les parenthèses ne lui plaisent pas, on peut peut-être essayer avec des crochets:

- (17) ECRIS [1 ØØØ ØØØ ØØØ 95Ø]  
1 ØØØ ØØØ ØØØ 95Ø

Ca a l'air d'être justement ce qu'on veut ! Alors, il faudrait peut-être

---

(\*) sic: ils ont travaillé auparavant sur les nombres tels que 1.34 ou 174.56. La familiarité avec les calculatrices de poche a tout de suite fait essayer le point; de préférence à la virgule. Un autre élève, discutant avec une personne venue en visiteur, avait expliqué: les nombres à points, c'est-à-dire les nombres à virgule, c'est-à-dire les décimaux ...

mettre les opérations entre crochets ? Mais faut-il fermer le crochet après chaque nombre, ou tout mettre dans une seule paire de crochets ?

- (18) ECRIS [10000150 - 500000809 - 1000000000950]  
10000150 - 500000809 - 1000000000950

Ah, il a marqué ce qu'on avait mis !

Et pour vérifier une fois de plus, on écrit la même chose mais avec des espaces entre les tranches de trois chiffres :

- (19) ECRIS [10 000 150 - 500 000 809 - 1 000 000 000 950]  
10 000 150 - 500 000 809 - 1 000 000 000 950

Lise remarque à son tour que, à chaque fois que la machine écrit un nombre à E, il y a un point dans ce nombre.

A défaut d'arriver directement à interpréter ces nombres, on pourrait peut-être essayer de comprendre comment les opérations fonctionnent avec ces nombres ?

Edouard écrit immédiatement :

- (20) ECRIS (3.E8 + 3.E1)  
3.E8

oh ! (d'un ton absolument scandalisé !)

- (21) ECRIS 3.E1 + 3.E1

Tout en tapant cette ligne, Edouard commente : *parce que peut-être bien que E1 ça n'existe pas ...*

60.

Ce nombre enfin familier relance l'intérêt ; on parie déjà que 2.E1 + 2.E1 ça devrait faire 4 ou 40

- (22) ECRIS 2.E1 + 2.E1  
40.

Ici, trouvant l'occasion trop belle, je suggère d'en écrire un seulement :

- (23) ECRIS 2.E1  
20.

Yvonne (qui est restée complètement silencieuse depuis le début de la séance) : *alors 2.E1 c'est 2x10.*

Edouard : *2.E1 \* 3 ça va faire 60*

Ce pronostic est confirmé par l'ordinateur. L'intérêt est relancé, ils ont déjà une foule d'idées pour la prochaine séance.

Cette séance est la dernière de l'année : le groupe arrive avec une série de calculs à tester sur la machine. Voici ce qu'ils ont prévu :

- (24)  $2.E1 + 2.E1 = 40.$   
 $2.E1 * 2.E1 = 40.$   
 $4.E1 * 2.E1 = 80.$   
 $6.E1 * 6.E1 = 360.$   
 $4.E1 : 2.E1 = 20.$   
 $6.E1 - 5.E1 = 10.$   
 $2.E2 + 2.E2 = 42$   
 $2.E3 + 2.E3 = 43$   
 $2.E4 + 2.E4 = 44$   
 $2.E1 + 4.E1 = 60.$

Ils précisent que, pour les quatre derniers résultats, ils ne sont pas du tout sûrs de ce que la machine va faire. On vérifie donc ligne par ligne. La première réponse prévue est confirmée par l'ordinateur, ce qui leur procure une visible satisfaction.

Etonnement quand

ECRIS  $2.E1 * 2.E1$

donne la réponse

400.

Edouard rectifie alors immédiatement le calcul suivant: *ça va faire 800., j'en suis presque sûr !* C'est effectivement ce qui se passe, d'où le pronostic suivant: 3600. On saute alors les deux calculs suivants, pour aller explorer les E2, qui n'avaient pas été essayés la dernière fois:

ECRIS  $2.E2 + 2.E2$

400

Edouard: *peut-être que E1 ça fait un zéro, E2 ça fait deux zéros, E3 ça fait trois zéros ?*

Ils préparent une nouvelle série de réponses à vérifier sur la machine. La manière dont ils élaborent cette série est intéressante:

(25)  $2.E3 + 2.E3 = 4000.$

$2.E4 + 2.E4 = 40000.$

(ça, ils précisent qu'ils en sont presque certains, c'est essentiellement pour avoir une confirmation). Ensuite, Edouard veut essayer de modifier l'écriture de ces nombres à E, et demande qu'on essaie

$2E1 + 2E1 = 40$

sans point nulle part ... *mais c'est peut-être 4 et pas 40 ...*

$E1 + E2 = 000$

(réfléchissant à haute voix au fur et à mesure qu'il écrit: *E1 c'est un zéro, E2 c'est deux zéros, ça fait trois zéros*). Il accepte aussi qu'on essaie une autre variante d'écriture, proposée par Lise:

$.E1 + .E2 = 000.$

$$10.E1 * 10.E2 = 1000.$$

(dix fois dix, cent, et un zéro égale mille)

$$2.E1 + 2.E2 = 4000.$$

On commence alors la série des vérifications par les essais de modification d'écriture:

ECRIS 2E1 + 2E1

4∅. |

On peut donc écrire sans point, elle comprend ... mais s'il y a un E, elle met un point.

(La réponse de la machine était 4∅. et non 4∅ comme ils l'avaient pensé. Ceci ne les trouble nullement, car ils ont constaté auparavant que 40 et 40. sont deux écritures différentes utilisées par la machine pour le même -à leurs yeux- nombre, par exemple:

ECRIS 2∅ + 2∅

produit la réponse

4∅

alors que

ECRIS 19.2 + 2∅.8

produit la réponse

40.

alors que pour eux dans les deux cas, on obtient 40)

L'essai suivant est moins fructueux:

ECRIS E1 + E2

E1 N'EXISTE PAS

ECRIS E3

E3 N'EXISTE PAS

ECRIS E2

E2 N'EXISTE PAS

ECRIS .E2

.E2 N'EXISTE PAS

ECRIS E.2

E.2 N'EXISTE PAS

Edouard et Lise semblent perplexes. Yvonne qui, à son habitude, s'est peu manifestée (c'est cependant l'une des élèves les plus fines et les plus rapides de la classe) résume alors: *si il y a quelquechose devant, ça existe, sinon ça n'existe pas.* Et elle donne comme exemple 0.E1 que la machine accepte volontiers pour la valeur 0.

Les vérifications des sommes (25) sont concluantes, mais pour la multiplication,

ECRIS 10.E1 \* 10.E1

100000.

il y a un zéro de plus que prévu: ils vont donc préparer une nouvelle série de calculs portant sur la multiplication.

Quand ils reviennent, une faute de frappe leur fait d'abord taper

ECRIS 100.E1 + 100.E1

2000.

alors qu'ils attendaient, correct pour le produit, 1 000 000. Ils retapent la ligne, et ont la satisfaction de voir la machine leur donner raison.

Il reste alors à vérifier  $2.E1 + 2.E2$ ; ils ont prévu 4000. et la machine affiche 220. Ils ont l'air très déçus, et sur le moment je ne comprends pas d'où provient leur interprétation (\*); aussi je leur demande:  $2.E1$  ?

Réponse immédiate: 20. Et  $2.E2$  ? 200. Ca y est, ils ont fait le lien;

ils enchaînent aussitôt:

ECRIS  $2.E1 + 2.E3$

Edouard commente:  $20 + 2000$

2020.

ECRIS  $2.E1 * 2.E3$

Edouard toujours:  $20 \times 2000$

40000.

Ecris  $3.E4 * 4.E7$

Edouard et Yvonne:  $3.E4$  c'est 30 000,

$4.E7$  c'est 40 000 000, donc 40 030 000

1.2E12

Ils sont tellement absorbés qu'ils ne remarquent pas que Lise essaie sans aucun succès de leur faire remarquer qu'ils viennent de calculer une addition alors qu'ils sont sur une multiplication !

ECRIS ( $4.E7 = 4.E7$ )

VRAI

ECRIS  $4.E5 * 5.E8$

2.E14

Yvonne et Edouard cette fois-ci effectuent effectivement une multiplication qui les met à nouveau d'accord avec la machine. La fin de la séance arrive au moment où ils affrontent une nouvelle subtilité:

ECRIS  $4.E5 * 6.E8$

2.4 E14

alors qu'ils prévoyaient 24.E13

Quel est l'apport de l'ordinateur et du langage LOGO dans ce domaine des nombres, et en quoi se révèlent-ils supérieurs à une simple calculette ? Tout d'abord, toute la question de la liaison entre les relatifs et le graphique est impossible sur une calculatrice de poche, et sur un ordinateur nécessite des routines de simulation d'une tortue si on n'en

---

(\*) Elle est pourtant simple:  $2 + 2$  donne le 4, E1 et E2 les trois zéros.

dispose pas avec le langage. Pour ce qui concerne l'approche des opérations et l'écriture scientifique des grands nombres, une calculette peut effectivement être utilisée pour une découverte similaire. Soulignons cependant que la calculatrice ne dispose que d'une ligne d'affichage, et ne permet d'afficher qu'un nombre à la fois, qu'en général elle n'affiche pas le signe d'opération qui a été pressé, et qu'elle "remplace" dans sa fenêtre d'affichage les nombres successivement entrés pour ne montrer que le résultat. Cela suppose que les élèves gardent une trace écrite très soignée des calculs qu'ils effectuent. S'il y a désaccord entre les prévisions des élèves et la réponse de la machine, on n'a aucune trace de ce qui a effectivement été entré, et on ne peut donc pas repérer s'il s'agit seulement d'une faute de frappe (exemple le calcul d'une somme quand un produit est entré, comme le faisait remarquer Yvonne). De plus, les messages d'erreur sont beaucoup plus limités. En revanche, il est inutile de lui préciser ECRIS. Cette dernière contrainte cependant n'est en fait qu'une sophistication très vite préférée par les élèves au "refrain" QUE DOIS-JE FAIRE AVEC ... et la frappe EC (abrégé de ECRIS) ne semble pas peser, d'autant plus que son omission n'a aucune conséquence fâcheuse.

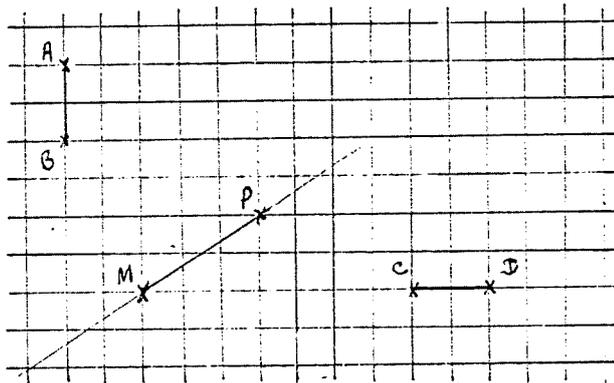
Par contre, le fait que l'écran dispose d'un assez grand nombre de lignes d'affichage est extrêmement agréable, car on n'a plus à se soucier de garder trace à chaque étape des calculs effectués: ils sont présents devant vos yeux. On peut ainsi vérifier quels sont les nombres qui ont été entrés, quel signe a été frappé, comparer avec un ou plusieurs résultats antérieurs, et ne noter sur le cahier que les résultats qui apportent une nouvelle information, ou au contraire les regrouper pour mettre plus clairement les mécanismes en évidence.

Enfin, les messages d'erreurs apportent une aide au diagnostic de l'erreur commise.

## Le scandale Thalès-Pythagore.

Le mois de mars voit le groupe bleu se scinder en plusieurs sous-groupes, de composition fluctuante d'ailleurs. Deux projets, menés en parallèle par deux sous-groupes disjoints, montrent des solutions entièrement différentes à une même type de problème.

Depuis le début de l'année, le quadrillage du cahier a été abondamment utilisé pour déterminer le nombre de pas dont la tortue doit avancer ou reculer, en se fixant une valeur pour un carreau —ou pour un nombre donné de carreaux—, et en déterminant la valeur correspondante pour les divers segments qui entrent dans leurs dessins. Nous avons noté, sans jamais le faire remarquer aux enfants, qu'ils comptent un "carreau" indifféremment pour le côté d'un carré, ou pour le segment découpé sur une droite quelconque par deux parallèles consécutives:



ainsi, AB et CD, aussi bien que MP, sont comptés pour deux carreaux.

Soulignons que jamais il n'y a eu de remise en question de cette technique: une discussion aurait cependant été possible dans des cas comme ce MP, où le comptage "dans le sens de AB" donne 2, alors que le comptage "dans le sens de CD" donne 3.

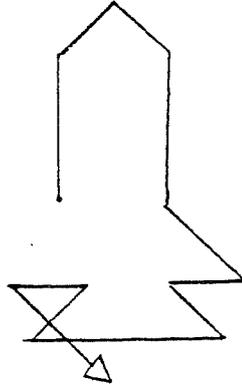
En général, cette estimation les conduit à quelques ajustements locaux, qui sont effectués spontanément: nous en avons eu un exemple avec la maison du groupe rouge (cf. p. 56), et ici avec la rétrofusée. Au contraire, avec le robot-fille, il y a une situation de conflit qui aboutit à un blocage.

### La rétrofusée

Le premier état de la fusée semble indiquer que le projet devrait être mené à bien très rapidement:

POUR RETROFUSE

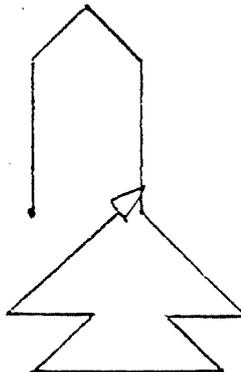
1 AV 4Ø DR 45 AV 2Ø DR 9Ø AV 2Ø DR 45 AV 4Ø GA 45 AV 3Ø DR 135 AV 2Ø  
 2 GA 135 AV 2Ø DR 135 AV 5Ø DR 135 AV 2Ø GA 135 AV 2Ø GA 135 AV 3Ø  
 FIN



Le *bug* devrait être rapidement éliminé, puisqu'il s'agit simplement de changer le dernier GAUCHE 135 en DROITE 135. Cette modification est effectivement apportée à la séance suivante:

POUR RETROFUSETD (\*)  
 1 AV 4Ø DR 45 AV 2Ø DR 9Ø AV 2Ø DR 45 AV 4Ø  
 2 GA 45 AV 4Ø DR 135 AV 2Ø GA 135 AV 2Ø DR 135  
 3 AV 5Ø DR 135 AV 2Ø GA 135 AV 2Ø DR 135 AV 4Ø  
 FIN

mais la nouvelle procédure allonge également l'aile supérieure de la fusée: le tracé ne se referme donc pas.



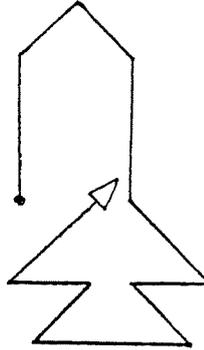
La semaine suivante, Thomas étant absent, Denis compare ces deux procédures, mais n'arrive pas à se déterminer pour une modification. Thomas revenu, le projet se poursuit avec une nouvelle procédure, baptisée à l'aide des initiales de tous les membres du groupe bleu:

---

(\*) TD sont les initiales des deux auteurs, Thomas et Denis



6 DR 135 AV 2Ø GA 135  
 7 AV 2Ø DR 135 AV 3Ø  
 FIN



C'est à peu de chose près (aillette supérieure moins longue) le dessin obtenu avec RETROFUSETD. Mais la localisation du remède est maintenant trouvée: il faut élargir la base de la fusée:

ED TDCFVT  
 EDL 5  
 5 AV 2Ø DR 135 AV 6Ø  
 FIN

qui referme le tracé.

Les élèves font alors bouger la fusée, soit en marche avant, soit en marche arrière.

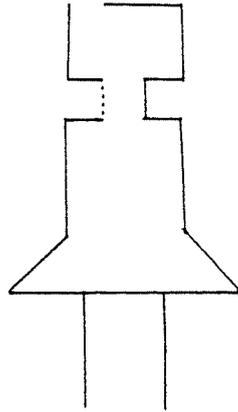
#### Un robot-fille dénommé CAMMIONNETTE

A la même période, reprenant une idée rapidement abandonnée par Françoise et Virginie, Christian décide de dessiner un robot-fille.

On a principalement trois procédures, dont le titre offre des variantes d'orthographe et de terminaisons sur CAMIONNETTE, très similaires dans leur architecture:

POUR CAMIONNETTEC  
 1 DR 9Ø AV 4Ø DR 9Ø AV 4Ø DR 9Ø AV 2Ø GA 9Ø AV 2Ø GA 9Ø  
 2 AV 2Ø DR 9Ø AV 6Ø GA 45 AV 4Ø GA 135 AV 4Ø GA 9Ø AV 6Ø LP RE 6Ø  
 3 DR 9Ø AV 4Ø GA 9Ø AV 6Ø LP RE 6Ø DR 9Ø AV 4Ø DR 135 AV 4Ø  
 4 GA 45 AV 6Ø DR 9Ø AV 2Ø LP GA 9Ø AV 2Ø DP  
 5 GA 9Ø AV 2Ø DR 9Ø AV 4Ø  
 FIN

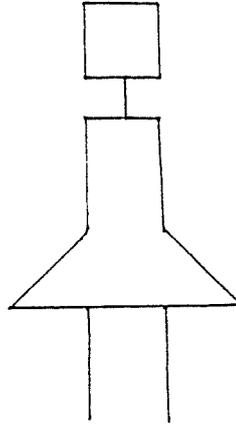




Et alors là, Christian ne comprend plus: il est absolument sûr que sa liste d'ordres est correcte: il a patiemment vérifié ses sens de rotation, et utilisant la tortue de plâtre et en tournant son cahier, il a bien contrôlé les valeurs qu'il a indiquées pour les AVANCE et RECOULE en recomptant sur les carreaux de son cahier, il a même relu un à un les ordres qu'il a entrés au clavier, en pointant au fur et à mesure pour s'assurer que la procédure enregistrée par l'ordinateur est bien celle qu'il avait prévue sur son cahier. Et pourtant, le robot-fille ne se referme pas ! Il n'a plus d'autre explication qu'une éventuelle mauvaise volonté caractérisée de la machine, une panne: ça ne peut pas être sa procédure, c'est elle qui ne marche pas !

Par acquis de conscience, nous reprenons avec lui toutes les étapes de la vérification, et nous pouvons convenir avec lui, il y a "quelque chose" qui ne va pas. Aussi, nous lui suggérons de refaire son croquis sur son cahier, mais pas un tout petit dessin comme celui qu'il utilise jusqu'à maintenant: prendre une nouvelle page, et adopter un millimètre pour un pas de tortue. Il nous regarde, visiblement interloqué: mesurer, avec un double-décimètre ? Quelle curieuse idée ! Alors que le comptage des carreaux est tellement plus simple ... Et puis, un double-décimètre, on s'en sert pour tracer des traits, ou comme substitut de tortue (la matière plastique transparente permet de voir le trait qu'on suit, et les graduations différemment écartées sur les deux bords permettent de retrouver facilement quelle est la droite et la gauche de cet ersatz de tortue ...), mais jamais on ne l'a utilisé pour mesurer... Peut-être pour nous faire plaisir, ou parce que de toute manière, il n'avait plus grand'chose à perdre, il entreprend le nouveau dessin. Et à sa stupéfaction, il arrive, lui aussi, au tracé que la machine produit sur l'écran ! Comparant avec

le minuscule dessin qui lui servait de point de départ, il modifie la jupe de son robot-fille, pour que, sur le dessin à grande échelle, elle soit conforme à son projet initial: mesurant alors, il découvre que les bords de la jupe font 57 et non 50. Il entre alors la modification au clavier, et a la joie de voir son robot se refermer:



A l'inverse de tous les groupes qui avaient utilisé spontanément une technique d'approximation successive, Christian avait un croquis très précis, auquel il se référait constamment. Dans tous les autres cas, les modifications ont été effectuées sans revenir au tracé du croquis initial, mais uniquement en fonction du résultat affiché à l'écran. Cela est d'autant plus évident que si, pour la rétrofusée, les élèves avaient gardé le même système d'échelle pour le corps de la fusée et pour la base, ils auraient d'emblée donné la valeur 60 à laquelle ils parviennent en fin d'étude, et qui permet de refermer la fusée. La principale différence entre les projets où est appliquée la technique d'approximations successives, et le projet robot-fille, est que dans le premier cas on agit sur la dimension d'un côté porté par les lignes du cahier, c'est-à-dire qu'on abandonne la référence à l'échelle, au profit d'une modification au jugé. Au contraire, dans le robot-fille, il y a un refus très net d'abandonner le quantitatif (calcul) au profit du qualitatif (changement en fonction du résultat obtenu). On aurait pu concevoir qu'arrivé au retour à la base du cou, au lieu de tourner à gauche l'élève cherche à déterminer, en mode LEVEPLUME et en pilotant la tortue, combien de pas il faut pour rejoindre l'autre côté du cou, et qu'il diminue l'entrejambe de cette même quantité: cela permettait également de refermer le robot, mais il s'agit là d'une approche tout-à-fait différente.



Quatrième partie

Premier bilan.



Errare humanum est, perseverare ... puerile.

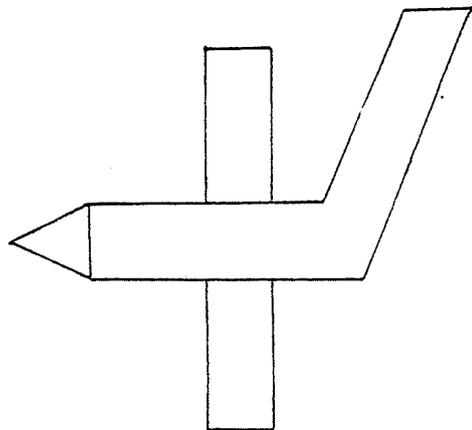
Un trait qui nous a frappées, tout au long de cette année, est la persévérance dont font preuve les élèves. Le tableau de l'Annexe I montre en effet que dix projets se maintiennent sur plus de cinq séances, c'est-à-dire durent un mois au moins. Le projet qui couvre le plus grand nombre de séances est l'avion du groupe vert (dix séances).

Ce groupe de quatre filles et un garçon a, quand commence ce projet en janvier, réalisé un seul projet, une maison, qui a été poursuivie pendant neuf séances. En se reportant au premier chapitre de la troisième partie de ce rapport, où ont été décrites les constructions des maisons, on remarquera combien ce groupe éprouve de la difficulté à établir une progression solide. On verra par ailleurs (Quelques profils, le cas de Micha) une courte présentation de ce garçon, qui se rattachera ultérieurement à une autre équipe. En classe, c'est Annie la plus brillante; elle est considérée comme une très bonne élève par la maîtresse.

Les premiers essais de l'avion égyptien.

Micha en fait est à l'origine de cette idée d'avion. La notion de perspective ne préoccupant pas beaucoup les élèves, nous avons cet avion mi-profil mi vu de dessus, qui nous a fait irrésistiblement penser aux personnages des peintures de l'Ancienne Egypte, mi-face, mi-profil.

Le croquis de l'avion "égyptien"



A la première séance, la procédure s'appelle AVION.

La technique de procédure leur est encore peu familière, et les élèves s'étonnent que, pendant qu'on écrit la procédure, la tortue ne trace pas. Ils ont aussi tendance à écrire un seul ordre par ligne, ce qui avait été leur habitude tout au long du premier projet; mais comme ici ils ont prévu une seule procédure, au lieu d'une décomposition en sous-procédures, on risque d'arriver à une liste d'ordres très longue, couvrant pratiquement tout l'écran. Pensant favoriser la mise en place de regroupement d'ordres susceptibles d'être ultérieurement détachés en sous-procédures, nous insistons pour que les lignes comportent plusieurs ordres. Mais comme toujours quand une idée n'entre pas dans le cheminement de la pensée des élèves, elle est mésinterprétée, et le découpage en lignes est fait sans raison "logique", quand ils trouvent que ça commence à être long.

Le tracé obtenu provoque un éclat de rire généralisé: *drôle de tête pour un avion !*

POUR AVION

1 GA 45

2 AV 25

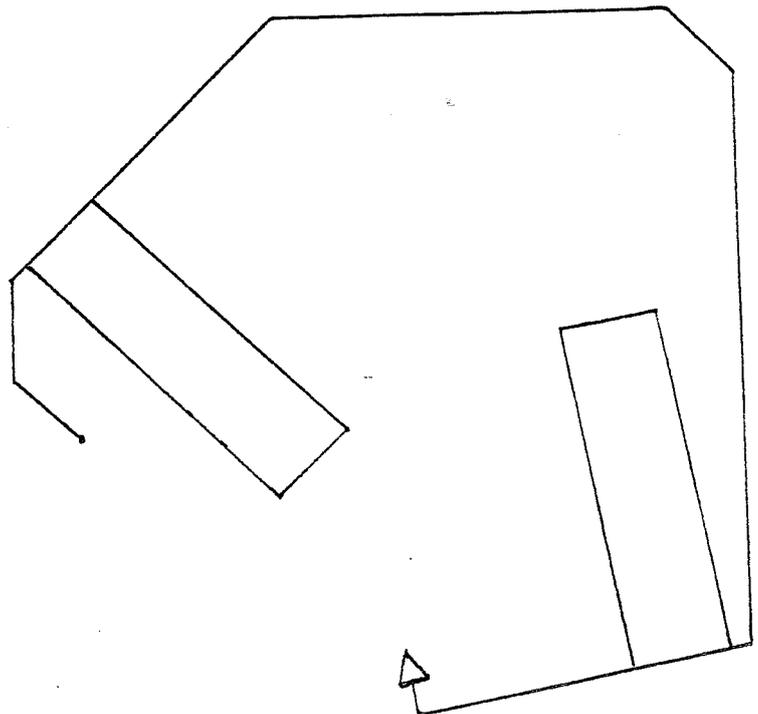
4 DR 45 AV 3Ø DR 9Ø AV 9Ø DR 9Ø AV 25 DR 9Ø

5 AV 9Ø DR 9Ø AV 9Ø DR 45 AV 1ØØ DR 45 AV 25 DR 45

6 AV 15Ø DR 8Ø AV 3Ø DR 9Ø AV 9Ø DR 9Ø AV 25 DR 9Ø

7 AV 9Ø DR 9Ø AV 8Ø DR 9Ø AV 1Ø

FIN



Pour la deuxième séance, les élèves ont préparé une amélioration de la suite des ordres. Mais la technique d'édition d'une procédure (rappel pour modification), bien qu'elle ait été abondamment utilisée au cours du premier projet, n'est toujours pas familière aux élèves: aussi se décident-ils pour une nouvelle procédure, qui reçoit comme titre le nom de l'une des filles du groupe:

POUR IDA

1 GA 45

2 AV 1Ø

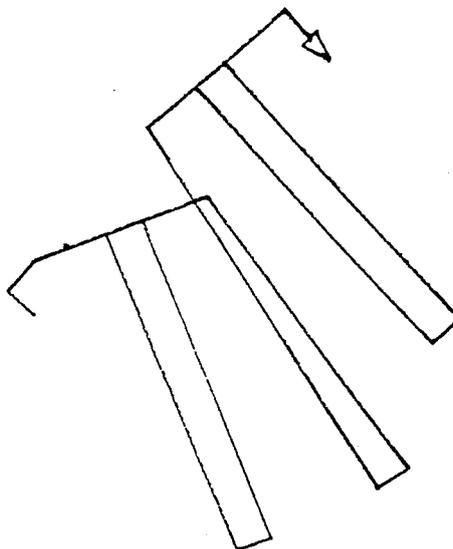
3 DR 9Ø AV 1Ø DR 2Ø AV 3Ø DR 9Ø AV 9Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø

4 AV 9Ø DR 9Ø AV 26 DR 75 AV 9Ø DR 95 AV 1Ø DR 9Ø AV 11Ø

5 DR 8Ø AV 26 DR 9Ø AV 9Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 9Ø DR 9Ø

6 AV 3Ø DR 9Ø AV 1Ø

FIN



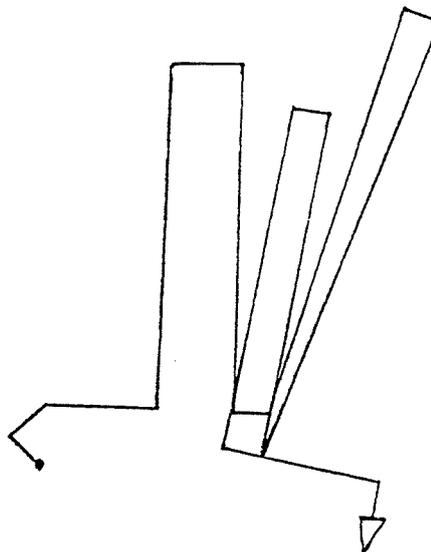
Les élèves se trouvent confrontés à une double difficulté:

- a) évaluer l'ordre de grandeur de la rotation nécessaire, quand l'angle de la figure n'est pas un angle droit (raccord de la cabine de pilotage et du fuselage, raccord de la queue sur la carlingue)
- b) déterminer si la rotation doit être effectuée vers la gauche ou vers la droite: on notera en particulier que les deux ailes sont tournées vers l'intérieur de l'avion, et non vers l'extérieur comme sur le croquis à reproduire.

A la séance suivante, on poursuit la création de nouvelles procédures, plutôt que de modifier les précédentes. L'avion s'appelle maintenant ROUDOUDOU.

POUR ROUDOUDOU

1 GA 45 AV 10 DR 90 AV 10 DR 45 AV 30 GA 90 AV 90 DR 90 AV 19 DR 90  
 2 AV 90 GA 90 AV 10 GA 75 AV 110 DR 95 AV 10 DR 90 AV 120 DR 80  
 3 AV 10 DR 90 AV 90 DR 90 AV 10 DR 90 AV 90 GA 90 AV 30  
 4 DR 90 AV 10  
 FIN



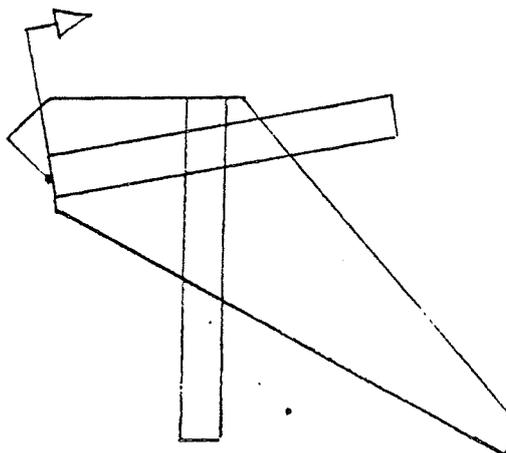
Il y a de toute évidence un substantiel pas en avant, puisque deux *bugs* ont été éliminés:

- 1- l'angle cockpit/fuselage est maintenant satisfaisant
- 2- la première aile va dans le bon sens.

Hélas, à la séance suivante, tout s'emmêle à nouveau:

POUR PARIS

1 GA 45 AV 15 DR 90 AV 15 DR 45 AV 45  
 2 DR 90 AV 90 DR 90 AV 11 DR 90 AV 90  
 3 DR 90 AV 15 DR 50 AV 110  
 4 DR 60 AV 10 DR 100 AV 130  
 5 DR 50 AV 15 DR 90 AV 90 DR 90 AV 11  
 6 DR 90 AV 90 DR 90 AV 45 DR 90 AV 10  
 FIN



Comparons ces deux dernières étapes :

- ROUDOUDOU reprenait en partie les commandes de la procédure IDA, en essayant d'y mettre un peu d'ordre et d'améliorer le tracé. Ainsi, les trois premières lignes de IDA sont condensées en une seule ligne dans ROUDOUDOU, avec modification de la valeur de l'angle cockpit/fuselage, et élargissement de l'aile. En deuxième ligne, on change le sens de rotation pour l'aile et le raccord avec la queue; les autres modifications sur cette ligne sont mineures, et le reste de la procédure est pratiquement sans changement.

- au contraire, avec PARIS, il y a un remaniement très sensible, comme si les élèves avaient tenté une espèce de restructuration de leur description au lieu de s'appuyer sur la procédure précédente. Les lignes sont plus courtes, et essaient de correspondre à des parties de l'avion. La ligne 1 agrandit le cockpit et assure la soudure avec le fuselage. La ligne 2 trace l'aile, mais ne conserve pas la "bonne" rotation à laquelle on était parvenu avec la procédure précédente. La troisième ligne réalise -ou essaie- la soudure de la queue sur la carlingue. La quatrième ligne est consacrée à la queue, et les deux dernières lignes concernent l'aile inférieure et le ventre de l'avion. A nouveau les ailes sont tournées vers l'intérieur du tracé. La séance se passe à essayer de localiser les *bugs*, de les analyser et de prévoir des commandes qui permettront de les éliminer. Pour cela, on utilise le primitif PASAPAS, qui affiche ligne par ligne la procédure, et n'exécute une ligne que lorsqu'une quelconque touche du clavier est frappée. Cela assure un tracé par étape du dessin, et permet aux élèves de centrer leur attention successivement sur les différentes parties du tracé.

Remettre les pieds sur terre pour reprendre souffle.

Après ces quatre séances où on a l'impression de complètement piétiner, et malgré l'aide au dépistage des *bugs* que constitue l'utilisation du primitif PASAPAS (ou peut-être à cause de cela, car cette observation minutieuse a permis de mettre en évidence le grand nombre de commandes à modifier), les élèves décident de laisser l'avion de côté pour un temps. Cette décision, qui a été prise en commun pendant la semaine, a donné lieu à la préparation sérieuse de ce nouveau projet: c'est une locomotive, qui va les occuper pendant sept semaines, mais se révélera plus propice que l'avion à une analyse par décomposition, conduisant naturellement à un traitement en plusieurs procédures. Juste avant les vacances de printemps, quand la locomotive a pris une belle allure, et

que l'on émet la suggestion de la faire bouger, Carine propose de revenir à l'avion.

Notons que le groupe est resté très lent et très dépendant. Annie et Carine ont un rôle de leader, mais Annie intervient systématiquement à contre-temps, ce qui perturbe souvent les trois autres filles (\*) et leur fait plus d'une fois perdre le fil de leurs idées. Pour contenter tout le monde, chacune ayant très envie de taper au clavier, Carine et Ida organisent un temps de passage chronométré, qui est décidé en début de séance. Bernarda reste très passive; quand ce n'est pas son tour de frapper, elle semble rêveuse, parfois elle se retourne pour regarder les dessins affichés sur les murs de la classe; pourtant, elle est capable d'intéressantes initiatives, comme de noter systématiquement les ordres essayés en mode pilotage, ce qui permet de les recopier facilement sous forme de procédure si l'on est satisfait du résultat.

Très souvent, il faut recentrer ce groupe sur ce qui est l'objet des préoccupations immédiates, car cela est très facilement perdu de vue, et conduit à de grands silences où deux (en général Bernarda et Annie) se désintéressent complètement de la question, et les deux autres essaient de retracer les événements qui viennent de se produire. Pour éviter ces coupures qui ralentissent encore un déroulement déjà peu rapide, nous essayons de relancer continuellement l'attention par des questions appropriées:

- *qu'est-ce qu'on est en train de faire ?*
- *des corrections.*
- *avez-vous fini les corrections ?*
- *oui.*
- *avez-vous indiqué que vous avez fini ces corrections ?*
- *non. (Silence) Ah oui, FIN.*
- *que voulez-vous faire maintenant ?*
- *l'essayer.*
- *essayer quoi ?*
- *(nom de la procédure en cours).*

Souvent, elles tapent alors POUR et le titre de la procédure, ce qui provoque le message

PROCEDURE DEJA EXISTANTE

Plusieurs fois, elles feront précéder le nom de la procédure de DESSINE , obtenant alors le message

DESSINE N'EXISTE PAS

En posant des questions sur les premiers primitifs utilisés, ou sur le

---

(\*) A cette époque, le garçon qui était le cinquième membre de l'équipe a rejoint un autre groupe (cf. chapitre suivant, le cas de Micha).

projet précédent, on finit toujours par retrouver le bon chemin.

En route pour le certificat de navigabilité.

On reprend le dessin de l'avion sur le cahier, et —bien que ce ne soit pas très pratique (\*)— on suit le tracé avec une tortue de plâtre, en notant au fur et à mesure les commandes qui semblent appropriées. Les valeurs à donner aux paramètres paraissent encore souvent déterminées de manière purement aléatoire, ainsi que le choix entre DROITE et GAUCHE (bien que la tortue de plâtre comporte ces indications sur les pattes de devant). La procédure s'appelle maintenant KIKISX

POUR KIKIS X

```
1 GA 45 AV 9Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 45
2 AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø DR 9Ø AV 1Ø
3 DR 9Ø AV 8Ø GA 9Ø AV 3Ø CA 75
```

On notera que la structuration par ligne a beaucoup progressé: la première ligne est prévue pour la pointe du cockpit, les deux lignes suivantes pour le dessus de la carlingue avec l'aile.

Là on s'aperçoit d'une faute de frappe: le nez de l'avion va être démesurément long si on met AV 9Ø; de plus, si dessus on a AV 1Ø, dessous on doit avoir la même valeur. Mais au lieu de modifier la ligne 1 par rappel, ou plus simplement en la retapant, elle écrivent FIN, qui sort du mode édition, puis EDITE KIKIS X pour rentrer en mode édition; le X détaché ne convient pas à la machine, qui avertit

X N'EXISTE PAS

Ce message n'ayant aucun sens à leurs yeux, elles l'ignorent. On a alors:

EDITE KIKIS X

```
1 GA 45 AV 1Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 45 AV 3Ø GA 9Ø
2 AV 8Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø GA 9Ø AV 3Ø GA 75
3 AV 11Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 1ØØ AV 115 DR 45 AV 3Ø GA 9Ø .
4 AV 8Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø GA 9Ø AV 3Ø DR 9Ø
5 AV 1Ø DR 9ØAV8Ø
```

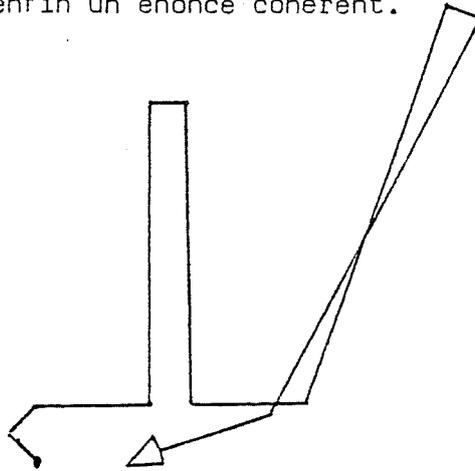
FIN

Là encore, le message X N'EXISTE PAS est ignoré. La commande EDITE KIKIS X mise après fin, prouve à quel point les commandes d'édition et d'exécution sont encore utilisées à tâtons. Plusieurs essais successifs sont alors entrepris pour arriver à maîtriser ce X que l'ordinateur refuse aussi obstinément. Au troisième EDITE KIKIS X, Carine émet l'hypothèse que,

---

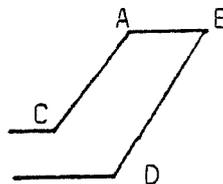
(\*) Non transparent, et beaucoup trop gros, ce moulage masque complètement le dessin. Mais il a un air plaisant, qui semble rassurer certains.

puisqu'elles n'ont pas mis KIKISX en un seul mot, il faut seulement écrire EDITE KIKIS. On modifie alors le titre, en effaçant le X perturbateur, pour obtenir enfin un énoncé cohérent.



(La procédure s'est arrêtée à la fin de la ligne 3, le . n'ayant pas été effacé.)

Il faut reconnaître qu'on progresse, et cette interruption à la fin de la troisième ligne aide sûrement les élèves à reporter toute leur attention sur la queue de l'avion. Cependant, la plupart des raisonnements sont basés sur des comparaisons d'ordre de grandeur, mais qui hélas ne sont pas effectuées systématiquement. Ainsi, pour le "bout de la queue"



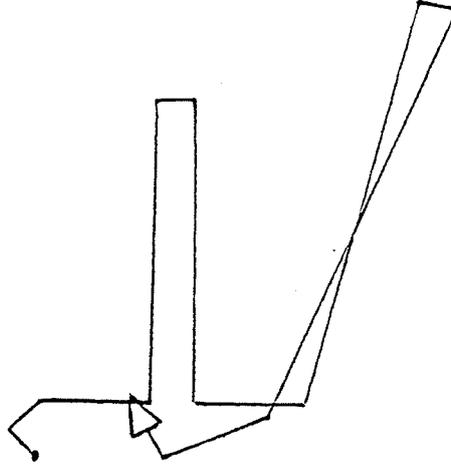
le segment AB sur leur croquis est parallèle au bout de l'aile, ainsi qu'aux bords de la carlingue. Observons qu'en A elles reproduisent le pivotement à angle droit qui est celui du bout de l'aile, alors qu'en B elles sont sensibles au fait qu'on tourne de plus de  $90^\circ$ : d'où la valeur 110 qui est adoptée. De même, elles remarquent que le dessous BD de la queue est plus long que le dessus AC, ce qui se traduit par AV 115 au lieu de AV 110.

Une semaine plus tard, elles ont souvenir qu'elles avaient eu des ennuis avec le X (mais ne se rappellent plus du tout que ce problème avait été résolu), aussi commencent-elles par essayer de faire imprimer à l'écran KIKIS X, puis KIKIS (deux fois). Elles effacent alors la procédure KIKIS puis en réécrivent une autre, légèrement modifiée: ceci leur paraît plus simple que d'utiliser les commandes d'édition. La nouvelle procédure est:

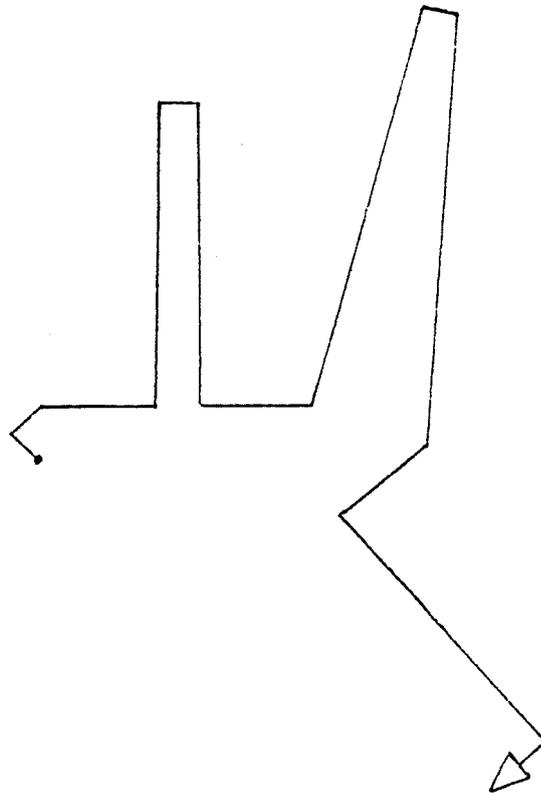
POUR KIKIS

1 GA 45 AV 1Ø DR 9Ø AV 1Ø DR 45 AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø  
 2 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø GA 9Ø AV 3Ø GA 75 AV 11Ø  
 3 DR 9Ø AV 1Ø DR 1ØØ AV 115 DR 45 AV 3Ø GA 9Ø AV 3Ø  
 4 DR 9Ø AV 1Ø

FIN



Le dessous de la queue ayant été *trop tourné*, elles changent le DROITE 100 de la ligne 3 en DROITE 80, et en profitent pour insérer au bout de cette même ligne deux ordres supplémentaires GAUCHE 90 AVANCE 80. Le résultat est alors:



Annie: elle est bien, la queue !

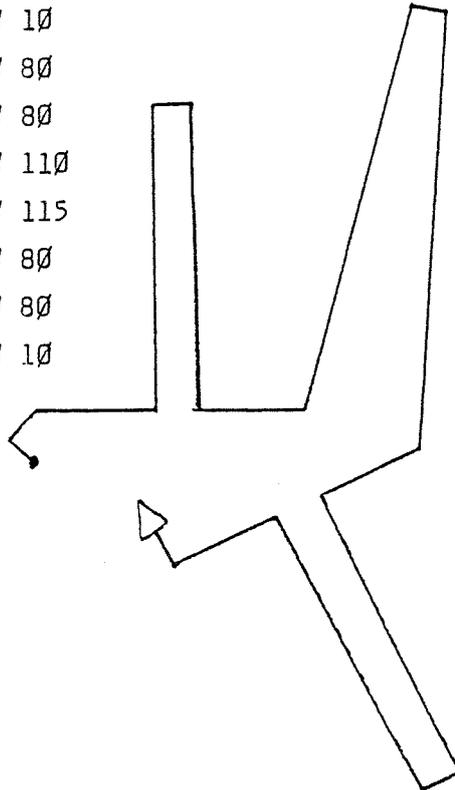
Pendant ce temps, Ida décrit les modifications à apporter: il faut redresser le dessous de la carlingue avant l'aile, et ensuite finir l'aile et refermer l'avion.

Ces modifications sont effectivement préparées, et le début de la séance suivante est consacrée à leur entrée au clavier. Après avoir modifié la procédure KIKIS, qu'elles ne font pas exécuter, elles écrivent une nouvelle procédure (qui fait la même chose):

POUR PAURC

```

1 GA 45 AV 1Ø DR 9Ø AV 1Ø
2 DR 45 AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø
3 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø
4 GA 9Ø AV 3Ø GA 75 AV 11Ø
5 DR 9Ø AV 1Ø DR 8Ø AV 115
6 DR 6Ø AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø
7 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø
8 GA 9Ø AV 3Ø DR 9Ø AV 1Ø
FIN
```



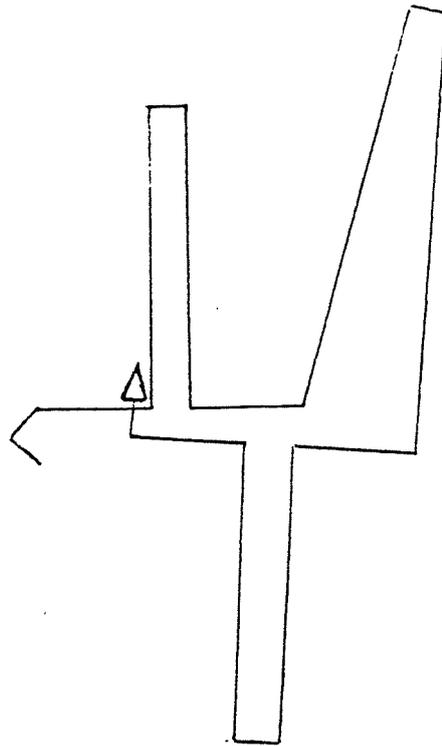
Elles commencent à exprimer le besoin de s'organiser: *Si quelqu'un copiait tout ça puisque c'est bon ? ... Ah, non, c'est déjà fait, on l'a dans nos cahiers.* L'exécution provoque à nouveau un grand éclat de rire, mais cette fois-ci avec un ton de satisfaction évident: *Ouaiiaiais ! Le début, il est bon ! Il faut faire un peu plus long !*

A la fin de la séance, on a une nouvelle version pour cette procédure:

POUR PAURC

```

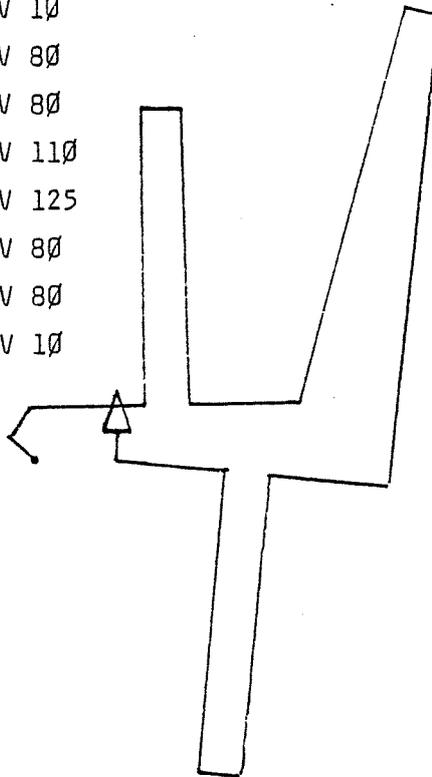
1 GA 45 AV 1Ø DR 9Ø AV 1Ø
2 DR 45 AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø
3 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø
4 GA 9Ø AV 3Ø GA 75 AV 11Ø
5 DR 9Ø AV 1Ø DR 8Ø AV 115
6 DR 9Ø AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø
7 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø
8 GA 9Ø AV 3Ø DR 9Ø AV 1Ø
FIN
```



Quand elles arrivent pour la séance suivante, une nouvelle procédure est prête:

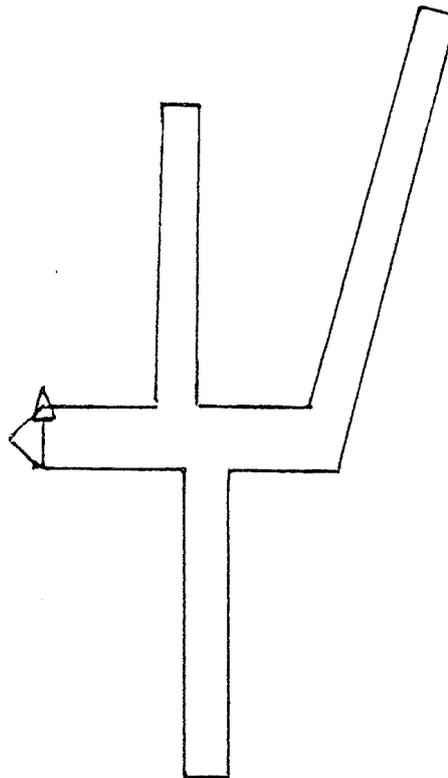
POUR BOUQS

1 GA 45 AV 1Ø DR 9Ø AV 1Ø  
 2 DR 45 AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø  
 3 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø  
 4 GA 9Ø AV 3Ø GA 75 AV 11Ø  
 5 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 125  
 6 DR 9Ø AV 3Ø GA 9Ø AV 8Ø  
 7 DR 9Ø AV 1Ø DR 9Ø AV 8Ø  
 8 GA 9Ø AV 3Ø DR 9Ø AV 1Ø  
 FIN



L'attache queue-carlingue paraît trop loin; Carine explique: *c'est trop loin parce qu'on n'a pas assez tourné là* (en montrant le bout de la

queue) on revient donc à la valeur 90 qui assure le parallélisme des deux côtés de la queue, conformément au croquis de définition du projet. Ida explique qu'il faudrait tourner un peu moins là (en montrant l'attache du dessous de la queue avec la carlingue): on diminue donc légèrement la valeur, qui passe de 80 à 75. Puis on allonge la partie avant du ventre, après l'aile inférieure, en passant de 30 à 35. A ce stade, le projet est considéré comme terminé.



La persévérance des élèves de ce groupe nous a extrêmement surprises, car nous ne pensions pas réellement qu'elles reprendraient ce projet après l'épisode de la locomotive. Il semble que cette sorte de parenthèses leur a permis de développer sur un thème qui n'était pas associé à une idée d'échec (car leur abandon est pour nous un signe de saturation sur un fouillis qu'elles n'arrivaient pas à démêler) des stratégies qui ont pu être réutilisées à la reprise de l'avion: par exemple, écrire des lignes un peu moins longues, et qui produisent une partie bien déterminée du tracé; ou encore, repérer tout ce qui correspond à un dessin satisfaisant, et ne plus effectuer de modification sur les commandes correspondantes; enfin, analyser, quand la tortue ne reproduit pas le parcours désiré, la nature des différences entre son trajet et ce qui était attendu.

## Quelques profils.

Il aurait été intéressant de documenter la progression et les réactions de chacun des vingt élèves de la classe. Une telle observation nécessitait un travail que nos moyens ne nous permettaient pas d'entreprendre. Nous avons cependant remarqué tout particulièrement deux élèves, deux garçons, sur lesquels nous avons retenu plus d'information, sans prétendre à une présentation permettant véritablement une étude de cas. Ce sont, chacun dans son genre, des *enfants particuliers*.

### Le cas de Gilbert.

Gilbert a un an de retard dans sa scolarité, et un niveau "qui n'est pas celui d'un C.M.<sub>2</sub>". Elevé par une grand-mère, il est assez fréquemment absent: sur les trente et une séances qu'a comportées l'expérimentation, il a manqué une bonne demi-douzaine de fois. Il est cependant toujours parfaitement au courant de l'état d'avancement du projet de son groupe, se souvenant très bien de ce qui a été réalisé lors de la dernière séance à laquelle il a participé, et remarquablement informé de ce qui s'est passé en son absence.

Son dossier d'orientation, à ce qui nous a été indiqué par la maîtresse, comporte une mention: "ne sait ni lire ni écrire". Certes, son orthographe est gravement déficiente: inversion de lettres, certaines consonnes sont inadéquates... Cependant, les mots sont correctement séparés les uns des autres. La calligraphie également montre une absence de maîtrise peu habituelle en dernière année de primaire. La très grande lenteur avec laquelle il écrit, et les difficultés évidentes qu'il éprouve, malgré l'aide spontanée et très amicale de ses camarades (nous n'avons pas une seule fois été témoins de moquerie à son encontre à ce sujet), rendent très pénible pour lui le moment de la séance qui est consacré à la rédaction du compte-rendu. Il s'y plie cependant avec beaucoup de bonne volonté. Nous ne constatons pratiquement aucune amélioration en cours d'année; voici, à titre d'exemple, trois passages extraits de son cahier, au cours des trois trimestres:

décembre

remarque

2 fenêtré et trait a traitre la  
porte et trop grand elle  
dépasse en bri .  
douveraare n'ai pas assez  
large.

mars

la fusée et parle de la terre à  
la lune ,  
pour fait rouge la voiture  
on avait écrit ,  
GA 30. rouge 50 voiture  
me la voiture se & déplace sur les  
fare pour la faire rouler correctement  
on na écrit GA 30 ~~la~~ rouge ~~GA 2~~  
50 - GA 270 - voiture .

A la séance suivante:

Il faut arrensée la voiture

mai  
 passe que 75 set terau pepi 80 est mei  
 passe que sur leautre dessine  
 c'était terau peti

Ici l'annonce d'un grand pas en avant:

pour la première fois atache  
 les boide -

La semaine suivante:

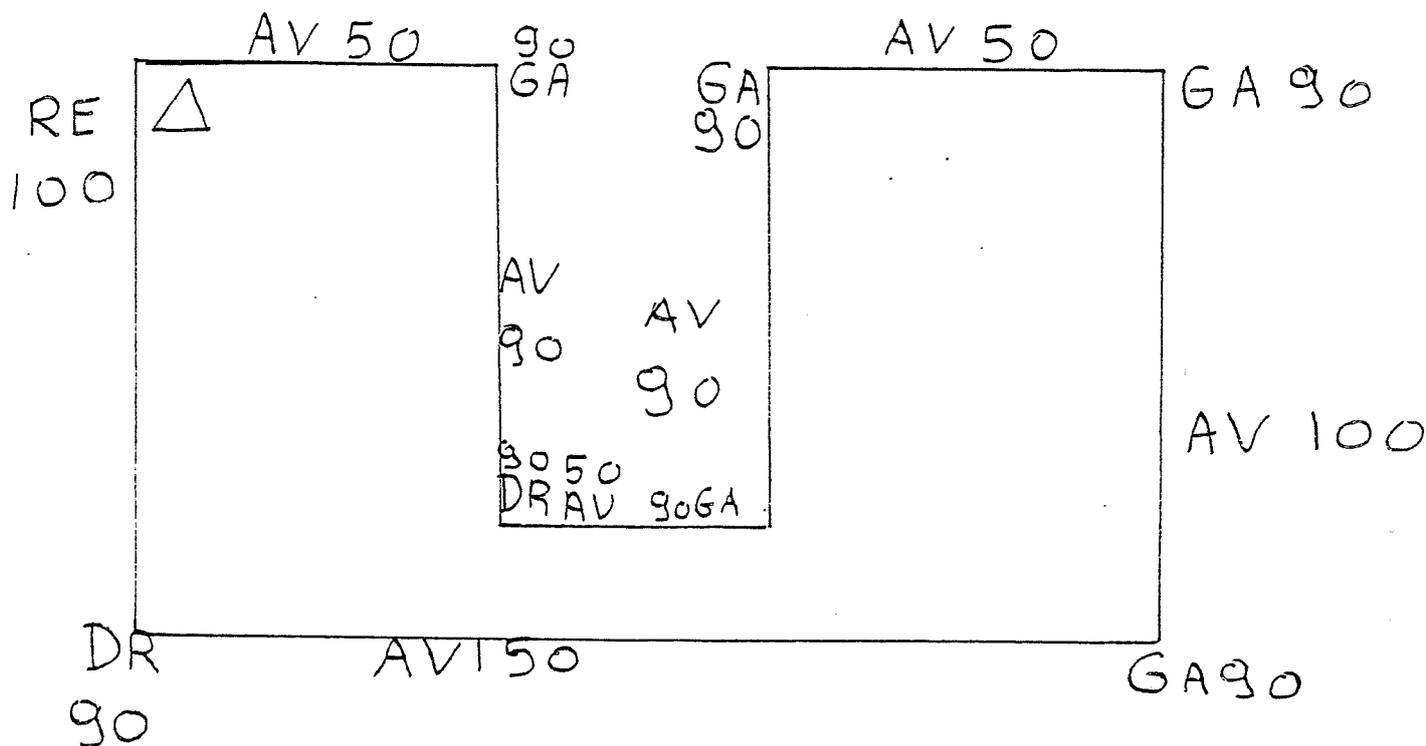
la barre que aux milieu et  
 doit être en cause -

Gilbert est totalement intégré, tant dans la classe en général que dans son groupe, qui comporte deux élèves extrêmement brillants. Dans cette équipe particulièrement bien organisée, il assure des tâches variables, mais qui ne sont pas des seconds rôles: frappe au clavier, aide au dactylographe, contrôle à l'écran de texte. Il s'y montre tout-à-fait à l'aise: quand il assure la frappe, il tape pratiquement à la vitesse où ses camarades dictent, c'est-à-dire beaucoup plus rapidement que bien des élèves de la classe; quand il est au contrôle sur l'écran alphanumérique, il ne laisse pratiquement pas passer de faute de frappe, mais avertit immédiatement, aussi bien pour des espaces manquants que pour des caractères erronés.

D'une gentillesse souriante, mais également capable de facéties et "ne s'en laissant pas compter", il nous a paru tout-à-fait à son aise dans ce type d'approche, où une activité précise ne dure jamais très longtemps, donc ne dépasse pas le temps pendant lequel il arrive à soutenir son attention: tracé d'un dessin, puis recherche en commun de la liste d'ordres, écriture sur le cahier de cette liste d'ordres (c'est la seule phase dont il se dispense, assez fréquemment); changement de lieu: on passe de l'espace de réflexion à la table de l'ordinateur; entrée des données, observation de l'effet produit, relevé d'un croquis du tracé

obtenu à l'écran; à nouveau déplacement pour regagner l'espace de réflexion où l'on reprend un cycle similaire.

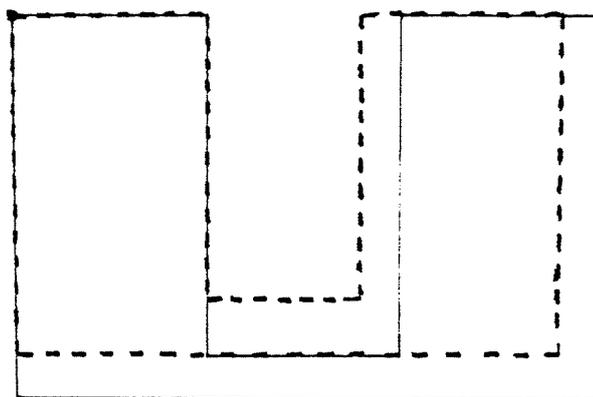
Dès les premières séances nous avons essayé de noter, plus que pour d'autres élèves, ses réactions et ses remarques. Notre attention avait été attirée par la très grande prudence de ses projets, pendant la période où les élèves passaient un par un à l'ordinateur, comme s'il choisissait des tracés assez simples pour estimer avoir une bonne chance de réussite. Autre trait qui le distinguait de la plupart de ses camarades: la disposition qu'il avait adoptée pour les commandes, autour du dessin. Bien que présentant peu de complications, ses projets n'étaient cependant pas totalement immédiats; ses listes d'ordres comportaient extrêmement peu d'erreurs —or nous avons la certitude qu'il s'agissait bien de son travail personnel, ses camarades étant alors beaucoup trop occupés par leurs propres travaux, et la maîtresse nous ayant confirmé qu'il n'était pas susceptible de recevoir de l'aide dans sa famille—. Prenons par exemple son projet du 7 octobre (deuxième séance):



Ce dessin est reproduit en trois passages à la machine; la première fois, ainsi qu'il le note

j'avais d'abord écrit RE 300 sur l'ordinateur que ses'était trait grand

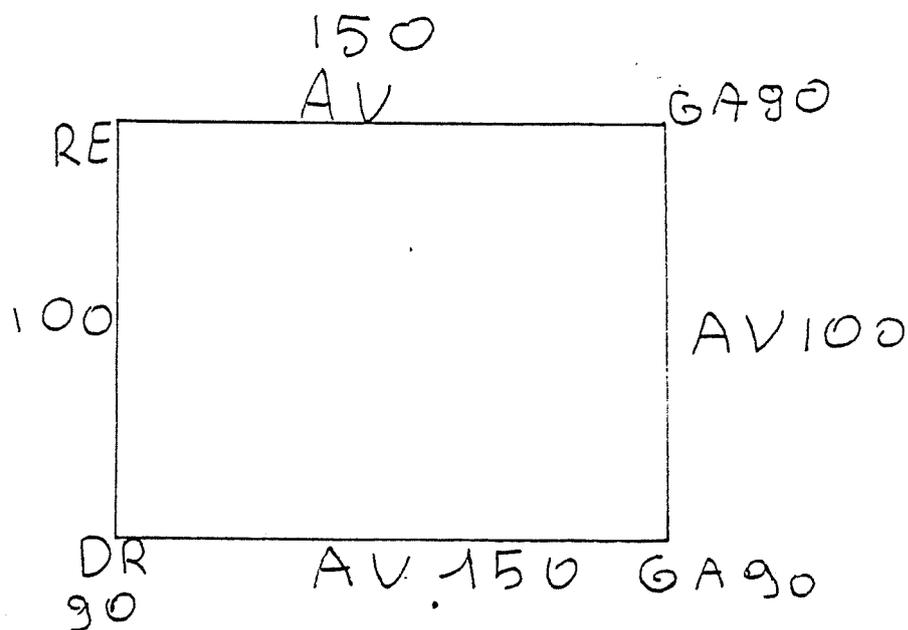
Au deuxième passage, tout va bien jusqu'à ce qu'on arrive au creux intérieur: GAUCHE 90 fait tourner la tortue, non vers la gauche de l'observateur, mais vers la partie déjà réalisée du tracé. A la troisième reprise, le dessin obtenu est conforme à ce qui était attendu, si l'on n'est pas trop pointilleux sur les questions de proportions relatives:



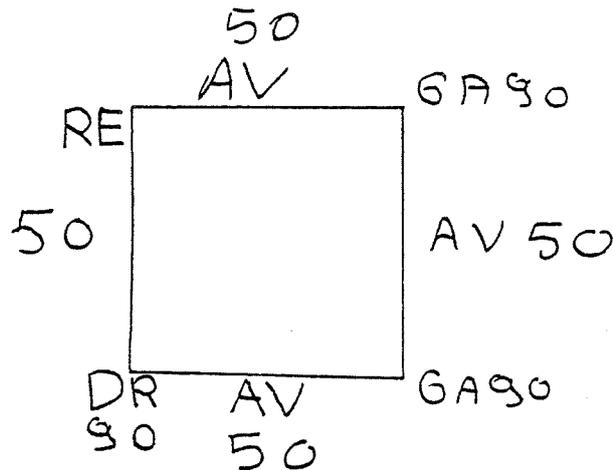
----- tracé prévu

————— tracé obtenu

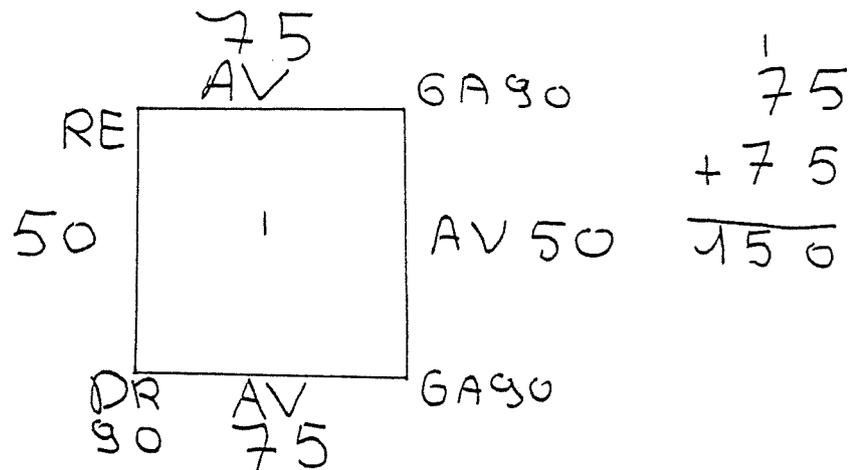
La séance suivante attire à nouveau notre attention sur lui (nous n'avons à ce moment là aucune information ni sur son niveau scolaire —mise à part la phrase de commentaire qu'il avait écrite lors de la séance précédente—, ni sur son environnement familial). Son projet consiste à dessiner un rectangle; comme il s'agit d'un tracé plus simple que la fois précédente, il est préparé correctement du premier jet:



Mais au moment où il arrive pour vérifier sur l'ordinateur, la machine est utilisée; aussi, nous lui demandons, pour l'occuper en attendant que la place soit libre, de préparer "le même dessin mais de taille moitié", indiquant par des gestes que nous entendons par là *dont la longueur ainsi que la largeur sont moitié de celles du dessin original*. Il revient au bout d'un très court instant, avec un nouveau croquis d'un carré de sept petits carreaux sur sept (son rectangle initial mesurait onze carreaux sur quatorze), et les ordres correspondants tout autour:



Sans même lui laisser le temps de nous expliquer ce qu'il vient de faire, nous lui demandons de reprendre sa préparation, pour avoir un dessin exactement de taille moitié, et pas seulement à peu près. Il repart, l'air ennuyé; nous n'avions évidemment aucune idée qu'une division par deux dépassait largement ses compétences. Sa technique pour trouver la moitié est la suivante: prendre un nombre quelconque, l'ajouter à lui-même, et espérer que le résultat sera celui cherché. Il essaie ainsi avec 70, mais ce nombre ne convient pas, car  $70 + 70 = 140$ , et non 150. De même, 80 est rejeté. Il cherche de l'aide auprès de ses camarades, qui lui soufflent 75. Par acquis de conscience, ou peut-être parce qu'il ne fait pas entièrement confiance à la proposition qu'il a reçue, il vérifie et vient nous voir avec cette valeur; la machine étant toujours occupée, nous lui demandons de nous expliquer comment il s'y est pris. Suivant le dessin avec son doigt, il indique qu'il recule d'abord de cinquante, parce que 50 est la moitié de 100, puis qu'il avance de soixante quinze, parce que 75 est la moitié de 150, etc... Nous pointons alors le coin inférieur gauche du carré et lui demandons pourquoi, là, il n'a pas pris la moitié de 90.



Pas de réponse, aussi nous lui suggérons de retourner réfléchir à sa table. Il revient très rapidement, sourire au coin des lèvres et un petit air moqueur dans le regard, de celui à qui "on ne la fait pas", et nous précise que, là, il ne faut pas prendre la moitié !

Autre fait qui nous a paru intéressant: lors du travail du groupe jaune sur l'appareil photo, un nombre important de procédures ont été écrites et remaniées, correspondant aux diverses étapes de la réalisation. Le titre était toujours "photo", diversement orthographié (mais jamais PHOTO, car ce mot est un primitif du langage, autrement dit un mot déjà utilisé). On a ainsi successivement FOTO, FOTTO, FAFAUTO, FAUTAU. Gilbert, alors que pour tout ce projet il n'a aucune trace écrite, mais seulement trois croquis de réalisations sur l'écran, savait mieux que quiconque dans l'équipe l'orthographe du projet en cours, et était souvent capable d'indiquer le trait caractéristique du tracé produit par telle ou telle orthographe. Coïncidence peut-être, à cette période la maîtresse nous a signalé qu'il semblait s'intéresser davantage aux leçons de vocabulaire, auxquelles auparavant il assistait de façon très passive. Aurait-il commencé à entrevoir une utilité à l'orthographe ?

Gilbert n'a pas été autorisé à suivre ses camarades en classe de sixième, et c'est un établissement spécialisé pour enfants ayant d'importants retards scolaires qui l'a accueilli à la rentrée suivante.

Le cas de Micha.

Micha est le seul garçon de l'équipe verte; il n'a pas choisi de travailler

avec ces quatre filles, mais s'est retrouvé là faute d'avoir été demandé par d'autres élèves lors de la constitution des groupes. En classe, il est extrêmement réservé, distant, s'intégrant peu aux autres —il est nouveau dans l'établissement—. La maîtresse nous précisera qu'il aborde toute nouveauté avec méfiance et même dégoût.

Dès la première séance, il se montre assez réticent; il faut reconnaître que les quatre filles, qui sont de bonnes copines, ne font aucun effort pour essayer de lui faire partager leurs idées, ou s'informer de ses éventuelles suggestions. Et pourtant, il a son opinion sur ce qu'on fait, et quand on sollicite son avis, c'est le plus souvent une proposition extrêmement fructueuse; il est même fréquemment en avance sur la progression du groupe, mais tout ce qu'il lui arrive de dire est comme ignoré par les quatre autres.

Au cours du premier trimestre, il glisse dans la *boîte à idées* de la classe un petit mot —qu'il a d'ailleurs fait disparaître avant le dépouillement officiel— dans lequel il demandait si, par hasard, il ne serait pas possible de détruire l'ordinateur (les autres élèves de la classe n'avaient pas été du tout d'accord avec une telle proposition). Il s'enquiert également à plusieurs reprises auprès de la maîtresse s'il est vraiment obligatoire d'aller à cette épreuve hebdomadaire. La maîtresse, lorsqu'elle nous signale ce fait, ajoute: *il faut toutefois noter que, si chaque mardi il perd (pour un temps) son cahier, traîne pour terminer son travail alors que c'est le tour de son groupe..., il revient heureux, enthousiaste, gai et souriant.*

C'est un enfant qui manque de confiance en lui, et qui est habitué à ce qu'on ne lui fasse pas confiance; c'est en particulier le cas dans sa famille, très rude, où on lui fait très clairement sentir l'insuffisance de ses résultats scolaires. Il affecte un dédain marqué pour tout ce qui l'entoure, et une certaine misogynie envers ses camarades. Il essaie pourtant de ne pas se couper du groupe, participe au travail, mais ne tente jamais de s'imposer: on le sent souvent impatient, lorsqu'il a trouvé une réponse que les filles cherchent encore, mais jamais il ne donne sa solution s'il n'a pas été sollicité de le faire. Très souvent, son élan sera ainsi cassé, car sa progression est beaucoup plus rapide que celle des quatre filles, mais celles-ci imposent leur rythme au lieu d'essayer de s'accorder au sien. Peut-être déçu d'être ainsi laissé à l'écart, Micha s'enferme le plus souvent dans un mutisme qui ne l'empêche toutefois pas de se tenir parfaitement au courant de la lente progression

de son groupe, ainsi qu'en témoignent ses réponses immédiates (et le plus souvent parfaitement appropriées) quand nous l'interrogeons à brûle pourpoint.

A la fin de février, Micha fait sécession, et prépare le tracé d'une bouteille (initialement orthographiée BOUTIELLE). Le tracé n'étant pas satisfaisant, il propose d'utiliser la commande PASAPAS, qui avait été utilisée le mois précédent pour essayer de sortir du fouillis de l'avion. Cette technique lui permet effectivement de modifier efficacement sa procédure. Comme il est absent à la séance suivante, nous demandons à Christian, du groupe bleu —qui a lui aussi quelques difficultés à rester intégré dans son groupe— si cela lui plairait de travailler avec Micha; sur sa réponse affirmative, nous lui demandons de s'informer du travail déjà entrepris par son camarade, et de le mettre au courant de son projet de robot. A la fin même de cette après-midi, Micha étant venu à l'école chercher la liste des devoirs (il est absent en ce moment pour s'occuper de la maison pendant que sa maman est à la clinique), nous lui demandons son avis sur cette proposition: il s'en montre ravi. Ce binôme fonctionne tant bien que mal, Micha étant absent trois séances sur cinq pendant le mois de mars. Alors que la réalisation du robot-fille stagne, il propose de dessiner l'ordinateur; Christian n'est pas enthousiaste, et préférerait plutôt tracer un avion. Le binôme se sépare donc, chacun maintenant son point de vue; en fin de compte, Christian poursuit le robot-fille. L'ordinateur de Micha est assez rapidement mis au point, y compris le positionnement les uns par rapport aux autres des deux écrans et du clavier (chacune de ces composantes est un rectangle), à l'aide de LEVEPLUME et DESCENDPLUME.

A la dernière séance de mai, Micha décide de ne plus venir: il restera deux séances sans entrer dans la salle de l'ordinateur, puis se décide à nouveau lors de la dernière séance de l'expérimentation: il demande à revoir ce qu'il avait réalisé pour tracer l'ordinateur. Micha vient de traverser une période difficile, avec la naissance d'un petit frère; sur une situation qui souvent n'est pas très bien vécue, s'est greffée une importante complication: l'état du bébé nécessitait une exsanguinotransfusion, que les parents ont refusée pour des raisons religieuses; l'enfant heureusement a survécu. La maîtresse nous ayant tenues informées de ces problèmes, nous avons pensé préférable de laisser Micha décider lui-même s'il voulait ou non continuer.

Micha est sans doute un des élèves qui nous a paru le moins progresser,

mais nous ne savons pas à quoi attribuer cette stagnation: il a toujours été très sûr de ses prévisions pour les commandes AVANCE/RECULE, avec une bonne fiabilité dans ses choix d'ordre de grandeur, et une indéniable maîtrise d'évaluation par calcul mental, mais est resté beaucoup plus incertain pour les valeurs à attribuer à GAUCHE/DROITE. Beaucoup de faits peuvent avoir contribué à cette absence de progrès, aussi bien le vécu non-scolaire de l'enfant que le peu de pratique active qui lui a été accordée sur l'ordinateur.

## Bilan des acquisitions académiques.

Nous avons fixé un grand nombre d'objectifs à cette expérimentation, principalement pour nous donner des lignes directrices générales, mais nous tenions essentiellement à garder prédominant le caractère exploratoire. Parmi les objectifs que nous avons assignés, concernant les élèves, des objectifs d'ordre général (principalement méthodologiques) et des objectifs de type cognitif avaient tous été choisis pour leur conformité absolue avec les programmes officiels de la classe.

Il n'a jamais pour nous été question d'essayer de mesurer les acquisitions des élèves par une comparaison entre un pré-test et un post-test, pour de nombreuses raisons:

- il n'existe pas, de l'avis de spécialistes, de tests adéquats pour juger de l'acquisition de méthodes, surtout concernant une population de jeunes enfants

- si le test est choisi pour mesurer les acquisitions sur un domaine où l'entraînement est susceptible d'être plus intensif que dans une classe témoin, toute supériorité mise en évidence par ce test peut être attribuée à la différence d'intensité de l'entraînement, sans que l'on puisse déterminer quelle part dans cette progression doit être attribuée à la méthode

- une évaluation par pré-test/post-test permet le cas échéant de constater une progression, et éventuellement de la quantifier, mais ne met que rarement en mesure de cerner les facteurs qui ont favorisé cette progression. Ainsi, sur les acquisitions dans le domaine cognitif, comme dans celles de méthodes, il nous est impossible de déterminer quelle est la part qui revient aux activités LOGO, celle qu'il faut attribuer à l'enseignement de la maîtresse, et celle qui provient simplement du développement de l'enfant

- nous souhaitons garder à l'activité sur ordinateur le caractère de libre découverte, ce qui semblait tout-à-fait contradictoire avec la passation d'un pré-test comme première prise de contact.

Nous ne tenterons pas de rendre compte des acquisitions des élèves sur les maîtrises de méthodes générales. Les exemples que nous avons décrits dans ce compte-rendu montrent clairement les très importantes variations entre les groupes. Une seule constante: le foisonnement des idées pour de nouveaux projets; jamais un groupe arrivé à la fin

ne s'est montré embarrassé pour en trouver un autre, le problème aurait plutôt été de faire un choix ou de parvenir à un accord dans une multitude de suggestions. Nous avons décrit des projets qui évoluent d'une manière assurée, comme la maison du groupe jaune ou les projets numériques, et à l'opposé, des projets dont l'évolution est extrêmement irrégulière, comme l'avion du groupe vert.

A travers les différents projets, un certain nombre de concepts sont approchés, que les élèves font fonctionner dans des situations diverses. Le tâtonnement expérimental assure une familiarisation avec la notion manipulée, mais ne débouche pas toujours sur une maîtrise de celle-ci. Soulignons par ailleurs que toutes ces notions, souvent considérées comme élémentaires par la majorité des adultes, se révèlent encore très peu disponibles chez bien des sujets plus âgés (par exemple en dernière année de collège, soit 15-16 ans), et qu'il n'est donc pas surprenant de constater qu'elles ne sont pas dominées en dernière année de scolarité primaire.

Les notions de base abordées dans les projets graphiques fixes.

De la comparaison des notions mises en jeu dans les divers projets graphiques fixes, on peut constituer une liste de concepts et d'habiletés qui ont tous été amplement manipulés par chaque groupe à l'occasion de l'un au moins de leurs projets. Il semble raisonnable d'estimer que cette liste constitue un noyau qui devrait se retrouver à peu près systématiquement dans les projets graphiques. C'est un point qui devra recevoir confirmation lors d'expérimentations ultérieures, et qui nécessitera peut-être des modulations, par exemple en fonction de l'âge des élèves.

\* spatialisation individuelle: même par rapport à leur propre corps, quelques élèves font montre, assez rarement il est vrai, d'hésitation entre la droite et la gauche. Cette notion ayant été très fréquemment utilisée, ils y ont probablement été davantage sensibilisés que dans un enseignement traditionnel.

\* déplacement d'un objet dans le plan par rapport à un repère donné: tous les projets graphiques fixes ont amené les élèves à manipuler constamment leurs propres droite et gauche, mais également celles de la tortue, c'est-à-dire à suivre les variations d'un repère mobile.

\* orientation d'une figure: outre la tâche de suivre les modifications subies par un repère mobile (coder ou décoder le trajet de la tortue sur un tracé), ils ont également eu à anticiper l'orientation globale d'une figure; c'est en particulier le cas dans le premier projet, quand on prépare de la menuiserie et qu'on la vérifie "en atelier", alors qu'ensuite il faut la placer dans un ensemble pré-existant. Les difficultés rencontrées par certains sont peut-être susceptibles d'avoir eu une influence sur les projets ultérieurs, incitant à une description linéaire (une unique procédure) plutôt que modulaire (procédure/sous-procédures) pour essayer d'éviter les problèmes de recollement.

\* longueur d'un segment: les premières séances avec passage individuel des élèves à la machine avaient permis une première familiarisation avec les valeurs "raisonnables" à fournir comme *input* pour AVANCE et RECULE. Nous avons remarqué qu'en général les valeurs utilisées sont des multiples de dix, bien que l'on trouve également, en diverses occasions, des nombres terminés par 5 ou, en moindre quantité, des valeurs comme 11, 22, 27... Les grands nombres (100 et au-delà) provoquent rapidement le message HORS LIMITE (\*). A l'inverse, des nombres trop faibles (inférieurs à 5) provoquent un déplacement quasiment imperceptible.

\* propriétés élémentaires du groupe des translations: ce sont principalement deux propriétés qui sont utilisées, l'additivité, et la "compensation". L'additivité est utilisée quand on remplace une suite de translations, par exemple AVANCE 80 AVANCE 15 AVANCE 3, par la translation composée AVANCE 98. Nous désignons par "compensation" l'additivité *relative* (ou *algébrique* si l'on préfère) par exemple le remplacement de AVANCE 60 RECULE 5 par AVANCE 55. Notons que le matériel utilisé ne dispose pas d'*inverseur* ou de *gomme* (en anglais PENREVERSE et PENERASE, disponibles sur les versions Apple II et Texas Instruments), et qu'un tel remplacement, qui assure le tracé désiré uniquement, ne peut se faire qu'après avoir enlevé les deux commandes précédentes, ou, comme dans le cas de l'additivité, lors d'une nouvelle frappe.

---

(\*) Le mode normal est un mode "page graphique", où la plage autorisée comporte 400 pas de tortue en largeur sur 400 en hauteur. On peut obtenir une page de 512 sur 512, en utilisant le primitif DEBORDE, mais si un tracé dépasse les dimensions de la page, il se produit un effet d'*enroulement* (en anglais *wrapping*), extrêmement déconcertant au début. Nous n'avons donc pratiquement jamais utilisé cette possibilité du système.

\* amplitude d'un angle: c'est sûrement le point qui a posé le plus de problèmes. Pendant une période assez longue, qui a duré pour certains jusque dans le milieu du second trimestre, nous avons vu persister une confusion entre AVANCE/RECULE et DROITE/GAUCHE. Il y a là une difficulté importante: nombre d'élèves s'attendent, en utilisant DROITE ou GAUCHE, à voir un déplacement latéral au lieu d'un pivotement (\*). Ceux qui ont déjà dépassé ce point ne sont parfois pas très tendres pour leurs camarades: *Mais elle ne peut pas bouger si tu ne mets jamais AVANCE !* Il nous a semblé, mais ce point mériterait d'être observé avec une très grande attention lors d'expérimentations à venir, que les élèves qui s'étaient spontanément orientés, lors de la phase de passage individuel, vers des projets suivant les lignes du quadrillage, aient eu plus de facilité à anticiper ultérieurement d'une manière correcte et fiable les valeurs à fournir pour DROITE et GAUCHE. Les élèves au contraire qui avaient d'emblée travaillé sur des projets faisant intervenir des angles non droits semblent au contraire avoir moins d'aisance. L'angle droit, en tout cas, joue un rôle important pour les comparaisons; c'est en quelque sorte l'étalon, qui sert de référence: *Ca! 45! Ca fait plus de 90, c'est un angle obtus !* (sic).

Parmi les points que nous souhaiterions élucider concernant l'angle droit:

- le fait d'avoir travaillé sur quadrillage a-t-il induit cette utilisation de l'angle de  $90^\circ$  comme angle privilégié, ou bien aurait-on eu le même comportement si les élèves avaient été munis de papier de dessin pour les croquis et de papier simplement réglé pour l'écriture ?
- est-ce parce que certains ont choisi de commencer par des projets à angles droits qu'ils ont mieux réussi à maîtriser les notions d'ordre de grandeur sur les amplitudes, ou bien ces élèves sont-ils justement ceux qui avaient plus de méthode, et qui ont seulement su tirer un meilleur parti de leur premières manipulations ?

\* propriétés élémentaires du groupe des rotations: ce sont les deux mêmes propriétés, additivité et compensation, que pour le groupe des translations.

\* mise au point par approximations successives: nous avons détaillé deux exemples d'une telle utilisation, qui nécessite une coordination complexe de notions de natures diverses. Cette technique a été utilisée à plusieurs reprises (hélicoptère —mise en place de la porte—, appareil

---

(\*) Le rapport de l'I.N.R.P.: *apports d'un environnement informatique dans le processus d'apprentissage* mentionne la même difficulté avec des élèves de  $6^\circ$ , et le même comportement attendu de déplacement latéral.

photo —fermeture du boîtier— pour le groupe jaune, les deux projets déjà décrits, du groupe rouge —ajustement du toit sur la maison— et du groupe bleu —fermeture de la rétrofusée—; on en a également des exemples dans l'avion du groupe vert). Ainsi que nous l'avons mentionné, cette technique fonctionne beaucoup plus nettement quand elle est appliquée à une translation, que lorsqu'elle joue sur une rotation; la dernière phase de mise au point de l'avion du groupe vert est cependant une assez bonne illustration de son utilisation dans ce cas.

\* utilisation d'une échelle: les valeurs attribuées aux différents primitifs lors de la description d'un croquis en vue de sa reproduction à l'écran par la tortue font parfois l'objet d'une décision arbitraire. Le plus souvent, elles résultent d'un calcul utilisant le quadrillage comme support d'une échelle. On a vu (le scandale Thalès-Pythagore) que cette technique pose un problème particulier pour les directions autres que celles privilégiées par le quadrillage.

\* calcul: le calcul mental est fréquemment utilisé, tant dans l'additivité pour les translations et rotations que dans l'utilisation d'une échelle. Il convient de souligner que cette utilisation du calcul mental persiste même chez les élèves qui ont abordé les projets numériques, et donc connaissent les primitifs qui permettent de faire effectuer des opérations par la machine. Il nous semble par conséquent qu'il n'y ait nullement à redouter un recours systématique à la faculté de calcul de l'ordinateur, et qu'il n'y a donc pas lieu de craindre qu'une telle utilisation de la machine empêche les élèves d'apprendre à compter (le projet avorté de calcul sur les fractions étant à notre sens un excellent contre-exemple!).

\* étude de quelques figures élémentaires et de leurs propriétés: le carré et le rectangle ont été abondamment utilisés, ainsi que le triangle rectangle isocèle. Les figures les plus employées sont ensuite l'octogone régulier et le trapèze isocèle, mais d'une manière moins fréquente et probablement moins consciente. Toutes ces figures ont été, de manière générale, utilisées dans des cas particuliers, mais n'ont pas donné lieu à des études systématiques dans des projets de nature géométrique.

Quelques acquisitions ou manipulations spécifiques.

Les notions mentionnées ci-après n'ont pas été abordées par tous les

groupes, mais seulement dans quelques circonstances particulières. Elles préparent en général à des études qui ne figurent que dans les programmes de classes du second degré.

\* propriété de mesure de longueur sur des parallèles: les élèves ont très fréquemment utilisé des comparaisons de comptage sur des droites parallèles, en particulier pour déterminer les valeurs à donner à AVANCE-RECULE pour fermer un polygone dont les côtés étaient portés par les droites du quadrillage, ou pour le positionnement d'une partie nécessitant un LEVEPLUME.

\* approche du cercle comme limite de polygones: nous avons relaté en détail deux études du cercle dans des projets géométriques. Le groupe bleu, qui a le plus longtemps travaillé ce sujet, a réinvesti ultérieurement ses connaissances dans son dernier projet "Terre-Lune", où une procédure PIF —dont les deux paramètres sont désormais nettement dissociés— permet de dessiner selon les besoins une fleur, une lune ou la terre (lune désigne un croissant, terre réfère à une cercle).

\* tracé de droites parallèles, parallélogramme: les conditions angulaires pour tracer des droites parallèles (le classique théorème sur les propriétés angulaires de deux parallèles et une sécante) sont utilisées d'une manière sans doute le plus souvent intuitive par les élèves. Peu de parallélogrammes non rectangles sont utilisés, la principale source de telles figures se trouvant dans les stabilisateurs de la fusée du groupe jaune.

\* animation: c'est avec la fusée du groupe jaune qu'on a vu pour la première fois exprimé le voeu de faire bouger le dessin obtenu. La mise en mouvement ne se fait pas sans peine, si le sens du mouvement ne correspond pas à la position initiale de la tortue (c'est le cas avec la fusée, qui devait partir "en biais", ou la voiture, qui a commencé par s'envoler comme un hélicoptère).

\* transformations planes: certains groupes utilisent assez consciemment les propriétés de l'homothétie (multiplication des distances, invariance des angles) pour agrandir ou diminuer une figure donnée; les rapports d'homothétie utilisés sont 2 —par exemple la maison du groupe jaune, qui l'emploie à deux reprises—, 1/2 —comme pour les fenêtres de la maison verte—, 3 —c'est le cas du DOUBLEVE du groupe rouge: *On a agrandi les nombres, mais DROITE ou GAUCHE ne changent pas*—. Les propriétés de la

symétrie axiale, ainsi que nous l'avons mentionné, sont partiellement utilisées. Un groupe enfin cherche les symétries de rotation à partir d'une forme en L (groupe d'ordre 4), et également à partir de cette forme et son image par rotation d'un huitième de tour (groupe d'ordre 8): cette attitude, classique, —elle est mentionnée à plusieurs reprises dans les rapports américains, voir par exemple le 7BUTTERFLY de Kathy dans le rapport de Brookline— nécessitera des observations beaucoup plus précises lors d'expérimentations ultérieures.

\* nombres relatifs: une manipulation très informelle a été observée pour tous les groupes, dans leur utilisation de la compensation. Une approche plus précise nous semble être le fait du groupe rouge, soit dans son étude sur la "nouvelle soustraction", soit surtout dans la liaison numériques-graphique.

\* propriétés générales des opérations: le groupe jaune, dans son exploration des *nombres à E*, nous paraît avoir ainsi réalisé une approche informelle des règles de calculs sur les nombres, susceptible de trouver un réinvestissement dans l'étude de la distributivité et des puissances de dix.

Nous tenons à souligner que, tant dans les notions de base que dans les acquisitions spécifiques, il y a eu prédominance de la manipulation, mais pas nécessairement maîtrise du domaine sur lequel cette familiarisation s'est effectuée. Toutes ces notions sont vraisemblablement plus caractéristiques d'une "première année de travail avec LOGO" que du niveau particulier (Cours Moyen deuxième année) de la classe considérée; il sera intéressant de déterminer à partir de quel niveau on retrouve ces mêmes tendances (C.M.<sub>1</sub>, C.E.<sub>2</sub>, ou peut-être un niveau plus précoce encore), et également de comparer avec l'apprentissage effectuée par des élèves plus âgés (classes de collèges).



Conclusion.



L'expérimentation que nous avons conduite pendant l'année 1980-81 en Cours Moyen deuxième année est en France la première expérimentation longue (une année scolaire soit trente et une séances) au niveau de l'enseignement du premier degré. Nous ne pouvons pas, à l'issue de ce travail dont la dominante était un caractère exploratoire, réellement tirer des conclusions, mais plus simplement proposer un certain nombre de remarques qu'il conviendra de reprendre et de préciser par des travaux ultérieurs. Ces remarques sont regroupées autour de quatre pôles: adéquation d'une telle approche pour le niveau scolaire considéré, exploration de divers micro-mondes, apprentissage de la pensée procédurale et rôle de l'enseignant.

Adéquation de l'approche LOGO pour le niveau scolaire considéré.

Il ne fait aucun doute que les élèves ont une faculté d'adaptation stupéfiante face à l'ordinateur. Certes, ils étaient très conscients que cette technologie n'est pas encore complètement courante dans l'enseignement primaire, mais ils ne semblaient absolument pas considérer cette situation comme particulièrement extraordinaire. Même lors des toutes premières séances, nous n'avons nullement remarqué cette espèce de réticence, d'appréhension, dont font montre beaucoup d'adultes mis pour la première fois en présence d'un ordinateur.

L'utilisation du clavier ne leur a posé aucun problème. Nous avons dès le départ attiré leur attention sur les touches  $\backslash/$  et  $\emptyset/0$ , et avons expliqué le rôle de l'espace séparateur ainsi que du "retour de chariot"; les fautes de frappe, de toutes natures, n'ont jamais dépassé une fréquence acceptable, et n'ont jamais provoqué d'exaspération ni de découragement de la part des élèves. L'organisation du travail en groupe, avec la double vérification (un élève suivant la frappe au clavier et un autre contrôlant l'affichage sur l'écran alpha-numérique) ont peut-être facilité les corrections immédiates.

Les élèves —et surtout les adultes— ont parfois été gênés par les reflets sur l'écran: les lettres vertes sur fond noir sont dans l'ensemble bien visibles, surtout si la lumière ambiante n'est pas trop forte, mais dans

la grande luminosité des jours de soleil, il s'est avéré indispensable de masquer en partie la fenêtre, qui n'était pas équipée de stores. On peut également regretter que, tant sur l'écran alpha-numérique que sur l'écran graphique, l'image apparaisse en négatif —trait clair sur fond noir— (\*), alors que les enfants préparent toujours leurs activités sur papier blanc. De plus, le fond sombre augmente la qualité de "miroir" de l'écran, et apercevoir son propre reflet, ou celui des élèves qui travaillent dans le fond de la pièce, introduit fatalement une perturbation.

Les messages d'erreur, courtois, explicites et souvent personnalisés  
 QUE DOIS-JE FAIRE AVEC ...

VOUS ETES EN TRAIN DE DEFINIR ...

sont dans l'ensemble bien compris, et permettent assez facilement aux élèves d'analyser la nature de l'incompréhension signalée par l'ordinateur.

Les plus fréquents sont

... N'EXISTE PAS

qui est très souvent le signal d'une faute de frappe,

HORS LIMITE

quand le dessin sort de la page graphique 400x400,

et

... A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S)

rappelant qu'on a oublié d'affecter une valeur à un primitif ou une procédure nécessitant un paramètre.

Parmi les messages un peu sybillins,

... N'A PAS PRODUIT D'OUTPUT

apparaît à plusieurs reprises. Il est produit dans des conditions analogues au message précédent, quand l'évaluation de la ligne met en évidence l'absence de valeur pour un paramètre. (\*\*)

La rapidité d'exécution du tracé à l'écran graphique semble avoir pu être une source de gêne pour certains élèves, qui auraient sans doute préféré une réalisation plus lente, leur permettant de suivre le trajet de la tortue au fur et à mesure de son évolution. Le matériel

---

(\*) Ce n'est pas une situation inhabituelle en milieu scolaire, témoin le traditionnel tableau noir, parfois vert: les tableaux blancs sont encore l'exception.

(\*\*) ... A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S) est émis lorsque la fin de la ligne est vide: par exemple GA produira le message GAUCHE A BESOIN DE PLUS D'INPUT(S). ... N'A PAS PRODUIT D'OUTPUT est affiché lorsque d'autres commandes suivent le primitif incomplet, sans fournir de valeur: GA LP AV 3Ø produira ce message, alors que GA PRODUIT 15 5 sera exécuté comme GA 45.

utilisé ne comporte pas les primitifs LENT ou RAPIDE, qui existent sur d'autres versions. La commande PASAPAS permet de pallier quelque peu cette absence, dans le cas d'une procédure écrite en plusieurs lignes, puisqu'elle permet une exécution ligne par ligne; mais chaque ligne provoque un affichage toujours aussi rapide du tracé correspondant.

La fréquence d'une séance par semaine nous a semblé un peu faible. En effet, les élèves se souviennent essentiellement de l'état d'avancement de leur projet, mais ont oublié très souvent quels problèmes précis avaient été soulevés et éventuellement résolus. Ceci s'explique par le fait que, dans l'organisation du travail de la semaine, la maîtresse s'est arrangée pour dégager un moment, en une ou plusieurs fois, où les élèves peuvent réfléchir à leur projet, et le cas échéant préparer la séance suivante; ceci n'a pas nécessairement lieu dans la salle de la machine, et de toute manière, l'ordinateur n'est pas à leur disposition entre les séances; il s'agit donc exclusivement d'un travail sur papier. Les tableaux rappelant les divers primitifs ainsi que la définition et l'édition des procédures ont eu une utilité inégale. Le panneau récapitulatif des primitifs les plus courants est sans nul doute celui qui est le plus fréquemment utilisé. Mais les élèves ne se réfèrent pas toujours aux deux autres panneaux, bien qu'ils contiennent une information qui leur fait souvent défaut; ils ne consultent d'ailleurs pas beaucoup plus les notes qu'ils ont prises à ce sujet dans leur cahier personnel, ni les fiches blanches de leur classeur de groupe, où cette même information est rédigée sous une formulation différente.

Il nous est arrivé pour des raisons diverses (sortie de la classe pour une promenade, ...) d'avoir à déplacer l'une ou l'autre des séances, ce qui a entraîné deux séances dans la même semaine, en général le mardi et le vendredi après-midi. Il nous a semblé qu'alors les souvenirs étaient un peu plus présents. Mais ceci s'est produit un trop petit nombre de fois, et nos observations sont là-dessus beaucoup trop partielles, pour nous permettre d'avancer qu'un rythme bi-hebdomadaire soit préférable à une fréquence d'une fois par semaine.

#### Exploration des divers micro-mondes.

La plus grande quantité de projets concerne les domaines graphique et géométrique, c'est-à-dire se rapporte au micro-monde de la tortue. Il convient de souligner l'importante différence entre LOGO et géométrie de tortue. Tout d'abord, l'existence d'une tortue sur un ordinateur

n'est nullement spécifique de LOGO, même si ce langage de programmation a été le premier à en disposer: l'idée a été reprise dans le *turtle graphics* que comporte le langage Pascal, et une tortue est également présente dans le langage PILOT des matériels ATARI par exemple. Il n'est d'ailleurs pas du tout inconcevable, bien au contraire, de programmer des routines, en BASIC ou L.S.E., pour disposer d'une tortue. Poussant plus loin, on peut même, comme cela est proposé au Québec, suggérer d'utiliser une tortue pour des activités d'exploration sur la géométrie, sans du tout faire appel à l'ordinateur (cf. Benoit COTE, *PMM 5015, Université du Québec*, à un niveau élémentaire, ou A. di SESSA, *LOGO memo 21*, pour la géométrie dans l'espace). On sait également que l'aspect attrayant et le grand pouvoir visuel du graphique en font un domaine fréquemment utilisé comme support d'une introduction à la programmation, tout spécialement en BASIC. Il nous semble clair que l'introduction à la programmation n'était nullement notre objectif quand nous avons proposé cette activité aux élèves. De même que l'utilisation du film ou de la télévision en classe peut fournir un moyen intéressant pour analyser un récit, sans que pour autant il soit question de transformer l'enfant en élève metteur en scène ou en apprenti électronicien, de même l'ordinateur peut se révéler une aide pédagogique précieuse dans l'exploration de divers micro-mondes sans pour cela entraîner des cours d'informatique.

Bien que ne s'étant pas complètement restreints au micro-monde de la tortue, les élèves ont réalisé peu d'explorations dans d'autres domaines. S'agissant d'une première année, il ne faut pas trop s'en étonner, mais au contraire insister sur le naturel avec lequel plusieurs équipes ont étendu leurs investigations vers les nombres et vers l'animation. Il nous semble raisonnable d'imaginer à partir de là une incursion vers le texte, à la suite du travail sur les nombres. La tortue dynamique aurait pu constituer un excellent terrain de prolongement pour les activités d'exploration de l'animation, de même que le monde, encore tout nouveau (cf. LOGO Group, présenté à Berkeley lors du quatrième Congrès International sur l'Enseignement des Mathématiques), des *lutins* (en anglais *sprites*), actuellement spécifiques de la version Texas Instruments; ce micro-monde a été conçu pour une exploration du mouvement et de la simulation, ce terme étant entendu dans un sens très large incluant des activités de type "trucage cinématographique". La boîte à musique, dont aucun exemplaire ne semble encore réellement opérationnel en France, paraît un monde tout-à-fait différent, qu'il y aurait sans

doute lieu de présenter a priori, comme cela a été fait pour le graphique.

La caractéristique essentielle de l'expérimentation nous semble être le pari que nous avons engagé sur la curiosité et la créativité des élèves. C'est parce que nous avons une très grande confiance dans la soif d'apprendre des enfants, surtout à l'âge du Cours Moyen, que nous avons choisi une approche aussi non-directive que possible, dans laquelle nous nous voulions seulement totalement disponibles pour suivre les suggestions des enfants et observer leur cheminement.

#### Apprentissage de la pensée procédurale.

Nous les avons laissés totalement libre de leur parcours et de leur organisation, ce qui nous a permis de constater que le mode pilotage demande à être dépassé au bout d'un certain temps, et que d'eux-mêmes les élèves éprouvent le besoin du mode procédure. Par contre, cela nous a donné l'occasion de mettre en évidence que la structuration n'est ni innée ni systématique, mais varie selon les projets entrepris: certains favorisent une décomposition de la tâche choisie en sous-tâches considérées à leur tour comme un nouveau mini-projet; d'autres au contraire occultent toute possibilité d'éclatement, et conduisent à une description linéaire qui aboutit à une unique procédure. Il est vraisemblable que la personnalité de chaque individu est également un facteur important des variations observées.

Nous n'avons pas noté de prédominance de l'analyse ascendante sur la descendante, mais plutôt une approche utilisant tour-à-tour l'une ou l'autre: la première analyse du projet entrepris fait en général émerger un premier sous-problème, que l'on va essayer immédiatement de résoudre, sans poursuivre l'analyse au premier niveau pour déterminer les sous-problèmes suivants. En particulier, les raccordements entre les projets partiels sont très rarement prévus, mais surgissent presque toujours au moment du recollement: ceci fournirait une explication pour le maniement resté très imparfait du couple de commandes LEVEPLUME/DESCENDPLUME, dont le deuxième terme est pratiquement toujours omis (cf. la maison du groupe vert, le robot-fille...)

Alors que dans l'ensemble nous pensons que les faits et comportements observés au cours de cette expérimentation peuvent être considérés comme largement reproductibles dans toute autre situation analogue, un fait

nous semble résulter d'un concours de circonstances tout-à-fait spécifiques. Il s'agit du problème des dénominations: le choix des noms qui seront affectés comme titres des procédures est absolument libre, et rien n'interdit d'appeler TRIANGLE une suite d'ordres dessinant un *octogone* destiné à être utilisé comme *roue*. Toutefois, il est bien clair que des dénominations explicites facilitent des réutilisations futures, et allègent la mémorisation ou la documentation. Il est patent que, parmi toutes les procédures qui ont été rédigées, un nombre non négligeable n'ont pas été utilisées, pour la simple raison que les élèves ne se souvenaient plus de leur fonction, et ne jugeaient même pas utile de les faire imprimer ou exécuter pour retrouver leur rôle. Il nous semble que, en général, les noms qui sont retenus par les élèves ne sont pas déterminés par hasard. Beaucoup se veulent une description de l'objet qui est réalisé par la procédure (MAISON, DEPLACE, ROUE, ...), parfois avec une petite astuce: CAARRE comporte deux A parce que le tracé est presque carré, mais en fait il s'agit d'un rectangle. Un assez grand nombre de procédures portent le nom de leur auteur; c'est somme toute un comportement tout-à-fait standard, que l'on retrouve très fréquemment dans la vie courante du monde des adultes. Un nombre non négligeable de titres ne relève pas d'une explication rationnelle, et ceci est particulièrement marqué dans le groupe vert: ce groupe a été celui qui a marqué le plus d'inquiétude en constatant que tous les groupes avaient comme premier projet le tracé d'une maison. Le risque de voir les autres équipes utiliser leur maison n'est probablement pas étranger à une décision de se protéger contre une possibilité d'espionnage ou d'appropriation illicite, en choisissant des noms s'apparentant à un code secret. On en a vu des exemples avec les diverses dénominations attribuées à l'avion, mais la locomotive a fait proliférer les termes les plus inattendus: FLEUR trace le corps de l'engin, CHEVAL assure le déplacement de la tortue en mode LEVEPLUME et son positionnement pour le tracé des roues; celles-ci ont reçu des noms aussi divers que TRIANGLE, KIKIE :UN, FILLE, CARA ou GOMME; EMI déplace, encore en mode LEVEPLUME, la tortue entre le tracé des deux roues GOMME.

Le très grand nombre de procédures résulte en grande partie du manque d'aisance dont ont fait montre les élèves dans la manipulation des commandes d'édition, qui pourtant, rappelons-le, étaient disponibles sur un panneau affiché en permanence sur un mur de la salle. Les

primitifs d'édition sont pourtant peu nombreux, au nombre de deux: POUR ... qui permet la création d'une nouvelle procédure, et EDITE ..., qui rappelle le mode éditeur pour correction(\*)).

L'inspection d'une procédure peut être faite hors du mode édition, le primitif IMPRIME suivi du titre de la procédure affichant cette procédure sur l'écran alpha-numérique.

Certains élèves, après avoir manipulé les commandes d'édition, se sont montrés gênés par l'absence de commande d'exécution, essayant sans succès EXECUTE ou DESSINE. Cette réaction est également signalée dans le rapport sur une expérimentation réalisée par l'I.N.R.P. avec des élèves de sixième.

### Rôle de l'enseignant.

Insistons encore sur l'intérêt primordial de laisser aux élèves la plus grande autonomie et une totale liberté d'organisation dans leur exploration, même si c'est une attitude qui n'est pas encore complètement habituelle dans les classes. L'activité avec l'ordinateur est pour les élèves un lieu de découverte personnelle qui est incompatible avec quelque scénario conçu à l'avance par l'enseignant: d'ailleurs celui-ci sera en général soit en deçà des possibilités des élèves, et les freinera dans leur progression, soit voudra leur imposer une certaine orientation dans leur travail. Or nos connaissances actuelles sur la façon dont un enfant constitue sa connaissance sont encore extrêmement fragmentaires. Cela ne signifie pas que l'enseignant soit passif, ni que des enfants livrés à eux-mêmes dans une salle remplie d'ordinateurs pourraient en tirer autant de profit.

L'enseignant, dégagé de son rôle de transmetteur de savoir, se trouve entièrement disponible pour des tâches d'ordre véritablement pédagogique: il a un triple rôle de personne-ressource, d'observateur des individualités, et de soutien de la progression commune.

Personne-ressource, il est témoin des recherches des élèves, et se trouve a priori dans la même situation qu'eux en face d'un projet. Son rôle n'est alors pas d'imposer, ni même de suggérer, une solution, sa solution, qui sera le plus souvent très différente de celle que les

---

(\*) Contrairement à certaines versions de LOGO, les commandes POUR et EDITE ne peuvent pas être utilisées indifféremment; toute tentative d'édition d'une procédure dont le titre n'est pas connu provoque le message LA PROCEDURE ... N'EST PAS ICI. A l'inverse, si le titre est déjà affecté à une procédure, l'utilisation de POUR amène la réponse PROCEDURE ... DEJA EXISTANTE.

élèves mettront au point—, mais d'essayer, pour lui-même (et pour sa propre satisfaction de se retrouver en situation de résolution de problème au lieu de distribuer des recettes déjà établies), d'envisager plusieurs manières de donner une réponse à la question posée. Face à des interrogations de ses élèves, il aura à analyser le type de demande qui lui est présenté : c'est souvent une recherche d'information sur les capacités de la machine, fréquemment après avoir essayé un ou deux termes inadéquats; il convient alors de fournir le vocable exact, ou d'indiquer où ce renseignement peut être trouvé dans la documentation. Si la fonction n'est pas assurée dans le langage, il faudra juger s'il est nécessaire de fournir une procédure répondant à cette demande, ou au contraire indiquer aux élèves qu'ils doivent construire eux-mêmes cet outil. Si la demande est plus vague ou plus vaste, éventuellement suggérer un angle d'attaque pour cette question. La limite entre l'intervention et la non-intervention est extrêmement ténue, dans une situation de classe. Notre objectif d'expérimentation nous a en général épargné le choix, notre parti-pris étant d'éviter au maximum d'intervenir.

Observateur des individualités, l'enseignant voit les réactions de chacun des élèves, les regroupements spontanés d'enfants s'entraînant dans une sorte de tutorat. Les comportements tout autant que les cheminements de chacun face au savoir sont alors l'essentiel de son champ. Notons que, dans une situation d'expérimentation comme était la nôtre, il est indispensable de disposer d'un encadrement important pour pouvoir recueillir de l'information en quantité suffisante pour qu'elle soit exploitable. Ce n'est pas un hasard si le taux d'encadrement est fréquemment de deux adultes pour trois enfants. Il est indéniable que les moyens qui étaient les nôtres étaient beaucoup trop faibles pour tirer le meilleur parti de cette expérimentation; certains documents (cahiers, bandes magnétiques) ne pourront vraisemblablement jamais restituer toute l'information dont ils sont porteurs, faute d'une exploitation dans des délais raisonnables.

Soutien de la progression commune, l'enseignant qui voudra utiliser une telle approche aura à mettre au point une circulation de l'information entre les différentes équipes; celle-ci se met parfois en place spontanément, mais parfois aussi se heurte à un désir de préserver une espèce de jardin secret.

Dans le cas d'une situation de classe, et non plus d'une expérimentation, il sera intéressant de chercher une situation moyenne —ou une alternance— entre un projet unique pour toute la classe, plus confortable pour l'adulte mais peut-être moins susceptible de motiver tous les élèves de la classe, et une diversité de projets de groupes qui progressent simultanément, obligeant l'adulte à adopter, par la force des choses, une position beaucoup moins directive, mais aussi lui fournissant l'occasion de se retrouver, côte-à-côte avec ses élèves, dans une véritable situation de découverte.



## Bibliographie.

- Anonyme LOGO projects by kids like you and me
- LOGO group Interest worlds: mathematics in a computer culture  
M.I.T. Fev. 80 (diffusé au 4° C.I.E.M., Berkeley, 1980)
- Groupe de recherche LOGO, J.-L. JOURDAN et al. LOGO an I  
I.R.E.M. de Paris-Nord, 1979
- R.C.P. LOGO Pratique active de l'informatique par l'enfant  
Recherche pédagogiques n° 111, I.N.R.P. 1981
- M. AIGLE LOGO comme outil d'observation dans l'étude des processus  
d'apprentissage  
Université du Maine, I.R.E.M., 1980
- J. BAMBERGER Developing a musical ear  
M.I.T. LOGO memo 6, 1972
- J. BAMBERGER LOGO Music projects  
M.I.T. LOGO Memo 52, 1979
- H.-D. BOECKER, G. FISCHER Prokop  
H.I.B.S. Damrstadt, 1977
- B. COTE Enseignement de la géométrie par activités d'exploration  
PMM 5015 Université du Québec, 1978
- G. BOSSUET Qu'est-ce que LOGO ?  
Actes des journées micro-ordinateurs, I.R.I.A., 1979
- A. di SESSA Turtle escapes the plane  
M.I.T. LOGO Memo 21, 1975
- J.B.H. du BOULAY Teaching teachers mathematics through programming  
International Journal of mathematics education in Science  
and Technology, 1980
- I. GOLDSTEIN Germland  
M.I.T. LOGO working paper 7, 1973
- E.C. HILDRETH The creation of design: an exploration in Art, mathematics  
and creativity  
M.I.T. 1977
- F. MEYNARD Enquête sur LOGO  
Ministère de l'Education, Québec, 1975
- S. PAPERT Jaillissement de l'esprit  
Flammarion, 1981

- S. PAPERT            A computer laboratory for elementary schools  
M.I.T. LOGO memo 1, 1971
- S. PAPERT            Teaching children thinking  
M.I.T. LOGO memo 2, 1971
- S. PAPERT            Twenty things to do with a computer  
M.I.T. LOGO memo 3, 1971
- S. PAPERT, D. WATT, A. di SESSA, S. WEIR    Final Report of the Brookline  
LOGO project  
M.I.T. LOGO memo 53-54, 1979
- M. VIVET             Expérience d'Arc et Senans, compte-rendu d'observation  
I.R.E.M. de Nantes, Centre du Mans, 1979
- H. WERTZ, D. PEROLAT, F. MATHIEU    L'expérience d'Arc et Senans: rapport final  
Université Paris 8, 1979

Tableau récapitulatif des projets des groupes.

date de la séance	groupe bleu	groupe jaune	groupe rouge	groupe vert
21 octobre	maison	"aigle" (pilotage)	maison	maison
28 octobre	maison (suite 1)	maison	maison (suite 1)	maison (suite 1)
7 novembre	maison (suite 2)	maison (suite 1)	maison (suite 2)	maison (suite 2)
18 novembre	maison (suite 3)	maison (suite 2)	approx. success.	maison (suite 3)
25 novembre	maison (suite 4)	maison (suite 3)	voiture	maison (suite 4)
2 décembre	maison (fin)	maison (suite 4)	maison (fin)	maison (suite 5)
9 décembre	rond, paramétrage	maison (fin)	voiture (suite 1)	maison (suite 6)
16 décembre	altère	voiture	voiture (fin)	maison (suite 7)
6 janvier	haltère (suite 1)	hélicoptère	roue paramétrée	maison (fin)
13 janvier	rasoir, haltère (2)	hélico, photo	ronds (suite 1)	avion
20 janvier	rasoir, ronds (3)	hélico, photo	rond (suite 2)	avion (suite 1)
27 janvier	cap de la tortue	hélico(4), photo(3)	rond (suite 3)	avion (suite 2)
30 janvier	le rond se referme quand le cap est nul	photo (4 <sup>e</sup> séance)	opérations + , -	avion (suite 3)
17 février	cercle à beaucoup de côtés	photo (5 <sup>e</sup> séance)	nombres relatifs	locomotive
24 février	cercle à 40 côtés	photo (fin)	primitif ICI	locomotive (suite 1)
3 mars	camionnette des neiges robot-fille	fusée	loupe	locomotive (suite 2)
10 mars	rétrofusée robot-fille	fusée (suite 1)	double vé	locomotive (suite 3)
17 mars	rétrofusée robot-fille	fusée (fin)	double vé (suite 1)	locomotive (suite 4)
24 mars	rétrofusée	nouvelle voiture	double vé (suite 2)	locomotive (suite 5)
31 mars	rétrofusée (fin) FIN robot-fille	nouvelle voiture bateau	double vé	locomotive (suite 6)
7 avril	séance collective avec volontaires: rétrofusée (BOUGE), double vé, prévision pour avion			
28 avril	lettre F,I,N terre-lune	nouvelle voiture	variations sur Vé "tapisserie"	locomotive (fin)
5 mai	ordinateur (Micha) F,I,N, terre-lune	opérations bateau (suite 1)	Vé (primitif SPIN) "tapisserie"	avion (suite 4)
12 mai	ordinateur F,I,N,I terre lune	opérations (suite 1) bateau (suite 2)	variations sur Vé "tapisserie"	avion (suite 5)

date de la séance	groupe bleu	groupe jaune	groupe rouge	groupe vert
19 mai	terre-lune	opérations (suite 2) bateau (suite 3)	calcul de fractions	- - -
26 mai	robot-fille terre-lune	opérations (suite 3) bateau (suite 4)	variations sur Vé (fin) "tapisserie"	avion (suite 6)
2 juin	robot-fille terre-lune	opérations (suite 4) bateau (suite 5)	"tapisserie" (fin) bouteille, dépanneuse	avion (fin)
9 juin	robot-fille terre-lune	opérations (suite 5) bateau (fin)	ordinateur (Micha) fronde	flèche labyrinthe
nombre total de projets	9	8	11	5
durée minimale	3 séances	3 séances	1 séance	1 séance
durée maximale	7 séances	7 séances	9 séances	9 séances
durée moyenne	3 séances (projets simultanés)	3 1/2 séances	2 1/2 séances	5 1/2 séances

## Fichiers des procédures des quatre groupes.

GROUPE BLEU

## POUR MAISON

1 AVANCE 100  
 2 DROITE 90  
 3 AVANCE 100  
 4 DROITE 90  
 5 AVANCE 100  
 6 DROITE 90  
 7 AVANCE 100  
 8 DROITE 90  
 9 LEVEPLUME AVANCE 100  
 10 DESCENDPLUME  
 FIN

## POUR TOIT

1 DROITE 45  
 2 AVANCE 70  
 3 DROITE 90  
 4 AVANCE 70  
 5 DROITE 45  
 FIN

## POUR PORTE

1 LEVEPLUME GAUCHE 90  
 2 AVANCE 60  
 3 GAUCHE 90 AVANCE 40 DESCENDPLUME GAUCHE 90 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 40  
 FIN

## POUR FENNETRE

1 LEVEPLUME AVANCE 40  
 2 DESCENDPLUME DROITE 90  
 3 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 40  
 4 LEVEPLUME GAUCHE 90  
 5 AVANCE 20  
 6 DESCENDPLUME GAUCHE 90  
 7 AVANCE 40  
 8 DROITE 90  
 9 AVANCE 40  
 FIN

## POUR IMMEUBLE

1 MAISON  
 2 TOIT  
 3 FENNETRE  
 4 PORTE  
 FIN

## POUR HATERE

1 ROND 30  
 2 DROITE 90  
 3 LEVEPLUME AVANCE 75  
 4 DESCENDPLUME AVANCE 100  
 5 GAUCHE 90  
 6 ROND 30  
 FIN

## POUR ROND :GD

1 DROITE 45  
 2 AVANCE :GD  
 3 DROITE 45  
 4 AVANCE :GD  
 5 DROITE 45  
 6 AVANCE :GD  
 7 DROITE 45  
 8 AVANCE :GD  
 9 DROITE 45  
 10 AVANCE :GD  
 11 DROITE 45  
 12 AVANCE :GD  
 13 DROITE 45  
 14 AVANCE :GD  
 15 DROITE 45  
 16 AVANCE :GD  
 FIN

## POUR RASOIR

1 AVANCE 160  
 2 DROITE 90  
 3 AVANCE 60  
 4 DROITE 90  
 5 AVANCE 60  
 6 GAUCHE 90  
 7 AVANCE 60  
 8 GAUCHE 90  
 9 AVANCE 60  
 10 DROITE 90  
 11 AVANCE 60  
 12 DROITE 90  
 13 AVANCE 160  
 14 DROITE 90  
 15 AVANCE 60 DROITE 90 AVANCE 60 GAUCHE 90  
 16 AVANCE 60  
 17 GAUCHE 90  
 18 AVANCE 60 DROITE 90 AVANCE 60  
 FIN

## POUR ROU

1 DROITE 90  
 2 GAUCHE 25  
 3 AVANCE 10  
 4 GAUCHE 25  
 5 AVANCE 10  
 6 GAUCHE 25  
 7 AVANCE 10  
 8 GAUCHE 25  
 9 AVANCE 10  
 10 GAUCHE 25  
 11 AVANCE 10  
 12 GAUCHE 25  
 13 AVANCE 10  
 14 GAUCHE 25  
 15 AVANCE 10  
 16 GAUCHE 25  
 17 AVANCE 10  
 FIN

## POUR IDIOT2 :G :GD

1 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD  
 2 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD  
 3 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD  
 4 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD

FIN

## POUR IDIOT :GD :G

1 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD  
 2 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD  
 3 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD  
 4 DROITE :G AVANCE :GD DROITE :G AVANCE :GD

FIN

## POUR THIERRY40

1 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45  
 2 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45  
 3 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45  
 4 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45 AVANCE 9 DROITE 45  
 FIN

1 AVANCE 9 DROITE 9  
 2 AVANCE 9 DROITE 9  
 3 AVANCE 9 DROITE 9  
 4 AVANCE 9 DROITE 9  
 5 AVANCE 9 DROITE 9 AVANCE 9 DROITE 9 AVANCE 9 DROITE 9 AVANCE 9 DROITE 9 AVANCE 9 DROITE 9

POUR TDC4Ø

1 AVANCE 9 DROITE 9  
 2 AVANCE 9 DROITE 9  
 3 AVANCE 9 DROITE 9  
 4 AVANCE 9 DROITE 9  
 5 AVANCE 9 DROITE 9  
 6 AVANCE 9 DROITE 9  
 7 AVANCE 9 DROITE 9  
 FIN

POUR VALERIE1Ø :D

1 AVANCE :D DROITE 36 AVANCE :D DROITE 36 AVANCE :D DROITE 36 AVANCE :D DROITE 36  
 2 AVANCE :D DROITE 36 AVANCE :D DROITE 36 AVANCE :D DROITE 36 AVANCE :D DROITE 36  
 3 AVANCE :D DROITE 36 AVANCE :D DROITE 36  
 FIN

POUR CAMO

1 AVANCE 2Ø  
 2 DROITE 45  
 3 AVANCE 3Ø DROITE 45 AVANCE 1ØØ DROITE 9Ø AVANCE 5Ø DROITE 9Ø AVANCE 1Ø  
 4 GAUCHE 9Ø AVANCE 1Ø DROITE 9Ø AVANCE 5 RECULE 5 AVANCE 1Ø AVANCE 5  
 5 DROITE 9Ø AVANCE 1Ø DROITE 9Ø AVANCE 3Ø DROITE 9Ø AVANCE 1Ø DROITE 9Ø  
 6 AVANCE 5 RECULE 5 AVANCE 1Ø AVANCE 5 DROITE 9Ø AVANCE 1Ø DROITE 9Ø AVANCE 1Ø  
 FIN

POUR TDCFV

1 AVANCE 4Ø DROITE 45 AVANCE 2Ø DROITE 9Ø AVANCE 2Ø DROITE 45 AVANCE 4Ø  
 2 GAUCHE 45 AVANCE 3Ø DROITE 135 AVANCE 2Ø GAUCHE 135  
 3 AVANCE 2Ø DROITE 135 AVANCE 7Ø GAUCHE 135 AVANCE 2Ø GAUCHE 135  
 4 AVANCE 2Ø DROITE 135 AVANCE 3Ø  
 FIN

POUR NUMERO3

1 AVANCE 3Ø DROITE 9Ø AVANCE 1Ø LEVEPLUME DROITE 9Ø AVANCE 1Ø DESCENDPLUME DROITE 9Ø AVANCE 1Ø LEVEPLUME ORIGINE  
 2 DROITE 9Ø AVANCE 2Ø GAUCHE 9Ø DESCENDPLUME AVANCE 2Ø LEVEPLUME AVANCE 5 DESCENDPLUME AVANCE 5 LEVEPLUME ORIGINE  
 3 DROITE 9Ø AVANCE 4Ø GAUCHE 9Ø DESCENDPLUME AVANCE 3Ø DROITE 145 AVANCE 3Ø GAUCHE 145 AVANCE 3Ø  
 FIN

POUR NUMERO4

1 NUMERO3  
 2 LEVEPLUME RECULE 3Ø DROITE 9Ø AVANCE 2Ø GAUCHE 9Ø DESCENDPLUME AVANCE 2Ø LEVEPLUME AVANCE 5 DESCENDPLUME AVANCE 5  
 3 CACHE  
 FIN

POUR NUMERO  
FIN

POUR ZOZO  
1  
FIN

POUR ECRANI

1 LEVEPLUME REcule 100 DROITE 90 DESCENDPLUME AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 80 DROITE 90 AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 80  
GAUCHE 90 LEVEPLUME AVANCE 30 DESCENDPLUME DROITE 90  
FIN

POUR ECRANI

1 AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 80 DROITE 90 AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 80  
FIN

POUR CLAVIER

1 LEVEPLUME REcule 30 DESCENDPLUME AVANCE 60 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 60 GAUCHE 90 AVANCE 30  
FIN

POUR MERCURE

1 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
2 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
3 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
4 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
5 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
6 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
7 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
8 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
FIN

POUR PIF

1 GAUCHE 90 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
2 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
3 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
4 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
5 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
6 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
7 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
8 AVANCE 5 DROITE 10 AVANCE 5 DROITE 10  
FIN

POUR URANUSE

1 DROITE 5 REcule 10 DROITE 5 REcule 10  
2 DROITE 5 REcule 10 DROITE 5 REcule 10  
3 DROITE 5 REcule 10 DROITE 5 REcule 10  
4 DROITE 5 REcule 10 DROITE 5 REcule 10  
5 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
6 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
7 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
8 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
9 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
10 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
11 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
12 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
FIN

POUR HERCULE

1 PIF LEVEPLUME ORIGINE DESCENDPLUME GAUCHE 45  
2 PIF  
3 AVANCE 5 DROITE 10  
4 AVANCE 5 DROITE 10  
5 AVANCE 5 DROITE 10  
6 AVANCE 5 DROITE 10  
7 AVANCE 5 DROITE 10  
8 AVANCE 5 DROITE 10  
FIN

AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
4 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
5 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
6 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
7 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
8 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
9 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
10 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
11 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10

## POUR BELPOMME

1 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 2 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 3 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 4 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 5 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 6 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 7 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 8 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 9 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 10 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 11 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 12 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 13 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 14 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 15 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 16 DROITE 5 AVANCE 10 DROITE 5 AVANCE 10  
 FIN

## POUR PLUTON

1 HERCULE  
 2 LEVEPLUME AVANCE 5  
 3 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 4 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 5 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 6 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 7 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 8 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 9 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10 DR 5 AV 10  
 FIN

## POUR COLUMBIATD

1 TDCFV  
 2 BOUGE 50  
 3 DROITE 10  
 4 GAUCHE 80  
 5 BOUGE 100  
 6 DROITE 20  
 7 GAUCHE 160  
 8 DROITE 1800  
 9 VIDEECRAN  
 FIN

## POUR CAMMIONNETTEIDF

1 DROITE 90 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90  
 2 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 60 GAUCHE 45 AVANCE 57 DROITE 135 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 60  
 3 LEVEPLUME RECOLE 60 DESCENDPLUME DROITE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 60 LEVEPLUME RECOLE 60 DESCENDPLUME  
 DROITE 90 AVANCE 40 DROITE 135  
 4 AVANCE 57 GAUCHE 45 AVANCE 60 DROITE 90 LEVEPLUME GAUCHE 90 AVANCE 20 DESCENDPLUME  
 5 GAUCHE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 40  
 FIN

## POUR CHRISTOPHE

1 LEVEPLUME AVANCE 80 DESCENDPLUME  
 2 CAMMIONNETTEIDF  
 FIN

POUR MAISON

1 TOIT  
2 CAARRE  
FIN

POUR TOIT

1 DROITE 45 AVANCE 26 DROITE 90 AVANCE 26 DROITE 135 AVANCE 35  
FIN

POUR CAARRE

1 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 35 GAUCHE 90 AVANCE 30  
FIN

POUR CABANE

1 GRANDTOIT  
2 GCAARRE  
FIN

POUR GRANDTOIT

1 DROITE 45 AVANCE 52 DROITE 90 AVANCE 52 DROITE 135  
FIN

POUR GCAARRE

2 AVANCE 70 GAUCHE 90 AVANCE 60 GAUCHE 90 AVANCE 70 GAUCHE 90 AVANCE 60  
FIN

POUR BARRAQUE

1 DOUBLETOIT  
~~2 DOUCAARRE~~  
3 UNFENETRE  
4 2FENETRE  
5 PORTE  
FIN

POUR DOUBLETOIT

1 DROITE 45 AVANCE 104 DROITE 90 AVANCE 104 DROITE 135 AVANCE 145  
FIN

POUR DOUCAARRE

1 GAUCHE 90 AVANCE 120 GAUCHE 90 AVANCE 145 GAUCHE 90 AVANCE 120  
FIN

POUR 1FENETRE

1 RECALE 5 GAUCHE 90 LEVEPLUME AVANCE 5 DESCENDPLUME GAUCHE 90 AVANCE 15 DROITE 90 AVANCE 15 DROITE 90  
AVANCE 15 DROITE 90 AVANCE 15  
FIN

POUR UNFENETRE

1 RECALE 10 GAUCHE 90 LEVEPLUME AVANCE 10 DESCENDPLUME GAUCHE 90 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 30 DROITE 90  
AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 30  
FIN

POUR 2FENETRE

1 GAUCHE 180 LEVEPLUME AVANCE 80 DESCENDPLUME AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90  
AVANCE 30  
FIN

## POUR PORTE

1 LEVEPLUME REcule 110 DESCENDPLUME AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 70  
FIN

## POUR VOITURE

1 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 45 GAUCHE 45 AVANCE 20 GAUCHE 135 AVANCE 65 REcule 65 DROITE 180 AVANCE 35  
GAUCHE 45  
2 AVANCE 15 GAUCHE 45 AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 35 GAUCHE 45 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15 DROITE 45  
AVANCE 15  
3 DROITE 45 AVANCE 15  
DROITE 90 LEVEPLUME AVANCE 30  
4 DESCENDPLUME AVANCE 50 GAUCHE 45 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15  
DROITE 45  
5 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 15 DROITE 90 LEVEPLUME AVANCE 30  
DESCENDPLUME  
6 AVANCE 45 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 80 REcule 60 DROITE 45 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 50  
FIN

## POUR HELICO

1 GAUCHE 90 AVANCE 40 GAUCHE 45 AVANCE 10 GAUCHE 45 AVANCE 10 GAUCHE 45 AVANCE 10 GAUCHE 45 AVANCE 10  
DROITE 90  
2 AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 60 REcule 60 GAUCHE 180 AVANCE 50 DROITE 45 AVANCE 10 LEVEPLUME DROITE 135  
AVANCE 60 DESCENDPLUME AVANCE 40  
3 GAUCHE 45 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 20  
GAUCHE 45 AVANCE 20  
4 DROITE 45 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 40 REcule 80  
FIN

## POUR ELICO

1 GAUCHE 90 AVANCE 80 GAUCHE 45 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 20  
DROITE 90  
2 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 120 REcule 120 GAUCHE 180 AVANCE 100 DROITE 45 AVANCE 20 LEVEPLUME DROITE 135  
AVANCE 115  
3 DESCENDPLUME AVANCE 80 GAUCHE 45 AVANCE 40 GAUCHE 45 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 20  
GAUCHE 90 AVANCE 40  
4 GAUCHE 45 AVANCE 50 DROITE 45 AVANCE 80 DROITE 90 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 80 REcule 160 LEVEPLUME  
5 AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 40 DESCENDPLUME GAUCHE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 40  
FIN

## POUR FAUTTEAU

1 ROND  
2 DROITE 22 GAUCHE 90 LEVEPLUME AVANCE 40 GAUCHE 90 DESCENDPLUME AVANCE 90 GAUCHE 90  
3 AVANCE 130 GAUCHE 90 AVANCE 5 GAUCHE 90 LEVEPLUME AVANCE 5 DESCENDPLUME  
4 AVANCE 15 DROITE 90 AVANCE 15 DROITE 90 AVANCE 15 DROITE 90 AVANCE 15  
5 GAUCHE 90 LEVEPLUME AVANCE 5 GAUCHE 90 DESCENDPLUME AVANCE 160 DROITE 90 AVANCE 30  
6 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 5 REcule 25  
7 AVANCE 25 GAUCHE 90 AVANCE 5 DROITE 90 AVANCE 15 GAUCHE 90 AVANCE 15  
8 DROITE 45 AVANCE 98 GAUCHE 45 AVANCE 90 GAUCHE 90 AVANCE 35 GAUCHE 90  
9 AVANCE 55 DROITE 45 AVANCE 45 GAUCHE 45 AVANCE 75 DROITE 90 AVANCE 15  
10 DROITE 90 REcule 15 AVANCE 125 GAUCHE 90 AVANCE 110  
FIN

## POUR ROND

1 GAUCHE 90 AVANCE 10 DROITE 22 AVANCE 10 DROITE 22 AVANCE 10 DROITE 22 AVANCE 10 DROITE 22 AVANCE 10  
 2 DROITE 22 AVANCE 10  
 3 DROITE 22 AVANCE 10  
 4 DROITE 22 AVANCE 10  
 FIN

## POUR FUSE

1 CABINE  
 2 ETAGE1  
 3 ETAGE2  
 4 ETAGE3  
 5 FEU  
 FIN

## POUR CABINE

1 DROITE 19 AVANCE 32 GAUCHE 19 AVANCE 25 RECULE 25 DROITE 180 GAUCHE 19 AVANCE 32 DROITE 109 AVANCE 20  
 FIN

## POUR FEU

1 GAUCHE 98 AVANCE 65 GAUCHE 161 AVANCE 65  
 FIN

## POUR FUSEE

1 DROITE 19 AVANCE 32 GAUCHE 19 AVANCE 25 RECULE 25 DROITE 180  
 2 GAUCHE 19 AVANCE 32 DROITE 109 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90  
 3 AVANCE 20 DROITE 90 RECULE 40 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90  
 4 RECULE 40 AVANCE 80 DROITE 45 AVANCE 35 GAUCHE 45 AVANCE 30 RECULE 70  
 5 GAUCHE 135 AVANCE 35 DROITE 135 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90  
 6 AVANCE 40 DROITE 135 AVANCE 35 DROITE 45 AVANCE 70 RECULE 30 DROITE 135  
 7 AVANCE 35 CACHE  
 FIN

## POUR ETAGE2

1 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 40 RECULE 40 GAUCHE 135  
 FIN

## POUR ETAGE3

1 AVANCE 35 GAUCHE 45 AVANCE 70 RECULE 30 GAUCHE 135 AVANCE 35 GAUCHE 45 AVANCE 40 DROITE 90  
 2 LEVEPLUME AVANCE 20 DROITE 45 DESCENDPLUME AVANCE 35 DROITE 45 AVANCE 70 RECULE 30 DROITE 135 AVANCE 35  
 DROITE 45 AVANCE 40  
 3 RECULE 40 GAUCHE 90 AVANCE 20  
 FIN

## POUR ETAGE1

1 GAUCHE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 40 RECULE 40 DROITE 180  
 FIN

## POUR BATO

1 DROITE 90 AVANCE 100 GAUCHE 45 AVANCE 20 GAUCHE 135 AVANCE 140 LEVEPLUME RECULE 65 DESCENDPLUME DROITE 90  
 2 AVANCE 60 GAUCHE 135 AVANCE 75 RECULE 75 GAUCHE 90 AVANCE 75 LEVEPLUME ORIGINE DESCENDPLUME GAUCHE 120  
 DROITE 90 AVANCE 20  
 FIN

GROUPE ROUGE

## POUR MAISON

1 DROITE 45  
 2 AVANCE 30 DROITE 45 AVANCE 95 DROITE 45 AVANCE 30 DROITE 45 AVANCE 90  
 3 DROITE 90 AVANCE 140 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 140  
 FIN

## POUR FENETRE

1 DROITE 90 AVANCE 25  
 2 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 50 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 25  
 FIN

## POUR MAFE

1 MAISON  
 2 LEVEPLUME REcule 70 DROITE 90 AVANCE 10 DESCENDPLUME  
 3 FENETRE  
 FIN

## POUR VOITURE

1 AVANCE 10  
 2 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 25 AVANCE 30 DROITE 25 AVANCE 30 GAUCHE 45 AVANCE 20  
 3 DROITE 45 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 5 DROITE 90 AVANCE 10  
 4 DROITE 90 AVANCE 5 LEVEPLUME AVANCE 10 DESCENDPLUME GAUCHE 90 AVANCE 10  
 5 ROUE  
 6 LEVEPLUME DROITE 90 AVANCE 30 DESCENDPLUME AVANCE 50  
 7 ROUE  
 8 LEVEPLUME DROITE 90 AVANCE 30 DESCENDPLUME AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 20  
 9 GAUCHE 90 AVANCE 60 DROITE 135 AVANCE 25 DROITE 45 AVANCE 30  
 FIN

## POUR ROUE

1 GAUCHE 45  
 2 AVANCE 10  
 3 DROITE 45  
 4 AVANCE 10  
 5 DROITE 45  
 6 AVANCE 10  
 7 DROITE 45  
 8 AVANCE 10  
 9 DROITE 45  
 10 AVANCE 10  
 11 DROITE 45  
 12 AVANCE 10  
 13 DROITE 45  
 14 AVANCE 10  
 15 DROITE 45  
 16 AVANCE 10  
 FIN

POUR TROUPE :T

1 GAUCHE 45 AVANCE :T  
 2 GAUCHE 45 AVANCE :T GAUCHE 45 AVANCE :T GAUCHE 45 AVANCE :T  
 FIN

POUR RP :T :T2

1 ROND :T :T2  
 2 ROND :T :T2  
 3 ROND :T :T2  
 4 ROND :T :T2  
 5 ROND :T :T2  
 6 ROND :T :T2  
 7 ROND :T :T2  
 8 ROND :T :T2  
 FIN

POUR ROND :T :T2

1 GAUCHE :T AVANCE :T2 GAUCHE :T AVANCE :T2 GAUCHE :T AVANCE :T2 GAUCHE :T AVANCE :T2 GAUCHE :T  
 2 AVANCE :T2 GAUCHE :T AVANCE :T2 GAUCHE :T AVANCE :T2 GAUCHE :T AVANCE :T2  
 3 GAUCHE :T AVANCE :T2 GAUCHE :T AVANCE :T2  
 FIN

POUR TOUR

1 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 10 GAUCHE 45 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 135  
 2 AVANCE 10 GAUCHE 45 AVANCE 10 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 80  
 3 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 40 DROITE 90 LEVEPLUME AVANCE 10 DESCENDPLUME DROITE 90 AVANCE 20  
 4 GAUCHE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 90  
 5 LEVEPLUME AVANCE 50 DESCENDPLUME DROITE 90 AVANCE 20 AVANCE 20 GAUCHE 90 LEVEPLUME AVANCE 40  
 6 DESCENDPLUME GAUCHE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 20 DROITE 90 LEVEPLUME AVANCE 60 DESCENDPLUME DROITE 90  
 AVANCE 40  
 FIN

POUR PASCAL

1 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 30  
 2 GAUCHE 90 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 10 GAUCHE 90  
 3 AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 100 GAUCHE 90  
 4 AVANCE 50 GAUCHE 90 AVANCE 100 GAUCHE 90 AVANCE 10 GAUCHE 90  
 5 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 60 GAUCHE 90  
 7 AVANCE 20 GAUCHE 90  
 8 AVANCE 10  
 FIN

POUR CATHERINE

1 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 40 DROITE 90  
 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 100 GAUCHE 90  
 AVANCE 50 GAUCHE 90 AVANCE 100  
 2 GAUCHE 90 AVANCE 100 GAUCHE 90 AVANCE 40 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 60  
 GAUCHE 90  
 3 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 10  
 FIN

## POUR OISE

1 DROITE 45 AVANCE 20  
 2 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 LEVEPLUME  
 3 AVANCE 10 GAUCHE 45 DESCENDPLUME AVANCE 20 DROITE 45 LEVEPLUME DROITE 45 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 20  
 GAUCHE 90  
 4 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 20 DROITE 135  
 FIN

## POUR JULLOT

1 DROITE 90 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 50 GAUCHE 135 AVANCE 50 DROITE 135 AVANCE 50  
 2 GAUCHE 135 DROITE 75 AVANCE 20 DROITE 50 AVANCE 60 DROITE 80 AVANCE 30 DROITE 90  
 3 AVANCE 50 GAUCHE 135 AVANCE 50 DROITE 70 AVANCE 20 DROITE 50 ORIGINE  
 FIN

## POUR JULOT

1 DROITE 45  
 2 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 10  
 3 DROITE 90 AVANCE 50 DROITE 90 AVANCE 40  
 FIN

## POUR JULOS

1 DROITE 45 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 30  
 2 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 30  
 FIN

## POUR JULOY

1 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 50 GAUCHE 45 AVANCE 15 GAUCHE 45 AVANCE 45 GAUCHE 45  
 2 AVANCE 45 GAUCHE 45 AVANCE 15 GAUCHE 45 AVANCE 50 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 55  
 3 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 40 DROITE 45 AVANCE 40 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45  
 4 AVANCE 55  
 FIN

## POUR JULOTTE

1 JULOT  
 2 LEVEPLUME  
 3 JULOT  
 4 DESCENDPLUME  
 5 JULOT  
 6 LEVEPLUME  
 7 JULOT  
 8 DESCENDPLUME  
 9 JULOT  
 10 LEVEPLUME  
 11 JULOT  
 12 DESCENDPLUME  
 13 JULOT  
 FIN

## POUR J.R

1 JULOT  
 2 LEVPLUME  
 3 JULOT DESCENDPLUME JULOT LEVEPLUME JULOT DESCENDPLUME JULOT LEVEPLUME JULOT DESCENDPLUME  
 4 JULOT  
 FIN

## POUR BIDULE

1 LEVEPLUME GAUCHE 90 AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 10 DESCENDPLUME  
 2 GAUCHE 90  
 FIN

## POUR BRICOLES

1 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 20  
 FIN

## POUR ALFRED

1 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20  
 2 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20  
 3 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45  
 FIN

## POUR PASCAL

1 AVANCE 20 GAUCHE 90 AVANCE 20 GAUCHE 45 AVANCE 20  
 FIN

## POUR LJMCD

1 DROITE 22 RECOLE 5  
 2 DROITE 22 RECOLE 5  
 3 DROITE 22 RECOLE 5 DROITE 22 RECOLE 5 DROITE 22 RECOLE 5 DROITE 22 RECOLE 5  
 FIN

## POUR EXAGONE

1 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20  
 2 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 45 AVANCE 20  
 FIN

## POUR DUPOND

1 LEVEPLUME GAUCHE 90 AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 10 DESCENDPLUME  
 FIN

## POUR PASCALINE

1 JULOT LEVEPLUME JULOT JULOT JULOT JULOT JULOT JULOT JULOT DESCENDPLUME JULOT  
 FIN

## POUR M

1 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 20 DROITE 90 AVANCE 20 GAUCHE 35 AVANCE 20  
 GAUCHE 35  
 2 AVANCE 20 DROITE 35 AVANCE 20 GAUCHE 35 AVANCE 20 DROITE 35 AVANCE 20 GAUCHE 35 AVANCE 20 DROITE 35  
 AVANCE 20  
 3 GAUCHE 35 AVANCE 20 DROITE 22 AVANCE 5 DROITE 22  
 AVANCE 5  
 4 DROITE 22 AVANCE 5 DROITE 22  
 AVANCE 5  
 5 DROITE 22 AVANCE 5 DROITE 22 AVANCE 5 DROITE 22  
 FIN

## GROUPE VERT

### POUR MAISON

1 AVANCE 90  
 2 DROITE 45  
 3 AVANCE 90 DROITE 45  
 4 AVANCE 90 DROITE 45  
 5 AVANCE 90 DROITE 45  
 6 AVANCE 90 DROITE 90  
 7 AVANCE 215

### POUR FENETREDR

1 LEVEPLUME  
 2 REcule 90  
 3 DESCENDPLUME  
 4 AVANCE 30  
 5 DROITE 90  
 6 AVANCE 30  
 7 DROITE 90  
 8 AVANCE 30  
 9 DROITE 90  
 10 AVANCE 30  
 FIN

### POUR CARINE

1 LEVEPLUME REcule 100  
 2 DROITE 90 DESCENDPLUME  
 FIN

### POUR MARCHE

1 VIDEeCRAN  
 2 LEVEPLUME  
 3 GAUCHE 90  
 4 AVANCE 45  
 5 DROITE 90  
 6 DESCENDPLUME  
 FIN

### POUR AVION

1 GAUCHE 45  
 2 AVANCE 25  
 3 DROITE 45 AVANCE 25  
 4 DROITE 45 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 25 DROITE 90  
 5 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 45 AVANCE 100 DROITE 45 AVANCE 25 DROITE 45  
 6 AVANCE 150 DROITE 80 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 25 DROITE 90  
 7 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 80 DROITE 90 AVANCE 10  
 FIN

### POUR FENETREGA

1 LEVEPLUME  
 2 AVANCE 45  
 3 DESCENDPLUME  
 4 AVANCE 30  
 5 DROITE 90  
 6 AVANCE 30  
 7 DROITE 90  
 8 AVANCE 30  
 9 DROITE 90  
 10 AVANCE 30  
 FIN

### POUR PORTE

1 LEVEPLUME REcule 35 DROITE 90  
 2 DESCENDPLUME AVANCE 45  
 3 DROITE 90  
 4 AVANCE 45  
 5 DROITE 90  
 6 AVANCE 45  
 FIN

### POUR DEPLACE

1 GAUCHE 90  
 2 LEVEPLUME AVANCE 90  
 3 DESCENDPLUME DROITE 90  
 FIN

## POUR IDA

1 GAUCHE 45  
 2 AVANCE 10  
 3 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 20 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90  
 4 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 26 DROITE 75 AVANCE 90 DROITE 95 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 110  
 5 DROITE 80 AVANCE 26 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90  
 6 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 10  
 FIN

## POUR ROUDOUDOU

1 GAUCHE 45 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 45 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 19  
 DROITE 90  
 2 AVANCE 90 GAUCHE 90 AVANCE 10 GAUCHE 75 AVANCE 110 DROITE 95 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 120 DROITE 30  
 3 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 90 GAUCHE 90 AVANCE 30  
 4 DROITE 90 AVANCE 10  
 FIN

## POUR PARIS

1 GAUCHE 45 AVANCE 15 DROITE 90 AVANCE 15 DROITE 45 AVANCE 45  
 2 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 11 DROITE 90 AVANCE 90  
 3 DROITE 90 AVANCE 15 DROITE 50 AVANCE 110  
 4 DROITE 60 AVANCE 10 DROITE 100 AVANCE 130  
 5 DROITE 50 AVANCE 15 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 11  
 6 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 45 DROITE 90 AVANCE 10  
 FIN

## POUR TRAIN

1 AVANCE 90 DROITE 90  
 2 AVANCE 15 GAUCHE 90  
 3 AVANCE 25 DROITE 90  
 4 AVANCE 10 AVANCE 10  
 5 AVANCE 25 GAUCHE 90  
 6 AVANCE 90 GAUCHE 90  
 7 AVANCE 90 DROITE 90  
 8 AVANCE 90 DROITE 90  
 9 AVANCE 180 DROITE 90  
 10 AVANCE 195 GAUCHE 90  
 11 LEVEPLUME  
 12 RECULE 195 GAUCHE 90  
 13 AVANCE 90 DROITE 90 DESCENDPLUME  
 14 AVANCE 90

## POUR TRIANGLE

1 DROITE 45 AVANCE 22  
 2 DROITE 45 AVANCE 22  
 3 DROITE 45 AVANCE 22  
 4 DROITE 45 AVANCE 22  
 5 DROITE 45 AVANCE 22  
 6 DROITE 45 AVANCE 22  
 7 DROITE 45 AVANCE 22  
 8 DROITE 45 AVANCE 22  
 FIN

## POUR ROUE

1 DROITE 45  
 2 AVANCE 90 DROITE 45 AVANCE 90  
 3 DROITE 45 AVANCE 90  
 4 DROITE 45 AVANCE 90  
 5 DROITE 45 AVANCE 90  
 6 DROITE 45 AVANCE 90  
 7 DROITE 45 AVANCE 90  
 8 DROITE 45 AVANCE 90  
 FIN

## POUR FLEUR

1 LEVEPLUME RECULE 90 DESCENDPLUME  
 2 AVANCE 90 DROITE 90  
 3 AVANCE 15 GAUCHE 90  
 4 AVANCE 25 DROITE 90  
 5 AVANCE 6 DROITE 90  
 6 AVANCE 25 GAUCHE 90  
 7 AVANCE 90 GAUCHE 90  
 8 AVANCE 90 DROITE 90  
 9 AVANCE 80 DROITE 90  
 10 AVANCE 180 DROITE 90  
 11 AVANCE 191 LEVEPLUME  
 12 RECULE 191 DROITE 90  
 13 AVANCE 90 GAUCHE 90 DESCENDPLUME AVANCE 90  
 FIN

## POUR CARA

1 LEVEPLUME RECULE 86  
 2 GAUCHE 90 AVANCE 90  
 3 DROITE 90 AVANCE 27  
 4 DROITE 100 DESCENDPLUME AVANCE 11 DROITE 45  
 5 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 6 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 7 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45  
 8 AVANCE 11 LEVEPLUME DROITE 45 AVANCE 20 DROITE 100 DESCENDPLUME  
 9 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45  
 10 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45  
 11 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45  
 FIN

## POUR KIKIE :UN

1 DROITE 45 AVANCE :UN DROITE 45  
 2 AVANCE :UN DROITE 45 AVANCE :UN  
 3 DROITE 45 AVANCE :UN DROITE 45  
 4 AVANCE :UN DROITE 45 AVANCE :UN  
 5 DROITE 45 AVANCE :UN DROITE 45 AVANCE :UN  
 FIN

## POUR GOMME

1 DESCENDPLUME AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 2 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 3 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 4 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 6  
 7  
 8  
 FIN

## POUR EMI

1 LEVEPLUME  
 2 DROITE 90  
 3 AVANCE 25  
 4 DROITE 45  
 5 AVANCE 45  
 6 DROITE 45  
 7 DESCENDPLUME  
 FIN

## POUR ARA

1 LEVEPLUME DROITE 45 AVANCE 25 DROITE 45 AVANCE 25 DROITE 45 AVANCE 25 DROITE 45 AVANCE 25 DROITE 45  
 AVANCE 25  
 2 GAUCHE 90  
 3 GOMME  
 4 GOMME  
 5 GOMME DESCENDPLUME  
 6 GOMME  
 FIN

## POUR CHEVAL

1 LEVEPLUME GAUCHE 90  
 2 AVANCE 90 GAUCHE 90  
 3 AVANCE 15 DROITE 100  
 FIN

## POUR OIME

FIN

## POUR FILLE

1 LEVPLUME DROITE 90  
 2 AVANCE 25 GAUCHE 100  
 3 DESCENDPLUME  
 4 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 5 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45  
 6 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11  
 7 DROITE 45 AVANCE 11 DROITE 45  
 8 AVANCE 11 DROITE 45 AVANCE 11 DESCENDPLUME  
 FIN

## POUR KIKIS

1 GAUCHE 45 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 45 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 80  
 2 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 80 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 75 AVANCE 110  
 3 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 80 AVANCE 115 DROITE 45 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 80  
 4 DROITE 90 AVANCE 10

FIN

## POUR PAURC

1 GAUCHE 45 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 10  
 2 DROITE 45 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 80  
 3 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 80  
 4 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 75 AVANCE 110  
 5 DVE  
 6 DROITE 90 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 80  
 7 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 80  
 8 GAUCHE 90 AVANCE 30 DROITE 90 AVANCE 10

FIN

## POUR BOUQS

1 GAUCHE 45 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 10  
 2 DROITE 45 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 80  
 3 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 80  
 4 GAUCHE 90 AVANCE 30 GAUCHE 75 AVANCE 110  
 5 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 125  
 6 DROITE 75 AVANCE 30 GAUCHE 90 AVANCE 80  
 7 DROITE 90 AVANCE 10 DROITE 90 AVANCE 80  
 8 GAUCHE 90 AVANCE 35 DROITE 90 AVANCE 10

FIN

## POUR

## POUR ANSET

1 AVANCE 90 GAUCHE 90 AVANCE 10  
 2 DROITE 135 AVANCE 35 DROITE 90 AVANCE 35  
 3 DROITE 135 AVANCE 10 GAUCHE 90 AVANCE 90

FIN

## POUR ANS

1 AVANCE 90 DROITE 90 AVANCE 90 DROITE 90  
 2 AVANCE 80 DROITE 90 AVANCE 80 DROITE 90  
 3 AVANCE 70 DROITE 90 AVANCE 70 DROITE 90  
 4 AVANCE 60  
 5 DROITE 90 AVANCE 60 DROITE 90  
 6 AVANCE 50 DROITE 90 AVANCE 50  
 7 DROITE 90 AVANCE 40 DROITE 90 AVANCE 40

FIN