
PLAN DE L'ARTICLE

A – DEROULEMENT DES RECHERCHES

B – RESULTATS OBTENUS

I – Approche épistémologique des problèmes posés

- 1) Utilisation du code
- 2) Identification des déplacements
- 3) Elaboration de parcours
- 4) Les obstacles cognitifs

II – Analyse des situations didactiques

- 1) Situations et nature des problèmes
- 2) Utilisation de logo avec le groupe classe
- 3) Une variable didactique : la présence ou non de tracés

III – Analyse des apprentissages

- 1) Description de la situation
 - 2) Description des différents types de programmation
 - 3) Evolution des types de programmation
 - 4) Analyse des résultats
 - 5) Etudes de cas
-

TORTUE DE SOL-LOGO A L'ECOLE MATERNELLE

Jacques PERES
IREM de BORDEAUX

Durant l'année 1986-87 nous avons mené à l'IREM de BORDEAUX un certain nombre de recherches sur l'utilisation de la tortue LOGO dans une grande section de maternelle (1).

Nous avons cherché ici à présenter quelques résultats obtenus à partir de questions que nous nous posions sur :

- 1) la nature des processus cognitifs pouvant être mis en œuvre grâce à la tortue de sol ;*
- 2) l'effet de certaines caractéristiques des situations didactiques que nous avons élaborées ;*
- 3) les apprentissages que nous pouvions espérer obtenir au cours de ces situations.*

A – DEROULEMENT DES RECHERCHES

Dans le cadre de cet article, nous ne pouvons donner qu'un résumé très succinct des situations expérimentées. L'ensemble des recherches s'est étalé sur deux ans en cinq étapes.

1) LA PRE-EXPERIMENTATION Avril-Mai 1985

Huit séances ont été analysées [PERES 1985]. Le travail s'est déroulé en atelier avec des groupes de six élèves de grande section de maternelle, l'expérimentation a permis la mise au jour de faits concernant la nature des processus cognitifs mis en œuvre. Nous avons également élaboré les premières situations en fonction d'objectifs tels que l'apprentissage du code des cartes de programmation et la construction de parcours complexes (aller faire toucher un but à la tortue en contournant des obstacles, etc).

2) UTILISATION DE LA TORTUE AVEC LA TOTALITE DU GROUPE CLASSE Octobre-Novembre-Décembre 1985

Le travail en atelier nous paraît particulièrement bien adapté à l'activité de recherche à laquelle peut se livrer un élève grâce à la tortue du sol (possibilité de reprendre plusieurs fois le même problème, de multiplier ainsi les essais, etc.). Mais pour que l'enfant puisse lui-même gérer cet espace et ce temps de la recherche sans mobiliser l'attention de la maîtresse qui doit s'occuper du reste de la classe, un certain type d'apprentissage doit être achevé (connaissance du code, maîtrise des déplacements simples ...). Or ceci nécessite un temps assez long durant lequel

(1) Ce travail fut réalisé par une équipe comprenant Monique GLYKOS et Annick REMY, institutrices, Gisèle JOUSSON, Directrice de l'école maternelle pour l'observation de l'IREM de BORDEAUX ; Marie-Hélène SALIN et Jacques PERES, chercheurs à l'IREM. L'ensemble des recherches étant placé sous la direction scientifique de Guy BROUSSEAU.

la présence de l'enseignant est nécessaire pour garantir le respect des contraintes liées aux différents jeux et gérer les interventions successives des enfants. Ceci interdit donc au début un mode de fonctionnement en atelier et oblige à un travail avec toute la classe.

L'élaboration de telles situations est complexe. Nous en avons expérimenté seize durant lesquelles nous avons cherché quels compromis pouvaient être trouvés entre :

1) la recherche personnelle et la nécessité d'un travail d'équipe si l'on veut que l'ensemble des élèves soit motivé ;

2) le temps suffisant dont peut disposer le joueur et la nécessaire rapidité des passations individuelles, etc. [PERES 1986].

3) ACTIVITES DE PROGRAMMATION EN ATELIER Avril-Mai 1986

Nous avons expérimenté pour la première fois des situations de programmation. Au cours de neuf séances avec des groupes de cinq élèves, **au sein de la classe**, l'activité de programmation a porté sur la construction de parcours libres (par exemple programmer la tortue pour qu'elle aille toucher une baguette et revienne à son point de départ) ou sur la reproduction d'un tracé au crayon marqueur (par exemple reproduction d'un carré, d'un tracé en escalier, etc. [PERES 1986].

4) UTILISATION DE LA TORTUE PAR L'ENSEMBLE DU GROUPE CLASSE Octobre-Novembre 1986

Les objectifs de la recherche étaient les mêmes que ceux de la deuxième étape, mais nous avons tenu compte des résultats acquis lors de l'année précédente en élaborant seize situations susceptibles de mieux motiver l'ensemble des élèves et de produire des apprentissages plus efficaces. Nous avons ainsi délibérément centré l'activité sur les reproductions de tracés (en programmation ou non) [PERES 1987 a].

5) PROGRAMMATION EN ATELIER Avril-Mai-Juin 1987

Pour clore cet ensemble de recherches, nous avons de nouveau étudié l'activité de programmation en atelier. Mais cette fois nous avons cherché, en reprenant des épreuves déjà expérimentées (reproduction de figures, trajets aller-retour), à analyser précisément l'évolution des stratégies utilisées par les enfants lorsqu'ils sont amenés à renouveler plusieurs fois leur essai après chaque échec.

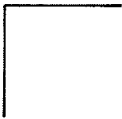
La reprise de l'activité provoquait-elle ces remaniements cognitifs que nous étions fondés d'attendre d'après le modèle théorique utilisé [PERES 1987 b] ?.

En définitive, au cours de ces différentes recherches, nous avons étudié quatre types de problèmes posés pour l'élaboration de parcours (chacun renvoyant à des processus cognitifs spécifiques).

I) **Il s'agit de faire atteindre un but à la tortue ou/et de lui faire contourner des obstacles, ceci en jouant au coup par coup**(l'enfant pouvant après chaque déplacement, modifier éventuellement le parcours en fonction de la position de la tortue).

II) En jouant au coup par coup, l'enfant doit faire exécuter à la tortue munie de son crayon marqueur un tracé d'après un modèle.

Par exemple, il s'agit de faire reproduire la ligne (a) déjà tracée.

(a)  A chaque étape, l'enfant a sous les yeux la position de la tortue et peut en fonction de cette perception imaginer le déplacement suivant.

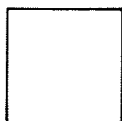
III) Programmation de la tortue pour lui faire aller toucher un but.

Par exemple, il faut que la tortue aille toucher la baguette et revienne à son point de départ.

Cette fois, l'enfant doit se donner une représentation mentale des différentes étapes nécessaires du parcours en fonction du but, avant même que la machine ne bouge. Il doit également ordonner cette suite en enfonçant les cartes une par une dans le boîtier.

IV) Programmation de la tortue pour lui faire exécuter le tracé d'une figure d'après un modèle.

Par exemple, reproduire un carré de 20 cm de côté.



Ceci suppose que l'enfant suive mentalement le tracé de la figure en analysant les différentes étapes nécessaires à sa reproduction.

B – RESULTATS OBTENUS

Nous ne pouvons donner ici que quelques exemples des résultats obtenus au cours des différentes phases de la recherche (1).

Ces résultats concernent trois grandes catégories de questions :

- 1) approche épistémologique des problèmes posés aux élèves ;
- 2) analyse des situations didactiques ;
- 3) analyse des apprentissages.

I – APPROCHE EPISTEMOLOGIQUE DES PROBLEMES POSES

Au cours de ces recherches nous avons tenté de dégager un certain nombre de données sur les processus cognitifs impliqués dans l'utilisation de LOGO au cours de certaines situations didactiques (2). Nous avons pour cela amplement utilisé les données de l'épistémologie piagétienne. Nous avons ainsi étudié d'abord les activités logiques impliquées par l'utilisation du code, puis en reprenant les travaux de PIAGET sur l'espace représentatif, nous avons cherché à dégager les processus cognitifs impliqués dans l'identification des déplacements et l'élaboration des parcours, et nous avons étudié la nature des obstacles psycho-génétiques (c'est-à-dire dépendant du niveau de développement cognitif des élèves de maternelle) rencontrés par les enfants au cours des problèmes posés par LOGO. Les obstacles sont ceux-là même que l'apprentissage vise à faire dépasser par l'élève.

1) UTILISATION DU CODE

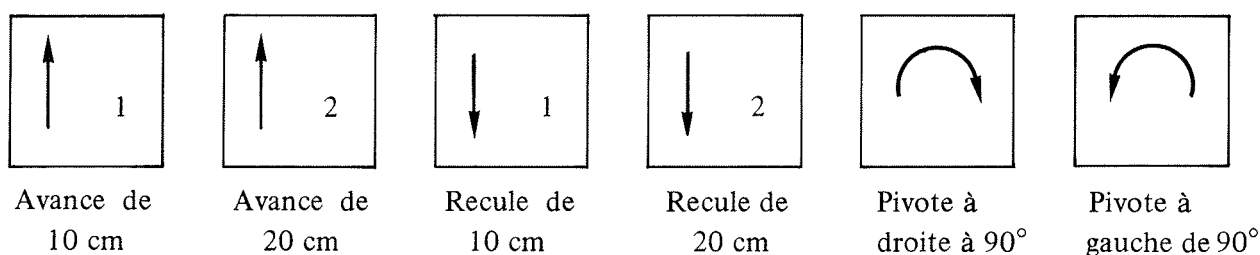
Pour faire effectuer les déplacements désirés à la tortue, les enfants disposent de

(1) Nous renvoyons le lecteur intéressé aux comptes rendus de recherche dont nous avons donné plus haut les références.

(2) Très souvent les maîtres utilisateurs de LOGO posent des questions concernant la nature des apprentissages. En quoi ceux-ci diffèrent-ils de ceux obtenus au cours des activités psycho-motrices en salle de jeu (évolution, exploration, représentation de l'espace) ? Qu'apporte à l'enfant la pratique de la programmation ?

cartes de programmation sur lesquelles nous avons porté des indications sous forme de signes permettant de les identifier (1). Nous avons élaboré ces étiquettes de telle façon qu'avec l'ensemble des cartes, l'enfant se trouve en présence d'un système de signes et non d'un catalogue de symboles pouvant fonctionner indépendamment les uns des autres.

- le déplacement rectiligne est désigné par une flèche droite ;
- la rotation par une flèche courbe ;
- le sens des déplacements par la position de la pointe de flèche ;
- la longueur des déplacements rectilignes par le chiffre 1 (10 cm) ou 2 (20 cm)



Au plan de l'apprentissage, la maîtrise d'un tel système suppose, selon nous, un processus constructif particulièrement intéressant, dans deux domaines :

1) Même si les signes ne sont pas véritablement arbitraires, le message n'est pas directement décodable, l'analogie entre les représentations et ce qu'elles représentent doit permettre aux enfants de découvrir peu à peu leur sens (à partir bien entendu de l'expérience de l'utilisation), mais ceci suppose un apprentissage d'ordre sémiologique.

2) Comme le problème n'est pas seulement de faire déplacer d'une façon rectiligne ou de faire pivoter, mais de faire avancer ou reculer, pivoter à droite ou à gauche, chaque signe ne peut délivrer la totalité du message qu'il contient, qu'à partir de la connaissance des autres signes. Autrement dit, c'est parce que l'on sait que la flèche désignant le mouvement avance est dirigée vers le haut de la carte, que l'on peut savoir en regardant la flèche dirigée vers le bas, qu'il s'agit de la flèche recule (ceci vaut tout aussi bien pour les deux cartes pivote comme pour les chiffres 1 et 2).

Les signes ne sont donc pas seulement affirmatifs comme s'ils ne dépendaient pas les uns des autres, mais également négatifs, c'est-à-dire que chacun pour être compris renvoie à la fois à ce qu'est le déplacement (recule) et à ce qu'il n'est pas (avance).

Or, prendre en compte **simultanément** ce qu'est et ce que n'est pas un objectif c'est rompre avec l'attitude spontanée consistant à dégager les caractéristiques uniquement positives d'un état ou d'une relation pour entrer dans un processus très secondarisé, supposant des actions de correspondance, de regroupement, d'opposition, de différenciation de type opératoire.

L'apprentissage du code nous paraît alors doté d'une signification **logique** incontestable et non plus simplement sémiologique.

2) IDENTIFICATION DES DEPLACEMENTS

Nous verrons plus loin comment les premières situations didactiques ont été

(1) Le fabricant a confectionné des étiquettes sur lesquelles ces indications sont écrites mais les enfants ne savent pas encore lire.

élaborées de telle façon que l'enfant doive lui-même à travers l'expérience, identifier les déplacements que les cartes de programmation lui permettent d'obtenir. Le problème est de pouvoir au sein d'une multitude de déplacements qui s'effectuent au hasard, découvrir des régularités, isoler et identifier des éléments permanents, reconnaître en fait des invariants. Or ces derniers ne sont pas donnés d'emblée mais doivent être construits ; si l'enfant perçoit très vite que la tortue se déplace rectilignement (c'est ce qu'il peut le plus facilement identifier si dans cette reconnaissance, comme nous le pensons, il met en œuvre la projection d'un schéma moteur), la détermination du déplacement "recule" (la tortue est orientée grâce à la présence d'une gommette représentant le nez) ne peut apparaître que secondairement, comme la construction de la notion de **déplacement opposé** au déplacement d'abord seul pris en compte (tout déplacement rectiligne étant identifié d'abord comme déplacement "avance").

Mais il ne suffira pas de connaître tout ce qu'on peut faire faire à la tortue. Il faudra aussi s'en donner une **représentation mentale correcte**. Ainsi la représentation de la rotation est problématique ; l'enfant doit en effet se déprendre d'une image du mouvement "tourner" où le centre de l'objet lui-même effectue un arc de cercle ce qui n'est pas le cas de la tortue qui pivote sur son axe. Le fait de "voir" ce mouvement ne suffit pas à s'en construire une image mentale correcte. Il en est de même pour la distinction entre les déplacements longs et courts.

3) ELABORATION DE PARCOURS

Nous avons étudié les problèmes spécifiques posés aux élèves en fonction des dispositifs adoptés. Les problèmes ne sont effectivement pas les mêmes si l'enfant peut jouer au coup par coup, ou doit programmer, s'il s'agit de faire un parcours en fonction d'un but à atteindre et d'obstacles à éviter ou de reproduire un tracé modèle, mais nous voudrions ici présenter la conception que nous avons des **processus cognitifs généraux** visés par l'apprentissage.

Il faut bien préciser **qu'avec la tortue Logo l'enfant travaille non sur l'espace vécu, l'espace sensori-moteur, pour reprendre la terminologie piagétienne, mais très précisément sur l'espace représentatif**.

Il ne s'agit pas au cours de ces activités d'exécuter des déplacements soi-même, d'organiser l'espace et de construire des repères à partir de son propre corps.

Il ne s'agit pas non plus de déplacer les objets eux-mêmes pour leur faire exécuter des parcours ou reproduire des figures, comme ce serait le cas si l'enfant manœuvrait la tortue en la poussant, ou en la pilotant par télécommande (bien qu'alors les difficultés sensori-motrices seraient accrues).

Il ne s'agit donc pas de savoir exécuter des mouvements ou de déplacer correctement des objets mais de **se représenter ces déplacements**. En fonction du but ou de l'obstacle, ou du modèle à reproduire, l'enfant doit imaginer ce qu'il doit faire exécuter à la tortue en choisissant la carte, il doit donc se représenter mentalement le trajet à effectuer en se constituant une image anticipatrice ou reproductrice des déplacements élémentaires et surtout de leur coordination.

Les travaux de PIAGET sur la représentation de l'espace montrent combien cette maîtrise de l'espace représenté est problématique pour l'enfant (en particulier pour ceux qui font partie de notre population) [PIAGET 1981, PIAGET 1973, PIAGET 1972].

Elle ne consiste pas, dès l'apparition de la fonction symbolique, à transposer des connaissances déjà acquises dans le domaine perceptivo-moteur, sur le plan de la pensée, mais elle suppose une reconstruction sur "un palier supérieur" dit PIAGET, et par conséquent "l'élaboration d'une série de nouveautés irréductibles aux instruments du palier inférieur".

Autrement dit, nos élèves pourraient relativement facilement, étant donné leur âge, reproduire un modèle en manipulant directement un mobile traceur (1) mais sans pouvoir pour autant construire une représentation mentale de la coordination des déplacements que ce tracé suppose.

Ceci tient pour PIAGET à la nature même de l'image mentale. Il ne conçoit pas la représentation spatiale comme la simple reproduction d'une donnée extérieure mais comme une action intériorisée [PIAGET 1966].

Si l'on suit la théorie piagétienne, quand l'enfant doit prévoir le résultat d'une action, par exemple décider qu'il faut faire d'abord pivoter la tortue, puis la faire avancer pour toucher le but, il ne parvient véritablement à cette représentation mentale qu'à partir du moment où elle devient elle-même active, c'est-à-dire en opérant sur ces images de déplacement et non en se bornant à les évoquer simplement.

De même, quand il doit ordonner en pensée (au cours d'une programmation) la suite des mouvements de la tortue en vue de lui faire exécuter un parcours déterminé, il n'imagine pas une suite de déplacements déjà ordonnés, ni même l'action de les ordonner, il ordonne cette suite aussi réellement et activement que s'il s'agissait d'une action matérielle, **mais en exécutant intérieurement cette action au moyen d'objets symbolisés** (ce que chaque carte permet d'obtenir).

Cette conceptualisation du spatial, cette possibilité d'organiser intérieurement l'espace à partir d'objets symbolisés permet un extraordinaire dégagement du sujet par rapport aux limitations de l'action effective (en particulier tout ce qui la lie à la temporalité, donc à l'irréversibilité) et conduit finalement à la construction de l'espace euclidien et aux opérations métriques.

Mais ceci ne sera que l'aboutissement d'un long processus de développement durant lequel l'enfant doit passer dans la représentation de l'espace, d'un égocentrisme spatial où l'action intériorisée est encore mal différenciée du sujet, à une représentation objective ou décentrée par rapport à l'activité propre. L'action est alors située au sein d'un **système opératoire** permettant de décrire les déplacements en fonction de références coordonnées entre elles.

C'est l'expression de cet égocentrisme spatial que nous devons donc retrouver à travers les échecs et c'est ce **dégagement, cette progressive maîtrise des coordinations spatiales que nous allons viser à travers les situations didactiques que nous avons élaborées.**

4) LES OBSTACLES COGNITIFS

Les situations que nous expérimentions avaient pour objectif de placer les élèves face à un problème, de telle sorte qu'ils puissent dans un premier temps mettre en jeu leurs modèles spontanés, les obstacles rencontrés devant ensuite provoquer ces remaniements à partir desquels les stratégies se modifient dans le sens visé par nos apprentissages.

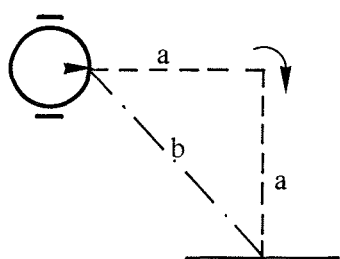
Cette recherche devait donc nous permettre d'analyser ces modèles spontanés, car

(1) Il suffirait de contrôler sans cesse le déplacement en mettant en regard les éléments du modèle et ceux qu'on exécute directement.

c'est à partir de la représentation que nous en avons que nous pouvons élaborer la nature des problèmes posés.

A travers ces modèles, ces comportements mis en œuvre d'emblée, nous avons pu en fait retrouver tous les phénomènes que PIAGET a mis au jour chez les enfants d'âge préparatoire, où la représentation se différencie mal de l'activité matérielle et échoue à reconstituer les transformations les plus simples. Nous en donnerons quelques exemples.

1) Lors des premières situations, même s'il s'agissait de reproduire des déplacements auparavant perçus, les enfants ne paraissent pouvoir prendre en compte au cours de leur

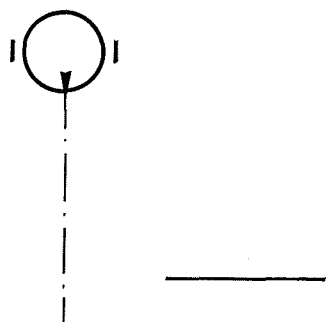


élaboration du parcours, que les objets à relier ou à éviter sans aucune centration sur la forme de la trajectoire elle-même et ses variations possibles. Dans la situation représentée ci-contre où il faut aller faire toucher la baguette par la tortue (1), l'enfant ne pouvait, malgré l'expérience, concevoir le parcours autrement que comme un trajet rectiligne reliant directement l'objet au but (trajet b).

Nous retrouvons là toutes les difficultés pour les enfants de cet âge de concevoir d'emblée le déplacement comme un chemin parcouru (ceci est une notion beaucoup plus abstraite et secondaire qu'on pourrait l'imaginer. [PIAGET 1982]).

Ils le conçoivent en fait comme un changement de place qui remplace une position par une autre. Ce sont donc les positions et le changement de position qui définissent les mouvements pour la plupart de nos élèves, qui dès lors se centrent sur le point d'arrivée et se construisent une image du déplacement reliant directement les deux positions.

2) Cette centration sur le but au détriment de l'itinéraire laisse peu à peu place au cours de l'apprentissage à des stratégies plus évoluées mais la décentration reste longtemps très relative. En particulier, l'enfant peut difficilement se construire une représentation du déplacement en soi, c'est-à-dire indépendamment du but. Il peut ainsi dans certaines conditions concevoir un déplacement objectif, par exemple rectiligne, mais dans la situation que nous avons schématisée

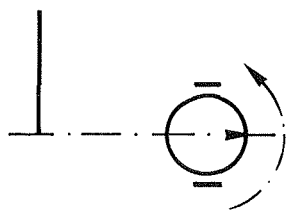


ci-contre, alors qu'il a compris que s'il fait avancer sans plus la tortue, il va manquer de cible, il peut difficilement élaborer un déplacement vers la gauche pendant lequel la tortue ne s'approchera qu'indirectement de la cible. On retrouve dans ce cas le phénomène bien connu des centrations des jeunes enfants sur le mouvement d'approche direct au détriment des moyens indirects nécessaires.

3) Même lorsque l'enfant est déjà très engagé dans l'apprentissage, on retrouve cette difficulté à élaborer un déplacement comme simple moyen d'obtenir un 2ème déplacement

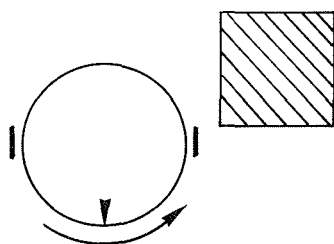
(1) Donc faire effectuer un déplacement AV puis une rotation à D, puis un déplacement AV (trajet a).

nécessaire. Par exemple, lors de cette situation où il faut faire d'abord pivoter la tortue pour



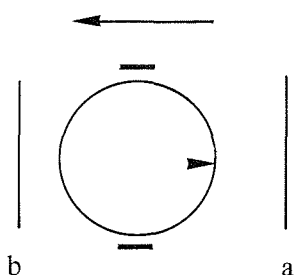
qu'elle puisse tracer le même trait que le modèle. De nombreux élèves ne peuvent concevoir un déplacement qui n'apporte pas en soi de résultats effectifs, qui n'a de sens qu'à partir de ce qu'il permettra d'obtenir après lui. Ils tendent à programmer d'abord AV.

4) Un autre obstacle, intervenant dans la représentation des déplacements tient à une centration de l'enfant sur ce que nous appelons avec eux le "nez" de la tortue constitué d'une petite gommette collée à l'avant, ceci au détriment de l'encombrement qu'ils négligent totalement au début. Ils ont ainsi beaucoup de difficultés à prendre en compte le diamètre de



la machine lors de l'évitement ou du contournement d'un obstacle. Dans la situation schématisée ci-contre, ils pensent d'abord pouvoir faire contourner l'obstacle à la tortue dès que le "nez" l'a dépassé, et ils programment "pivote". Ils sont fort embarrassés de s'apercevoir que la tortue se retrouve encore face à l'obstacle.

5) Ce diamètre de la tortue joue le rôle d'un invariant, très malaisément conçu. Ceci est particulièrement net dans les situations où il est nécessaire de prendre en compte l'aspect inverse d'un déplacement.

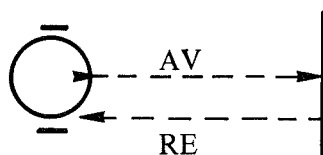


Par exemple lors de ce jeu où il faut déplacer la tortue sans toucher les obstacles, l'enfant se donne une représentation des déplacements à obtenir en se centrant sur l'obstacle (a) et le nez de la tortue, il programme alors "recule" pour s'éloigner de (a) mais ce faisant il ignore l'effet inverse qui est le rapprochement de l'arrière de la tortue de l'obstacle (b).

6) Nous retrouvons ces phénomènes au cours d'une multitude de situations où l'aspect inverse d'une action est très difficilement conçu.

D'abord, dans toutes les activités où l'enfant peut jouer au coup par coup, il a la possibilité après chaque déplacement de se rendre compte si celui-ci était pertinent ou non. Dans le cas d'une erreur, il peut l'annuler au coup suivant en revenant au point de départ. Or, s'il lui est déjà difficile d'apporter des corrections dans les déplacements constatés, ces véritables actions réversibles qui consistent à annuler mentalement un mouvement non souhaité par le mouvement inverse, paraissent au début de l'apprentissage hors de portée des élèves.

7) Quand au cours des situations suivantes l'enfant a appris progressivement à construire cette représentation d'une inversion des déplacements, les effets de l'égoцентризм spatial se retrouvent dans la difficulté à évaluer le déplacement "recule" comme équivalent en longueur au déplacement "avance" correspondant ; ils ont tendance à considérer le déplacement "recule" comme moins long que le déplacement "avance". Ceci est un obstacle particulièrement intéressant lors des séances de programmation.



comme moins long que le déplacement "avance". Ceci est un obstacle particulièrement intéressant lors des séances de programmation.

Ainsi, au cours de cette activité durant laquelle il s'agit de faire revenir la tortue à son point de départ, après avoir touché une baguette, les résultats sont les suivants :

Réussite de la programmation "retour"	6
Recul trop	1
Recul insuffisamment	9
Ne recule pas	4

Ainsi au premier essai, 4 enfants ne programment pas le retour, et parmi ceux qui le font, 9 font reculer la tortue moins qu'ils ne la font avancer (1).

8) Un autre obstacle particulièrement intéressant quant à la nature des remaniements attendus au cours de l'apprentissage tient dans cette **prédominance chez les jeunes enfants de l'aspect purement figural d'un dessin** au détriment de l'autre aspect qui est celui d'être un trajet dans l'espace [VURPILLOT 1964]

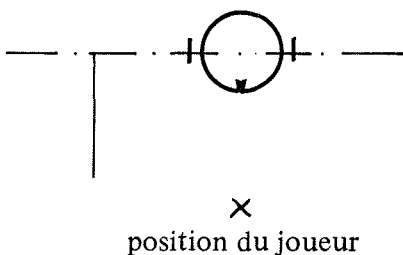
Cette prédominance de la matérialité du dessin (l'aspect physique du trait, l'introduction d'une hétérogénéité dans l'espace) entraîne une limitation des opérations spatiales chez les jeunes enfants, ils considèrent par exemple qu'un segment ne peut être emprunté à une droite, qu'un même trait ne peut appartenir à deux figures, qu'un trait a tendance à se terminer au point où il rencontre le contour d'une autre figure, etc.

Or la reproduction d'une figure avec la tortue suppose précisément ce renversement de perspective et l'abandon d'une centration sur l'aspect purement matériel, objectif du dessin au bénéfice d'une perception de ce dessin comme résultat d'un déplacement, d'une suite d'actions effectuées dans l'espace.

Cette prédominance du figural peut expliquer certains comportements tel celui consistant à chercher dans les symboles des cartes les éléments de la figure à reproduire (cf. plus loin).

9) Mais l'appréhension de la figure sous forme d'une trace de déplacement peut se faire alors au détriment de l'autre aspect (figural cette fois). Ils perçoivent ce déplacement comme un déplacement continu (identique à celui de leur regard, et donc en occultant les angles) et programment par exemple 4 fois AV pour reproduire un carré.

10) Enfin, pour clore ce répertoire des obstacles, il nous faut évoquer cette caractéristique bien connue des représentations de l'espace chez l'enfant, qui tient dans la difficulté à se représenter les relations spatiales d'un autre point de vue que du sien propre, par exemple après rotation de 180° du champ perceptif [PIAGET INHELDER 1972]. Ces problèmes de décentration se posent constamment aux élèves dans quasiment toutes les situations et la grande majorité des échecs initiaux tient dans ce type de difficulté. Nous ne donnerons qu'un seul exemple.



Dans le cas où la tortue doit tracer un trait en se dirigeant vers le joueur, celui-ci programme spontanément le déplacement "recule" (puisque la tortue est "attirée vers lui" !) la tortue se déplace alors dans le sens opposé à celui qui était attendu.

(1) Nous retrouvons ici ce "primat des affirmations" qui caractérise selon PIAGET les comportements cognitifs préopératoires et explique la non réversibilité de la pensée.

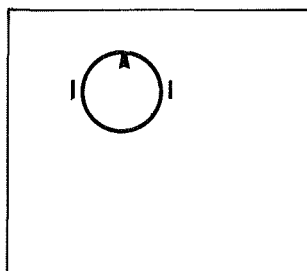
II – ANALYSE DES SITUATIONS DIDACTIQUES

1) SITUATIONS ET NATURE DES PROBLEMES

L'analyse des processus cognitifs pouvant être mis en œuvre au cours de l'utilisation de logo nous a permis d'élaborer des situations didactiques. Nous déterminions un problème, un dispositif particulier, un certain nombre de règles, une consigne précise, les stratégies de la maîtresse, etc ... La recherche visait alors à mettre au jour ce qui dans ces situations pouvait favoriser ou non les apprentissages visés. Cette approche n'est pas aisée, les recherches menées depuis des années par G. BROUSSEAU et ses collaborateurs ont en effet mis en évidence l'extrême complexité des processus d'apprentissage scolaire [BROUSSEAU 1986]. Ce qui dans une classe détermine le comportement cognitif des élèves n'est pas immédiatement perceptible, ne peut être réduit à un modèle simplifié. En réalité une multitude de variables peuvent jouer un rôle et brouiller le jeu, dénaturer les projets didactiques les mieux établis parce qu'elles changent à l'insu de l'enseignant la représentation que l'enfant se fait du problème posé.

Nous donnerons quelques exemples de tels phénomènes mis au jour au cours de cette recherche :

1) Une des premières situations consistait à faire évoluer la tortue dans un espace limité par 4 baguettes. Chaque enfant recevait une carte au hasard et venait jouer à son



tour. S'il jouait sans que la tortue ait touché une baguette, il avait gagné. S'il pensait que la carte qu'il avait reçue allait le faire perdre, il pouvait en choisir une autre parmi une collection placée sur une table.

Nous attendions deux démarches intéressantes. D'abord la décision de ne pas jouer avec sa carte supposait une suspension motivée de l'action et cette attitude d'évaluation nous paraissait très féconde. Ensuite, la possibilité de choisir parmi plusieurs cartes, favoriserait la prise de conscience du code.

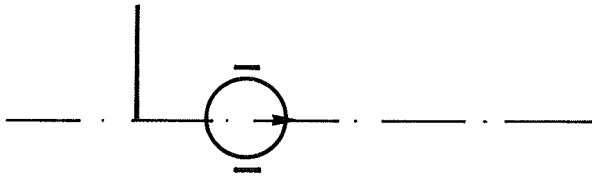
Or, le fait que les cartes soient distribuées au hasard faisait que, le plus souvent, les déplacements s'annulaient (il y avait autant de cartes "recule" que de cartes "avance") et que la tortue restait suffisamment éloignée des baguettes pour que la possibilité de jouer avec sa carte sans perdre soit toujours élevée. Dès lors, comment savoir si les enfants jouaient au hasard ou en connaissance de cause ? Pour ceux qui maîtrisaient bien la connaissance des déplacements la situation était trop facile, pour les autres, le peu de probabilité d'un échec enlevait toute possibilité d'apparition des démarches escomptées.

2) Lors de séances suivantes, nous avons resserré les baguettes et construit un espace en forme de couloir afin de rendre la situation plus problématique.



Cette fois beaucoup d'enfants ont refusé de jouer avec leur carte et sont allés chercher une autre carte sur la table, dans la majorité des cas, une carte "pivoté". En effet, ils ont l'expérience de ce mouvement et savent qu'ils ne provoquent aucun déplacement dans l'espace. C'est une acquisition intéressante en soi mais qui annule le problème posé ; puisque le déplacement peut être dangereux et qu'en jouant "pivoté" la tortue ne se déplace pas, le seul moyen de gagner à coup sûr c'est d'aller chercher cette carte. Tout le travail d'évaluation des effets de leur propre carte est inutile !

3) Au bout d'un certain nombre de séances, nous nous rendons compte que les enfants n'ont jamais rencontré de situations où il était nécessaire de discriminer les deux sens de rotation de la tortue. Nous élaborons alors la situation suivante : reproduire un tracé avec la tortue en position de départ sur un axe perpendiculaire.



Etant donné la répugnance des enfants à travailler avec la tortue en déplacement "recule", nous pensons qu'ils chercheront d'abord à la faire pivoter vers la gauche pour la présenter "nez" en avant. Ils seront ainsi mis en demeure de réfléchir sur le sens de la rotation nécessaire.

Or, ils peuvent résoudre le problème autrement, en faisant l'économie de cette démarche difficile ; il leur suffit de faire pivoter la tortue au hasard et de choisir le deuxième déplacement avance ou recule en fonction de la position obtenue, ils évitent ainsi le problème posé qui est plus coûteux au plan de l'apprentissage.

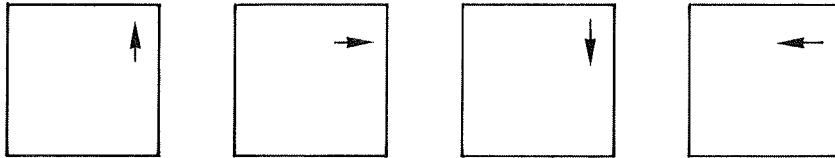
Nous nous rendons compte alors, que seule la situation de programmation impose à l'élève la nécessité de distinguer les deux sens de la rotation.

4) La programmation d'un parcours libre en atelier (il ne s'agit pas de reproduire un tracé mais d'aller faire toucher un objet par la tortue en évitant un obstacle par exemple) nous paraissait devoir poser à l'élève de redoutables difficultés, car il devait imaginer sans aucune expérience d'actions réellement effectuées, les différentes positions successives de la tortue. Nous donnons alors aux enfants la possibilité, avant de programmer, de faire le parcours au coup par coup afin de se donner une représentation des coordinations nécessaires.

Nous nous apercevons alors que lors de la programmation l'enfant n'utilise pas l'image des déplacements déjà effectués mais l'ordre mémorisé des cartes qu'il a jouées au coup par coup. Nous avons ainsi contribué à annuler ce que la programmation peut apporter de spécifique dans cet apprentissage.

5) En posant aux enfants le problème consistant à programmer la tortue pour lui faire reproduire la figure d'un carré de 20 cm de côté déjà tracée, nous pensions qu'ils allaient se référer systématiquement au modèle en imaginant au fur et à mesure du choix des cartes les positions successives de la tortue. Or nous étions très étonnés lors des séances par le comportement de plusieurs enfants qui programmaient ou restaient longuement dans l'expectative sans, à aucun moment, regarder le modèle ; ils paraissaient s'abîmer dans la contemplation des cartes étalées sur la table devant eux.

Nous avons pu nous rendre compte à la suite d'une hypothèse émise par la maîtresse qu'ils cherchaient en fait parmi l'ensemble des cartes les symboles (les flèches) qui comme les éléments d'un puzzle pouvaient, mis bout à bout, reproduire les quatre éléments d'un carré.



Ce qu'ils cherchaient à programmer n'était donc pas la suite des déplacements mais la suite des morceaux d'une figure. L'obstacle auquel ils étaient confrontés n'était pas du tout celui que nous escomptions c'était l'absence de cartes portant comme symbole des flèches horizontales.

Le caractère trop analogique des symboles que nous avons choisi d'utiliser déterminait des effets surprenants que nous avons été bien loin de soupçonner !

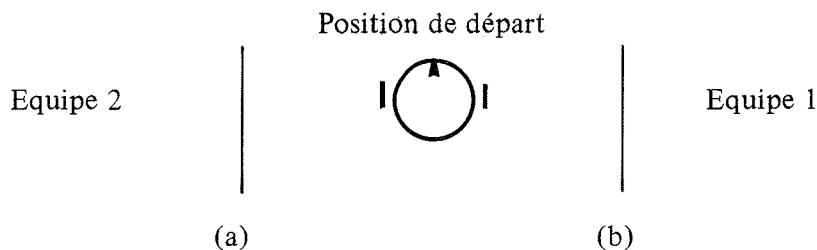
2) UTILISATION DE LA TORTUE LOGO AVEC L'ENSEMBLE DE LA CLASSE

Quand au cours d'une situation scolaire d'apprentissage, le groupe classe doit être impliqué dans l'activité alors que seul un enfant est directement actif, les difficultés sont grandes d'assurer à la fois la motivation du groupe (1) et les conditions permettant au joueur de se livrer à une véritable recherche.

On peut penser que dans le cas de notre activité, menée avec de si jeunes enfants, ces difficultés seront accrues. C'est en effet semble-t-il, une des raisons pour lesquelles la tortue logo est peu utilisée à l'école maternelle.

Nous avons donc cherché à concevoir un certain nombre de situations où nous pensions pouvoir réaliser un compromis entre motivation du groupe et efficacité de l'apprentissage. Nous avons retiré de nos recherches un certain nombre d'enseignements.

– En ce qui concerne les motivations du groupe classe, l'élaboration de situations satisfaisantes est complexe car une multitude de facteurs sont en jeu.



Par exemple, au cours d'une situation, les enfants sont partagés en deux équipes opposées. Ceux de l'équipe 2 doivent lui faire toucher la baguette (b). Un enfant de chaque équipe joue

(1) Cette nécessité de motiver l'ensemble des élèves ne renvoie pas au seul souci d'avoir des enfants dociles qui ne perturbent pas celui qui doit réfléchir, mais bien d'obtenir des spectateurs actifs. Nous savons en effet combien cette position de spectateur critique est favorable à la construction de la connaissance ; non seulement les enfants s'identifient au joueur mais ils le font depuis des positions différentes dans l'espace, ce qui favorise les processus de décentration visés par l'apprentissage.

alternativement. La situation est très motivante, les enfants sont passionnés par chaque déplacement.

Nous reprenons plus tard cette même situation avec des élèves plus avancés dans l'apprentissage. Chaque élève de chaque équipe est alors capable d'annuler le déplacement obtenu par l'adversaire ; le groupe se désintéresse très vite de la situation.

Au cours d'autres situations, la motivation des enfants était liée à l'esprit d'équipe (chaque fois qu'un enfant jouait, les membres de son équipe désiraient activement qu'il gagne pour marquer un point de plus au palmarès de l'équipe, ils étaient donc intéressés par ce qui se passait, donnaient des conseils, etc.). Mais cet esprit d'équipe est toujours fragile, il suffit qu'une équipe soit manifestement plus faible, qu'une petite modification intervienne dans les règles du jeu (par exemple faire jouer alternativement un joueur de chaque équipe, pour éviter des prises de pouvoir intempestives par des leaders) pour que du même coup la motivation disparaisse.

Ceci dit, nous avons pu déterminer un certain nombre de conditions nécessaires pour l'élaboration de situations motivantes. En particulier, la prise en compte (et l'affichage) des scores **individuels** ; l'abandon de problèmes collectifs posés au groupe (par exemple, conjuguer les actions de plusieurs pour atteindre un but) au profit d'épreuves individuelles (chaque joueur doit effectuer le même tracé et on comptabilise ensuite dans chaque équipe le nombre de succès) ; l'utilisation d'attitudes de coopération au sein de chaque équipe en permettant aux enfants de se montrer mutuellement comment jouer ; l'introduction de nouveautés à chaque séance (nous avons été conduits très vite à admettre comme un principe de ne jamais présenter deux fois de suite la même situation !) etc.

– **En ce qui concerne les conditions nécessaires d'une recherche personnelle pour chaque joueur.**

La situation de jeu avec l'ensemble de la classe impose des limites certaines. L'apprentissage tel que nous le concevons suppose que l'enfant puisse vivre une multitude d'expériences durant lesquelles il peut expérimenter ses modèles, les modifier en fonction des obstacles, etc. Or, d'une part la nécessité de faire jouer tous les enfants impose une limitation du temps qui peut être impartie à chacun ; souvent même, les élèves ne peuvent faire qu'un seul essai par séance. D'autre part, les problèmes posés doivent être suffisamment simplifiés pour que le joueur ne réfléchisse pas trop longtemps devant une question trop complexe, ou qu'il ne mobilise pas d'une façon générale trop de temps. Nous n'avons pu pour ces raisons aborder la coordination de plus de trois déplacements soit au coup par coup, soit en programmation (par exemple la programmation du tracé d'un carré par chacun est exclue).

En dépit de ces limitations, nous avons pu au cours de ces situations, enregistrer des progrès importants. Ces jeux en groupe favorisent les relations informelles entre enfants, les conseils, les critiques échangées, l'aide spontanée et surtout l'expérience due aux tentatives faites par les autres. Nous avons pu au cours d'autres recherches à l'école maternelle, mettre en évidence l'influence de cette position d'aidant ou de spectateur critique dans la construction de la connaissance [PERES 1984].

Il nous paraît cependant évident, qu'au-delà d'un certain niveau de maîtrise, seule l'utilisation de la tortue en petits groupes (en atelier) permet à l'enfant de travailler sur des situations complexes nécessitant à la fois du temps et la multiplication des essais.

3) UNE VARIABLE DIDACTIQUE : LA PRESENCE OU NON DE TRACES

Un autre objectif visé par l'analyse des situations est de déterminer le rôle de certaines variables dans la nature de la connaissance mise en jeu par l'élève. Nous prendrons ici l'exemple de l'importance de la trace laissée par le crayon marqueur. Nous avons, au début de la recherche, utilisé la tortue sans ce crayon dont nous percevions mal l'intérêt. Or, cette trace laissée par le déplacement est particulièrement précieuse pour amener les enfants à **prendre en considération la forme de l'itinéraire** (nous avons vu qu'un obstacle majeur dans l'élaboration des représentations tient dans la centration sur les différences de position au détriment des déplacements eux-mêmes). Sans marquage, seule la position obtenue par rapport à la cible intervient dans l'évolution.


Par cette mise en évidence de l'itinéraire lui-même, les caractéristiques des déplacements de la tortue et les coordinations possibles (c'est un mobile qui ne peut se déplacer qu'au sein d'un système très strict de coordonnées) s'inscrivent si l'on peut dire sur la piste de jeu. C'est ainsi que l'enfant peut identifier et utiliser l'invariance des angles et des longueurs, les différences entre AV_1 et AV_2 etc.

De plus, avec l'utilisation du marqueur, c'est la nature du feed-back qui peut être totalement modifiée. Sans tracé l'enfant peut percevoir dans le cas d'un échec que la position obtenue n'est pas ce qu'il croyait réaliser, mais sans pouvoir exactement évaluer la nature de l'erreur du déplacement. Le tracé permet une telle évaluation. Autrement dit, l'élève peut passer de "je me suis trompé" à "voilà pourquoi je me suis trompé".

III – ANALYSE DES APPRENTISSAGES

Ce que nous visons à travers l'utilisation de logo, c'est comme nous l'écrivions plus haut, un dépassement par l'enfant de cet égocentrisme spatial, à l'origine des difficultés dans la maîtrise de l'espace représentatif. Nous cherchons donc à obtenir une modification des schèmes utilisés dans la résolution des problèmes posés. Nous avons dit que pour PIAGET cette modification ne consiste pas à mieux voir le modèle mais à élaborer de nouvelles coordinations des différentes actions intériorisées.

Dans cette perspective nous utilisons depuis des années à l'école maternelle, en particulier pour ce qui concerne les activités logico-mathématiques, un modèle d'apprentissage par adaptation que G. BROUSSEAU a élaboré [cf. BROUSSEAU 1972] et qui lui paraît susceptible de créer les conditions d'apparition d'une authentique pensée mathématique.

Dans ce que l'auteur appelle "situation d'action" les enfants sont placés dans une situation où un problème leur est posé (par exemple, il s'agit de programmer la tortue pour lui faire reproduire une figure comme celle-ci ) , le contrat est clair ; ils savent très bien quand ils réussissent ou non, mais rien n'est dit par le maître sur la manière de s'y prendre. Ils peuvent alors mettre en œuvre leur connaissance spontanée et la situation est construite de telle manière que ces connaissances ne permettent pas de réussir, que les moyens utilisés se révèlent inadéquats.

Les élèves peuvent alors se rendre compte des résultats de leur action puis reprendre comme ils l'entendent de nouveaux essais en recevant de la situation, des informations claires sur les résultats de leur action.

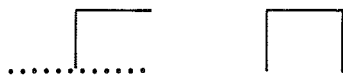
Ce que nous avons pu alors observer au cours de différentes recherches c'est ce que si certaines conditions étaient réalisées (en particulier tout ce qui concerne la nature de l'obstacle et la façon dont est gérée la situation par le maître), alors l'échec, l'erreur, la contradiction entre ce que l'élève pensait réaliser et ce qui se passait, ne laissaient généralement pas les stratégies mal adaptées inchangées mais au contraire déterminaient lors des essais suivants, une complexification heureuse des modèles utilisés (1).

Nous avons donc au cours des recherches sur logo cherché à mettre en œuvre de tels processus, en particulier au cours des derniers travaux en atelier, où les enfants ont pu faire de nombreux essais au sujet du même problème. Nous présentons ici une partie de l'analyse des données recueillies (2).

1) DESCRIPTION DE LA SITUATION

Nous sommes au mois de mai, les enfants ont une expérience assez grande de la tortue de sol. Ils l'ont utilisée durant le premier trimestre au cours de séances menées avec l'ensemble de la classe et depuis quatre semaines, ils travaillent en atelier par équipes de cinq. Les élèves ont acquis une certaine autonomie, et gèrent la situation, la maîtresse intervenant peu. Ils commentent spontanément leurs résultats et se donnent des conseils. La motivation est importante, chaque enfant joue une fois (s'il a gagné, il met une étoile en face de son nom), puis recommence à son tour une deuxième fois, etc. A la fin de cette séance, chacun aura quatre essais.

Plusieurs problèmes de programmation leur ont été déjà posés. Ils ont eu à programmer la tortue pour aller lui faire toucher une cible puis la faire revenir à son point de départ, ils ont eu à la programmer également pour lui faire reproduire les figures suivantes :



Le matin, les enfants sont comme d'habitude réunis autour de la piste de jeu qui se trouve dans un coin de la classe, la maîtresse a tracé avec la tortue la figure suivante :



Le problème est présenté ainsi : "il faut programmer la tortue pour lui faire tracer la même figure que celle-ci" (3).

2) DESCRIPTION DES DIFFERENTS TYPES DE PROGRAMMATION

Nous avons regroupé les différents tracés programmés par les enfants en six types que nous avons hiérarchisés en fonction des processus cognitifs que nous supposons mis en œuvre (du plus archaïque au plus élaboré)

(1) Ce que, dans nos recherches, nous tentons d'interpréter à l'inverse d'une approche empiriste, comme une micro-genèse, qui aurait même nature et obéirait aux mêmes lois que la genèse proprement dite telle que PIAGET la décrit dans l'étude du développement des structures cognitives [PIAGET 1975].

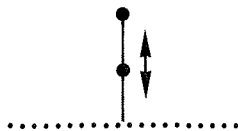
(2) Pour l'ensemble des résultats [cf. PERES 1987 b].

(3) La tortue est placée à 40 cm environ à droite du tracé modèle.

a) Type VI

L'enfant, lors de la programmation ne prend en compte que la suite des tracés rectilignes du modèle et ne programme aucun "pivote".

Ainsi, certains élèves programment une suite de déplacements "avance" ou bien alternent des déplacements "avance" et "recule" traduisant ainsi peut-être la notion d'angle par celle d'inversion de déplacement. Dans tous les cas l'enfant obtient un simple trait plus au moins long.

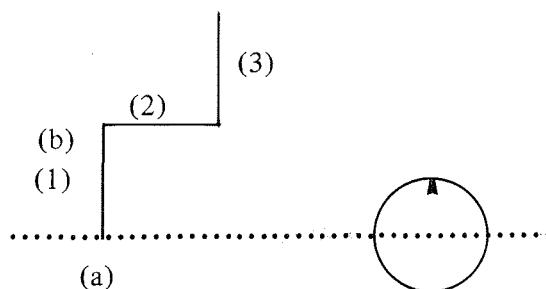


b) Type V

Les conduites de ce type sont les plus nombreuses au premier essai. Elles nous paraissent traduire le mieux le type de difficultés présentées par ce genre de situation : les élèves programment une suite de mouvements "pivote" et de déplacements rectilignes, plusieurs combinaisons sont utilisées mais aucune ne respecte l'ordre. Par exemple, l'enfant programme "avance" ; "pivote droite", "pivote gauche", "recule ..." etc.

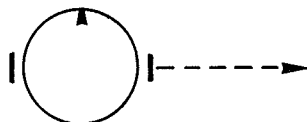
Le progrès peut sembler réel par rapport aux conduites du type précédent puisque la rotation est utilisée. Sur la nature des obstacles deux hypothèses peuvent être avancées.

1) D'abord l'élève se trouve confronté aux difficultés posées par le 2ème trait rectiligne(2)



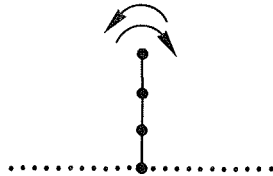
Ce qu'il a devant les yeux c'est la tortue orientée comme l'indique le schéma ci-dessus. Il programme alors généralement "avance" et peut imaginer la tortue en (b). Se pose alors le problème du tracé (2). Il est nécessaire de faire pivoter par exemple de 90° la tortue pour ensuite lui faire tracer le segment perpendiculaire au premier. En jouant au coup par coup les enfants sont parfaitement capables de résoudre ce problème, par contre, en programmation, l'obstacle est très important car s'ils peuvent assez facilement construire une image mentale d'une rotation de la tortue qu'ils perçoivent, ils ne peuvent encore que très malaisément concevoir l'effet de la rotation d'une tortue elle-même imaginée (en b), nous retrouvons ici tous les problèmes posés par l'image mentale résultat d'actions coordonnées intériorisées et non simple reflet d'un donné perceptif.

Face à cela, les enfants peuvent chercher des solutions qui tendent à écarter l'obstacle (par exemple, nous l'avons déjà évoqué, en cherchant une carte qui ferait déplacer la tortue latéralement !)



2) Des comportements semblables (combinaison de divers déplacements et de "pivoté") peuvent être aussi être interprétés comme l'impossibilité d'ordonner les divers éléments de la figure bien repérés. Ils programment ainsi 2 "pivoté" et 3 déplacements "avance" mais en désordre.

Nous avons par exemple AV, AV, AV, PD, PG. En programmant ainsi ils semblent remplacer la construction mentale de l'itinéraire par la désignation exacte mais non ordonnée des divers éléments de la figure :



c) Type IV

Nous avons classé ainsi les comportements d'enfants qui ont manifestement résolu le problème précédent mais qui, après avoir ainsi programmé : AV - PD - AV, s'arrêtent là.

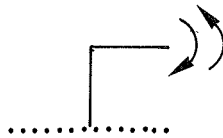


- On peut penser qu'ils butent sur un autre obstacle qui est le nouveau changement de direction et dans l'impossibilité de continuer, ils en restent là.

- On peut également supposer que, contrairement à certains cas du type V, ils ne programment qu'en fonction de la représentation mentale du déplacement du mobile et ne peuvent pas imaginer plus de trois actions successives en maîtrisant chaque fois l'image anticipatrice de la position précise de la tortue.

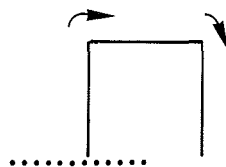
d) Type III

Ici se situent des conduites plus élaborées puisque le 2ème pivoté est programmé à droite ou à gauche, mais les élèves ne programment pas le dernier déplacement. Il ne manque donc plus qu'un segment.

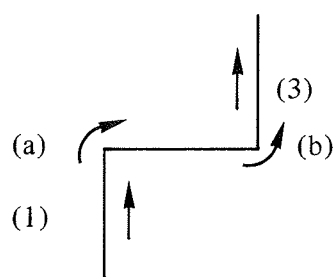


e) Type II

Dans cette catégorie, nous trouvons des conduites assez fréquentes qui consistent à programmer la suite ordonnée des déplacements mais avec une 2ème rotation à droite, l'enfant obtient le tracé suivant :



Cette erreur est symptomatique des difficultés que présente la 2ème rotation (b) qu'il faut concevoir comme l'inverse de la 1ère (a). Or, quand l'enfant élabore le sens de la rotation (b) c'est en fonction du sens du tracé (3), mais celui-ci est le même que celui du tracé (1). Cette succession des 2 tracés renvoie l'enfant à la notion de **même sens** d'où l'association sur le plan opératoire avec la notion de même sens de rotation ; il programme 2 fois "pivote droite" (1)





f) Type I

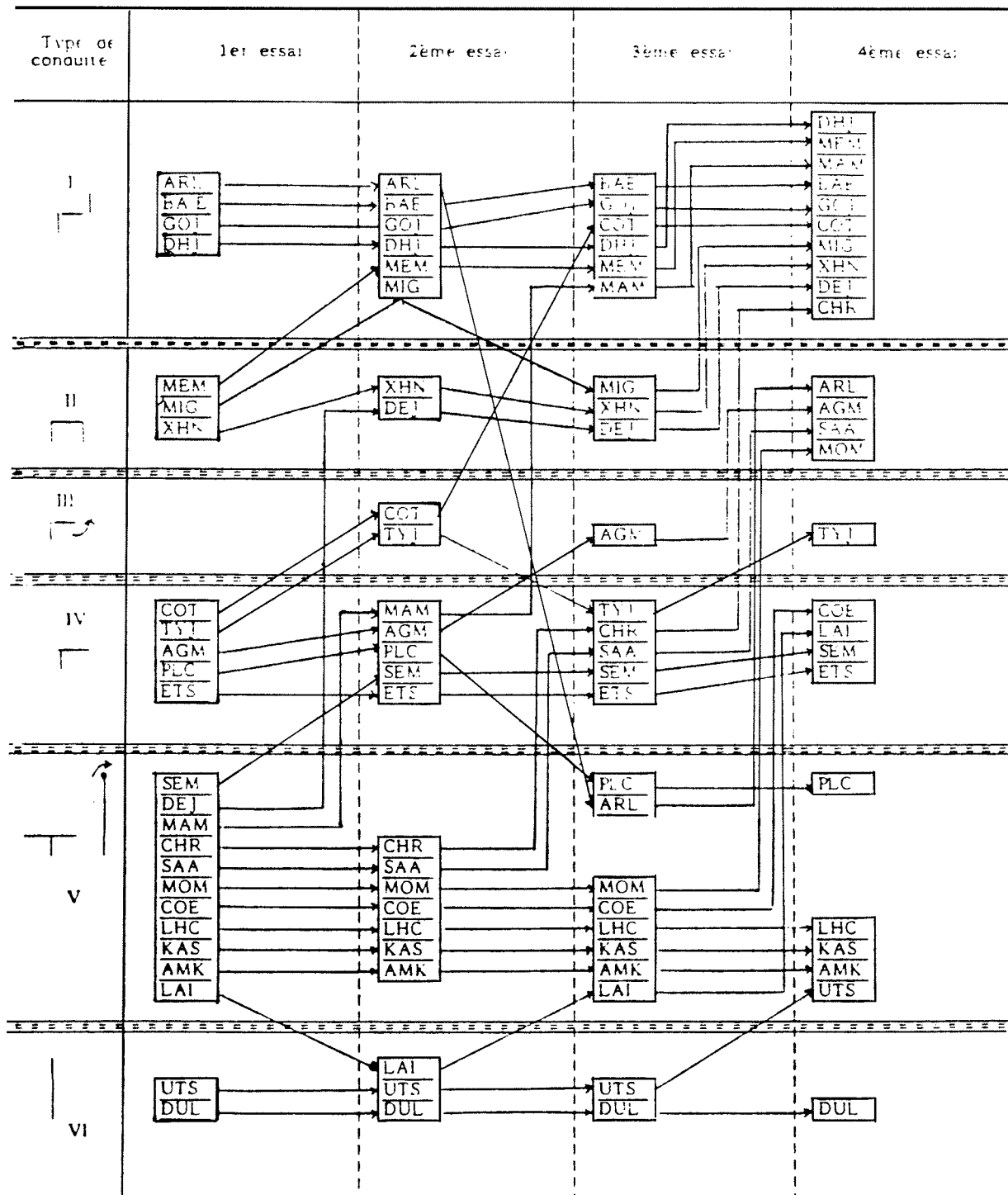
Programmation réussie

3) EVOLUTION DES TYPES DE PROGRAMMATION

Un des objectifs de cette recherche consistait donc à étudier si la situation didactique était susceptible de provoquer chez les élèves les modifications visées par l'apprentissage. Nous avons à observer si lors de la reprise de l'activité, à la suite d'un échec, l'enfant modifiait son mode de programmation, et s'il le faisait, pouvait-on considérer cette modification comme un progrès, c'est-à-dire plus proche de la réussite ? Autrement dit, l'évolution des tracés au fil des essais correspondait-elle à la hiérarchisation que nous avons établie a priori parmi les tracés obtenus lors de la première séance ?

Dans le tableau suivant, nous avons classé les enfants en fonction des différents types de tracés programmés et ceci pour les quatre essais successifs.

(1) Le même processus se rencontre lors de la programmation de la figure suivante :  le dernier segment renvoie à la notion de sens contraire. De nombreux élèves programment alors la 2ème rotation inverse de la 1ère et obtiennent la figure en escalier ! 



4) ANALYSE DES RESULTATS

1) Si l'on considère les 21 élèves qui n'ont pas réussi d'emblée au premier essai, 15 d'entre eux ont réalisé des programmations d'un type plus évolué au cours des essais suivants. Pour une grande majorité des élèves, la situation a bien été porteuse des modifications attendues.

Autrement dit, si nous reprenons nos interprétations concernant les processus cognitifs sous-tendant les comportements pour chaque type de programmation, alors les modifications renverraient à des constructions mentales visant à corriger (à "compenser" dirait PIAGET) les actions inefficaces.

Par exemple, dans le passage du type II au type I, nous pourrions voir à l'œuvre l'opération consistant à se déprendre d'un modèle spontané pour construire la notion de rotation "inverse" là où le figural renvoie à la notion de "même sens". Dans le passage du type V aux types supérieurs, d'autres opérations interviendraient, telles que la construction d'une image mentale d'une rotation à partir d'une image elle-même anticipatrice d'une position de la tortue, ou bien le changement de perspective de 90° permettrait de comprendre que le sens du segment (2) horizontal, est en fait équivalent au (1) après rotation et peut donc être obtenu avec la carte "avance".

Nous pourrions également interpréter cette évolution des programmations comme le résultat d'opérations d'ordination des différents éléments analysés (le dépassement du statisme de la figuralité) et, voir à travers cette ordination, la progressive maîtrise des coordinations mentales (les enfants ne peuvent d'abord programmer que 3 actions, puis 4, puis 5).

2) Un seul cas (PLC) contredirait très nettement notre modèle théorique puisque cet enfant régresse au cours des essais d'un type de programmation à un autre moins évolué. Est-ce le résultat d'un abandon face à la difficulté ? C'est de toute façon un élément intéressant qui reste à analyser car il peut enrichir la compréhension des phénomènes.

3) Cinq élèves ne progressent pas, leur tracé reste de même type durant les 4 essais.

Pour l'un d'entre eux cependant (ETS), la stagnation n'est qu'apparente, notre classification ne permettant pas toujours de faire apparaître des modifications pourtant bien réelles à l'intérieur d'un même type de tracé, nous reviendrons plus loin sur le cas de ETS.

Pour ce qui concerne les quatre autres enfants, les variations d'un essai à l'autre, lorsqu'il y en a, sont minimales et semblent avoir un caractère aléatoire. On retrouve là (et d'une façon plus accentuée pour DUL) les difficultés présentées par cette situation d'action quand pour certains enfants l'obstacle est trop important, la différence trop considérable entre les connaissances spontanées, immédiates mises en œuvre lors des premiers essais et ce qui doit être maîtrisé pour réussir. Les élèves alors peuvent simplement répéter ce qu'ils savent, reproduisant les mêmes comportements ou désinvestissant la situation (1).

(1) Si l'on reprend l'analogie entre ces situations d'apprentissage scolaire et les processus "d'équilibration majorante" que Piaget suppose à l'œuvre dans le développement cognitif naturel (c'est-à-dire hors d'un apprentissage stricto sensu), on peut penser avoir à faire ici avec ce qu'il nomme les compensations de type α [PIAGET 1975, p. 71-72] où la perturbation à laquelle est confronté l'enfant à travers son échec, parce qu'elle est trop considérable, n'entraîne pas de remaniements internes, ne débouche pas sur des modifications de stratégies par exemple, mais laisse l'action inchangée, l'enfant répétant les mêmes conduites inadaptées.

C'est particulièrement dans ces cas que se révèle précieux le changement de situation, par l'introduction de jeux de communication, de débats, etc. qui modifient parfois considérablement le rapport de l'enfant à la connaissance (2).

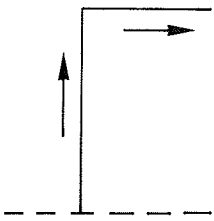
5) ETUDE DE CAS

A travers deux cas nous pensons pouvoir mieux approcher ces processus cognitifs qui seraient à l'œuvre au cours de cet apprentissage.

a) Cas de ETS

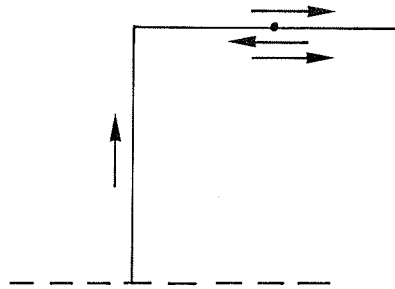
Bien que ses essais se situent dans le même type de programmation, il modifie son comportement d'une manière qui ne semble pas aléatoire, mais qui témoignerait d'une recherche, d'une élaboration continue.

– 1er essai : il programme AV_2 , PD, AV_1



Il témoigne par là même d'une capacité à résoudre ce type de problème, en programmant (incomplètement car le 2ème segment est trop court) les trois premières actions convenablement.

– 2ème essai : il programme AV_2 , PD, AV_1 , AV_1 , RE₂, AV_2

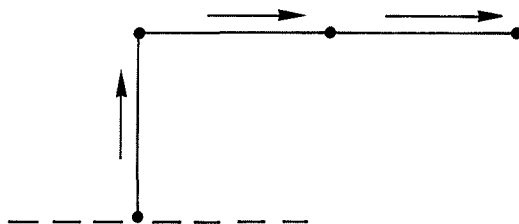


Il reprend d'abord les 3 cartes jouées au 1er essai et ajoute AV_1 , ce qui lui permet de corriger l'erreur précédente, cette fois-ci le deuxième segment a une longueur correcte.

Reste l'obstacle du 2ème angle, il le résout en programmant "recule", c'est-à-dire qu'il traduit le changement de direction entre le 2ème et le 3ème segment par l'action d'inverser (reculer après avoir avancé), puis programme le 3ème segment par un "avance" correct.

Après cet échec, il fait un 3ème essai.

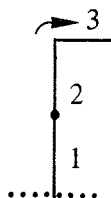
– 3ème essai : il programme AV_2 / PD / AV_2 / AV_2



(2) cf. [BROUSSEAU 1972]. Nous avons nous-mêmes étudié à propos d'un apprentissage à l'Ecole Maternelle comment le passage d'une situation d'action à une situation de communication s'accompagnait chez les élèves d'une étonnante accélération des processus d'acquisition [PERES 1984].

Il va modifier sa stratégie précédente en supprimant le mouvement "recule", c'est-à-dire en corrigeant cette confusion entre "inverser" et changer de direction et il programme comme précédemment le 3ème segment, "avance"; le problème de l'angle reste entier.

– 4ème essai : il programme $AV_1 / AV_1 / PD / AV_1$

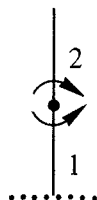


Que signifie cette fois ce changement de programmation ? l'interprétation n'est pas aisée, on peut cependant penser que ETS reste centré sur le problème du 2ème angle et qu'il le résoud ! mais du même coup, il néglige également la longueur des segments et joue AV_1 au lieu de AV_2 .

Nous avons souvent observé de tels phénomènes ; les enfants totalement absorbés par un point du problème, le résolvent mais du même coup négligent les autres aspects pourtant précédemment maîtrisés. Mais lors des essais suivants, les enfants coordonnent généralement les diverses solutions trouvées à des moments différents de la recherche. En ce qui concerne ETS nous n'avons pu observer d'autres essais.

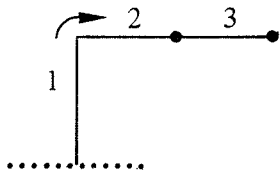
b) Le cas de MAM

– 1er essai : il programme $AV_2 - PD - PG - AV_2$.



La tortue trace une ligne droite, les deux "pivote" s'annulent. Il y a là semble-t-il une élaboration déjà évoluée puisque l'enfant analyse correctement les deux angles, seulement il semble occulter le 2ème segment (horizontal).

– 2ème essai : il programme $AV_2 - PD - AV_2 - AV_2$.



Cette fois, il corrige son erreur en programmant le 2ème segment mais alors l'obstacle du 2ème angle est cette fois occulté ! En voyant la tortue aller tout droit MAM s'écrie "mais elle aurait dû aller de l'autre côté".

– 3ème essai : il programme correctement $AV_2 - PD - AV_2 - PG - AV_2$.



Ce travail dont nous venons de présenter quelques aspects devrait être poursuivi au cours des années à venir. Nous pensons reprendre ainsi la recherche sur les processus cognitifs à l'œuvre dans ces situations dites d'action que nous avons présentées dans la dernière partie de cet article. Nous souhaiterions renouveler les expériences avec des populations d'enfants différentes et élargir le répertoire des problèmes posés (par exemple introduire la nécessité de différencier les rotations de 90° et de 45°).

Nous désirerions également prolonger ces recherches dans une perspective didactique. Si les situations paraissent fécondes quant à la construction des représentations spatiales, si nous commençons à avoir des raisons d'y voir à l'œuvre ces processus constructifs analogues à ceux que PIAGET décrit dans sa théorie sur la genèse des structures cognitives, elles ne peuvent à elles seules, provoquer pour la majorité des enfants la totalité des apprentissages souhaités (les résultats du paragraphe 3 montrent cela clairement).

D'autres situations doivent être mises en œuvre où l'action de l'enseignant devient beaucoup plus complexe. Ce sont en particulier les situations de communication et de validation que G. BROUSSEAU a décrites dans sa théorie sur les processus de mathématisation [BROUSSEAU 1974] [BROUSSEAU 1983]. Elles peuvent avoir des effets déterminants sur la construction de la connaissance, mais leur étude pose au didacticien des problèmes particulièrement ardu ; les variables qui en fin de compte déterminent la nature des comportements observés sont en effet très nombreuses et, dans la perspective systématique où se situe BROUSSEAU, très difficilement isolables.

Ce type de travail est cependant particulièrement intéressant pour approfondir notre connaissance des phénomènes didactiques et peut rendre, pensons-nous, d'estimables services aux enseignants, c'est donc ce type d'approche plus spécifiquement didactique que nous entendons privilégier au cours des recherches à venir sur l'utilisation de la tortue logo à l'école maternelle.

BIBLIOGRAPHIE

- BROUSSEAU – Processus de mathématisation.
Bulletin de l'APMEP, numéro spécial. p. 428-427, 1972.
- BROUSSEAU – Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques.
Thèse d'Etat
IREM de BORDEAUX, 1986.
- PERES – Construction d'un code de désignation d'objets à l'école maternelle.
Etudes en didactique des mathématiques.
IREM de BORDEAUX, 1986.
- PERES – Recherches en didactique sur l'utilisation de la tortue de sol.
Compte rendu d'une préexpérimentation.
IREM de BORDEAUX, 1985.
- PERES – Recherche préparatoire sur l'utilisation de la tortue logo dans une grande section de maternelle.
IREM de BORDEAUX, 1986.
- PERES – Programmation de la tortue logo avec le groupe classe dans une grande section de maternelle.
IREM de BORDEAUX, 1987 a.
- PERES – Evolution des stratégies utilisées par les enfants d'une grande section de maternelle au cours d'une activité de programmation.
IREM de BORDEAUX, 1987 b.
- PIAGET – L'image mentale chez l'enfant.
Ch. III "les images de reproduction cinétique", 1966, P.U.F.
- PIAGET – La notion de mouvement et de vitesse chez l'enfant.
Ch. I à Ch. V, 1972, P.U.F.
- PIAGET – La géométrie spontanée de l'enfant.
Ch. I "la représentation des déplacements", 1973, P.U.F.
- PIAGET – L'équilibration des structures cognitives, 1975, P.U.F.
- PIAGET – Le possible et le nécessaire.
T.I, Ch. II "les trajets possibles d'une voiture", 1981, P.U.F.
- PIAGET INHELDER – La représentation de l'espace chez l'enfant.
Ch. XIV, 1972, P.U.F.
- VURPILLOT – La matérialité du tracé figural chez l'enfant.
Epistémologie de l'espace EEG n° XVIII, 1964, P.U.F.