

UNIVERSITE DE LIEGE

Faculté de Psychologie  
et des Sciences de  
l'Education

SERVICE DE TECHNOLOGIE  
DE L'EDUCATION

D. LECLERCQ

CENTRE  
de TECHNOLOGIE  
de l' EDUCATION



## ROBOTIQUE PEDAGOGIQUE ET FORMATION DES ENSEIGNANTS

Brigitte DENIS (\*)

Communication à l'Université d'été  
de la Commission des Communautés européennes  
organisée à Gand du 14 au 17 septembre 1988.

---

(\*) Boursière du Fonds National de la Recherche Scientifique.  
Chercheuse au Service de Technologie de l'Education de  
l'Université de Liège.

Adresse postale :  
Université de Liège au Sart Tilman - Bâtiment B32 - par 4000 LIEGE 1 - BELGIQUE  
Télex : UNIVLG B 41397 - Réseau EARN : U017801 AT BLIULG11



## ROBOTIQUE PEDAGOGIQUE ET FORMATION DES ENSEIGNANTS

Brigitte DENIS (\*)

### Introduction

En Belgique, de plus en plus d'écoles s'équipent d'ordinateurs et organisent la formation de leurs professeurs.

Le recyclage des enseignants ne fait pas partie d'un plan national, mais des initiatives sont prises par les différents pouvoirs organisateurs de l'enseignement, par les écoles ou par les enseignants eux-mêmes.

A l'école primaire, c'est principalement LOGO qui est employé au cours des activités avec l'ordinateur. Généralement, les élèves réalisent des projets graphiques, parfois des programmes interactifs dont l'objet est le texte ou des notions mathématiques.

Au cours de l'année 1988, les universités de Bologne et de Liège ont été chargées par la Commission des Communautés Européennes de mener une étude exploratoire dans le domaine de la robotique pédagogique (Légo-LOGO).

Les objectifs généraux de cette recherche concernent :

- l'organisation d'un environnement robotique à l'école primaire;
- l'étude des réactions des enseignants et des élèves face à cette innovation;
- l'apport d'une aide pédagogique et technique pour aménager un environnement Légo-LOGO.

Cette recherche nous a donc amenée à aider les maîtres engagés dans l'action afin d'atteindre efficacement une série d'objectifs.

Différents outils ont été utilisés afin d'observer et de réguler le profil des animateurs.

Nous développons ci-dessous quelques résultats obtenus pour la partie belge.

---

(\*) Boursière du Fonds National de la recherche scientifique  
Chercheuse au Service de Technologie de l'Education de  
l'Université de Liège

## I. CONTEXTE

### I.1. Choix de l'école

Le travail s'est déroulé à l'école primaire autonome de l'état à Ciplet. Il s'agit d'une école rurale dont la population compte 140 élèves.

En 1983, l'instituteur de sixième primaire et un psychologue du centre psycho-médico social ont suivi un recyclage en LOGO organisé par notre université. Ils ont ensuite développé un environnement LOGO dans l'école.

### I.2. Choix de la classe

La classe de cinquième année primaire a été choisie, et ce pour deux raisons : l'expérience des élèves et les projets LOGO entamés au moment du démarrage de la recherche.

Pour cette première étude, des enfants de dix ans, qui possédaient déjà une certaine expérience en LOGO, ont constitué notre public-cible.

### I.3. Matériels informatique et robotique

Les élèves ont travaillé sur des ordinateurs COMMODORE et APPLE IIe. Auparavant, ils utilisaient un LOGO français sur réseau BBC.

Ils disposaient de cinq interfaces (COMMODORE et APPLE) et de cinq boîtes de Légo Robotique (réf. TC-0 9700).

La version américaine Légo TC LOGO disponible sur APPLE a été délaissée au profit d'un LOGO en français. Des routines permettant le pilotage des robots Légo en français ont été créées par les chercheurs pour les deux types de machines.

### I.4. Matériel didactique

En plus du matériel Légo, différents documents de référence ont été mis à la disposition des utilisateurs :

- manuels LOGO illustrés,
- notes sur les primitives Légo,
- carnets de construction Légo.

### I.5. Horaire

Les activités se sont déroulées une fois par semaine durant deux périodes consécutives de cinquante minutes. Il s'agissait de la plage horaire habituellement réservée à l'apprentissage de LOGO pour cette classe.

## II. RECHERCHE

### II.1. Objectifs généraux

Différents objectifs doivent être distingués selon qu'il s'agit du maître ou des élèves.

#### II.1.1 Pour le maître

Avec ou sans Légo, le maître doit tenter d'atteindre différents objectifs relatifs à l'animation d'un environnement LOGO (DENIS et SOLOT, 1986). IL est souhaitable qu'il acquière :

- formation informatique,
- formation sociale,
- formation au constructivisme
- formation à l'évaluation formative.

Suite à l'introduction des Légo dans l'environnement LOGO, l'enseignant s'assigne éventuellement d'autres objectifs plus spécifiques, notamment en rapport avec la maîtrise de certains concepts. Lui-même doit être capable de construire et de comprendre le fonctionnement de différents modèles Légo, d'en inventer de nouveaux. Au départ, il se trouve dans la situation de l'enfant qui agit sur le matériel et fait ses propres découvertes.

#### II.1.2. Pour les élèves

Tout en utilisant le matériel Légo, la plupart des objectifs de LOGO (DENIS et SOLOT, 1986) restent adéquats. Il s'agit de développer :

- une culture informatique,
- la socialisation,
- une démarche structurée de résolution de problème
- l'épanouissement personnel.

Par ailleurs, dans le cadre de cette recherche, l'accent est également mis sur la capacité de l'élève à :

- construire un modèle Légo d'après une fiche de référence;
- réaliser une construction originale;
- comprendre et construire des notions de physique  
                                                                  mathématique  
                                                                  électronique  
                                                                  robotique
- développer sa motricité fine;
- programmer l'action de moteurs, de lampes, de capteurs, ...;
- utiliser des primitives spécifiques au pilotage des robots;
- mettre en relation des projets Légo et des objets de la vie quotidienne.

## II.2. Outils d'observation

Au cours de l'expérience, différents outils nous ont permis d'observer :

- les interactions entre élèves, maître et matériel;
- la structure et les contenus des programmes LOGO réalisés par les élèves;
- les projets des enfants;
- les notions découvertes et utilisées par ceux-ci.

Ces outils consistent en grilles, programmes informatiques ou observations cliniques.

### II.2.1. Grilles d'observation des interactions

Deux grilles permettent de récolter des données, la première sur les interactions entre élèves et élèves-matériel, la seconde sur les interventions d'animateurs auprès des élèves (DENIS et SOLOT, 1987).

### II.2.2. Programmes d'analyse de fichiers LOGO

Trois programmes rédigés en LOGO (SOUGNE, 1987) analysent les fichiers LOGO des élèves. Ils informent sur :

- la structure du projet (ORGANIGRAMME),
- la structuration des procédures (STRUCTURATION) et
- les primitives utilisées dans les procédures (INVENTAIRE).

### II.2.3. Observations cliniques

Des notes sont prises lors de chaque séance afin de rendre compte de l'évolution des projets et des notions rencontrées aux niveaux mathématique, physique, informatique, ...

Ces observations se centrent aussi sur les difficultés techniques et les obstacles épistémologiques rencontrés par les élèves et les enseignants (GIORDAN *et al.*, 1988).

## III. Déroulement du travail

### III.1. Préparation par les chercheurs

Dès la réception du matériel, les chercheurs se sont attelés à la mise au point d'une version LOGO-Légo française pour les deux types d'appareils utilisés.

En effet, il nous paraît important que les maîtres et les enfants utilisent leur langue maternelle lors du travail sur ordinateur. Les instructions et les messages d'erreur sont ainsi mieux compris et les difficultés liées au problème de la langue quasi inexistantes.

### III.2. Formation initiale des maîtres

La formation initiale des maîtres à la robotique pédagogique s'est déroulée en deux temps :

- un premier contact avec le nouveau matériel (démonstration);
- des essais individuels.

### III.3. Présentation de l'activité

Le premier contact des enfants avec les légos a eu lieu sous forme d'une courte démonstration de quelques réalisations :

- feux de la circulation (alternance de l'allumage des ampoules);
- voiture avec capteur de choc (quand elle heurte un obstacle, elle recule pendant un temps dont la durée est choisie au hasard puis repart en avant);
- carrousel (marche avant ou arrière, le sens dépendant de l'action sur un capteur);
- voiture chenille plus une plaque avec une ampoule et un capteur optique (avancer jusqu'à couper le faisceau lumineux);
- lessiveuse (différents programmes de lessivage : lavage, essorage, ... avec lampes témoins des opérations en cours et condition de sécurité (porte fermée pour démarrer)).

Le but de cette présentation était de montrer quelques exemples de réalisations et la possibilité de les actionner en les programmant à l'aide de LOGO.

En effet, certains enfants semblaient bien connaître l'usage des légos, mais n'utilisaient que rarement des engrenages (comme dans les Légo Technics), et généralement pas de moteurs ni de capteurs.

Nous avons proposé aux enfants de travailler par sous-groupes de trois à quatre. Au départ, quatre groupes de trois élèves se sont constitués. Par la suite, les différents groupes ont souvent éclaté, deux enfants travaillant ensemble, parfois seul.

### III.4. Les projets des élèves

Les élèves ont développé des projets nombreux et variés. Au départ, ils imitent souvent les modèles des catalogues. Ils programment toujours leurs modèles de façon originale.

Réalisation Légo	Projet informatique
- feux de la circulation	alternance de l'allumage des ampoules pendant un temps déterminé.

- voiture avec capteurs	avance jusqu'à ce qu'elle heurte un obstacle puis recule pendant un certain temps.
- machine à lessiver	lavage dans deux sens, arrêt en cas d'ouverture de la porte ou d'appui sur un interrupteur; témoins lumineux pour les différentes opérations.
- roue foraine	avant-arrière à vitesse croissante, guirlande lumineuse à l'avant (clignotement).
- deux tapis roulants (sollicités par l'animateur)	Chaque tapis se met en route en quand on appuie sur un capteur.
- voiture à six roues tout terrain	avancer et reculer.
- ventilateur	tourner dans deux sens.
- clark	avancer, descendre la palette puis la faire remonter.
- grue	avancer, faire descendre la plateforme, la faire remonter.
- tapis roulant	véhiculer des objets, à gauche, à droite selon leurs couleurs (capteur optique).

Les différents projets peuvent être classés en cinq catégories selon l'originalité des idées et l'autonomie des enfants dans leur réalisation matérielle :

- imitation totale;
- imitation partielle;
- sollicitation d'une tierce personne;
- spontanéité;
- appropriation.

#### IV. Résultats

##### IV.1. Interactions entre élèves et élèves-machines

Nous disposons de peu de données sur l'évolution individuelle des interactions des enfants. Seule une observation de plus longue durée permettrait d'étudier précisément ce problème.

L'observation des enfants a été réalisée au cours de 7 périodes sur les 12 organisées durant le premier semestre.

Le tableau ci-dessous indique la tendance générale des interactions des élèves.

COMPORTEMENTS DES ENFANTS	FREQUENCE	PROP. SOUS-CAT	PROP. TOTAL
non codables	29		5%
action légo	102	55%	18%
action sur l'ordinateur	62	33%	11%
action sur un document	10	5%	2%
action sur les notes	12	6%	2%
total actions	186		33%
sollicite l'animateur	16		3%
écoute l'animateur	21		4%
soll. évaluation	9	9%	2%
soll. accord	11	11%	2%
soll. action sur l'ordinateur	29	28%	5%
soll. action sur un document	1	1%	0%
soll. une action légo	19	19%	3%
soll. comment	9	9%	2%
soll. pourquoi	2	2%	0%
soll. description action	11	11%	2%
soll. description projet	11	11%	2%
total sollicitations	102		18%
décrit action à effectuer	81	44%	14%
décrit action déjà effectuée	17	9%	3%
décrit comment	24	13%	4%
décrit pourquoi	10	5%	2%
décomposition	1	1%	0%
évalue	39	21%	7%
prédit	13	7%	2%
total descriptions	185		33%
oui	12		2%
non	15		3%
total général	566		
TEMPS (en minutes)	122		

Au total 566 comportements ont été relevés sur les 122 minutes d'observation. Ces conduites concernent non seulement les interactions entre pairs, mais aussi avec le maître.

On observe que la majorité des comportements des élèves sont des verbalisations en rapport direct avec la tâche (sollicitations, descriptions et réponses = 56 %).

Les sollicitations entre pairs concernent principalement une action à produire sur l'ordinateur (28 %) ou sur le matériel Légo (19 %).

Les descriptions se rapportent généralement à l'action à effectuer (44 %), l'évaluation de l'action (21 %) et à la façon dont l'enfant l'a réalisée (13 %).



Les élèves sont donc très impliqués dans leur travail, à peine 5 % de leurs conduites relèvent d'actions ou de verbalisations en-dehors de la tâche.

Ils appellent souvent le maître et, quand celui-ci est présent, ils écoutent ses explications. Les données individuelles montrent que l'animateur est sollicité une fois sur deux au cours des observations des enfants, et dès lors généralement à plusieurs reprises.

#### IV.2. Analyse informatique de quelques projets

##### IV.2.1. ORGANIGRAMME

De façon générale, on constate que les organigrammes sont tous du même type : d'un organigramme uniprocédural, le projet devient multiprocédural et récursif.

Ceci semble dû à l'utilisation de capteurs et de la primitive CAPTE? qui induit un fonctionnement récursif. Le programme se réitère jusqu'à ce qu'il y ait modification de (action sur) l'état du capteur. La primitive CAPTE? pourrait être conçue différemment, par exemple comme l'instruction LISCAR.

##### IV.2.2. STRUCTURATION

Les résultats des analyses indiquent de hauts scores de structuration des projets. Seulement deux d'entre eux mettent en évidence des ensembles répétés trois fois.

Il semble que Légo LOGO plonge rapidement l'enfant dans le monde déductif. A nouveau, le type d'instructions liées à la robotique peut expliquer ce phénomène : les enfants ont peu l'occasion de tester le fonctionnement de différentes primitives en mode pilotage. Il serait possible d'y remédier en modifiant certaines primitives relatives aux entrées de l'interface.

##### IV.2.3. INVENTAIRE

L'inventaire des primitives des projets montre que ce sont principalement des instructions "robotique" qui sont employées, parfois couplées avec des instructions de contrôle.

L'introduction d'une dimension interactive, arithmétique ou autre dans les projets des élèves semble intéressante. Le rôle de l'animateur serait dès lors de susciter des projets plus vastes (jeu interactif, présentation du projet, ...).

### IV.3. Notions et obstacles rencontrés par les élèves

Certains problèmes sont apparus au cours de l'activité et les enfants ont dû aborder différentes notions pour les résoudre.

- Comment construire un chariot ? Même si la solution à ce problème semble évidente, deux enfants ont toutefois été amenés à redécouvrir le rôle de la roue et de l'essieu.
- Qu'est-ce qu'un moteur ?
- Qu'est-ce qu'une lampe ?
- Comment entraîner un moteur ? Par courroie, par cardan, ...
- Pour avoir suffisamment de puissance pour faire tourner un carrousel, faut-il placer un ou plusieurs moteurs ?
- A quel endroit est-il préférable de placer le moteur ?
- Comment modifier la puissance d'un moteur (augmenter ou diminuer) ?
- Où brancher les fils ? Selon que l'on a affaire à une entrée (capteur) ou à une sortie (moteur, lampe), certaines connexions sont possibles ou non.
- La notion de sens du courant électrique a été abordée au cours du couplage des fils à l'interface.
- Diverses notions informatiques sont construites : procédure, test, récursivité, répétition, ...
- Différents engrenages sont employés et permettent de travailler la notion de pignon, rapport de couple, ...
- Pourquoi utiliser une vis sans fin ?
- Comment fonctionne la combinaison d'engrenages coniques ?
- Qu'est-ce qu'un capteur de choc ? A quoi sert-il ?
- Qu'est-ce qu'un capteur de lumière ? A quoi sert-il ?
- Comment faire fonctionner simultanément plusieurs capteurs ?
- La notion de durée d'une action est également importante (estimer la durée d'une opération).
- Certains enfants réalisent des projets d'après modèles, mais ne comprennent pas la finalité de tout ce qui est installé (ex capteurs dans le projet des feux lumineux).

### IV.4. Formation continuée des maîtres

#### IV.4.1. Notions de robotique et d'informatique

La nécessité d'organiser pour les enseignants des séances de travail sur la construction et la programmation des Légo a été ressentie suite aux premières animations en classe et à l'élaboration de leurs projets personnels.

Les enseignants ont abordé différents problèmes : rapport de couple, différentiel, capteurs, cardan, ...

Avec l'aide d'un chercheur, ils ont construit une boîte de vitesse, un différentiel, ils ont travaillé la réduction de couple (avec des engrenages de tailles différentes, une vis sans

fin, ...). Ensuite, ils ont réalisé seuls deux projets : construire une dameuse et une grue.

Quelques difficultés ont été relevées dans la construction du différentiel : où placer les roues ? Dans quel sens les engrenages sont-ils entraînés ? Comment s'effectue la compensation ?

La construction de certains projets s'est révélée plus ardue, notamment faute de certains éléments matériels (presse hydraulique, amortisseurs, ...), par exemple, pour faire un bras (mâchoire) de grue.

Ils ont également travaillé la programmation de modèles existants.

#### IV.4.2. Régulation des conduites d'enseignement

Les résultats obtenus grâce aux grilles d'observation des conduites d'animateurs corroborent nos observations cliniques.

Différents problèmes ont dû être résolus :

- le manque de coopération entre certains élèves, et le fait que le maître sollicite peu d'interactions entre les enfants ;
- la répartition des interventions entre les groupes d'élèves n'est pas très équilibrée;
- les enfants ne programment pas les modèles qu'ils construisent.

#### V. Conclusions et perspectives

Cette première expérience montre l'intérêt d'introduire des activités robotiques et informatiques dans l'enseignement primaire.

LOGO est un langage qui convient bien pour ce type d'application et ce public. Dès 10 ans, les enfants s'investissent très fort dans ce travail. Leurs interactions sont riches, mais à condition de veiller à maintenir un maximum de coopération entre eux. La complexité des notions informatiques mises en oeuvre dans les programmes nécessite une initiation préalable au langage LOGO.

Au cours des activités, ils rencontrent et construisent diverses notions relatives à la connaissance physique et technologique (moteur, capteur, puissance, durée, rapport de couple, cardan, pignon, entrée/sortie, procédure, test, récursivité, répétition, ...).

Des animateurs expérimentés en LOGO désirent et parviennent à élargir leur champ d'action grâce au nouveau matériel (Légo

robotique). Il est nécessaire de les accompagner dans leur action afin de surmonter certains obstacles techniques, épistémologiques et informatiques.

Différents outils permettent d'augmenter la qualité des interventions auprès des enfants.

La régulation des conduites d'animation d'un environnement Logo-Légo est possible. Une formation à l'utilisation d'outils d'observation et au traitement des données qu'ils permettent de recueillir assurerait l'autonomie dans la régulation des conduites de maître (auto-régulation).

Une aide ponctuelle en rapport avec les notions techniques et informatiques semble s'avérer encore nécessaire.

Le manque de matériel est crucial. Un passage vers l'utilisation d'un autre type de matériel que les légos pourrait apporter une solution à ce problème.

Malgré ces conclusions assez positives, il est actuellement impossible de généraliser les résultats obtenus. En effet, différents problèmes liés à la formation des enseignants subsistent encore.

Les études relatives à la formation des enseignants et à l'introduction de la robotique pédagogique à l'école doivent donc encore être approfondies.

## VII. Bibliographie

- BOYER PROVENCHER, C., *La robotique à l'école avec légo et LOGO*, communication au colloque de la GEMS de l'Université de Montréal, novembre 1987.
- CHRISTENSEN, *Robots légo contrôlés par ordinateurs et interfaces*, communication à l'université d'été "Les N.T.I. et l'enseignement primaire", organisé à Liège par les Communautés Européennes, juillet 1985.
- DENIS, B., et SOLOT, F., *Quel profil préconiser pour augmenter l'efficacité des interventions de facilitateur LOGO ?*, "les N.T.I. et l'enseignement primaire", Université d'été organisée à Liège par les Communautés Européennes, du 3 au 12 juillet 1985.
- DENIS, B., et SOLOT, F., *Observer les comportements d'animateurs et d'utilisateurs du système LOGO*, in Education-Tribune libre, décembre 1987, 209, 75-76.
- DENIS, B., et SOLOT, F., *Essai de définition et de classification de quelques objectifs poursuivis dans l'environnement LOGO*, Liège, Laboratoire de pédagogie expérimentale de l'Université, 1986.
- DENIS, B. et SOUGNE, J., *Robotique pédagogique à l'école primaire. Le pilotage de robots Légo grâce au langage LOGO.*, Rapport d'activités, Liège, 1988.
- DENIS, B., *L'analyse séquentielle : un outil pour augmenter l'efficacité des interventions de l'animateur en milieu LOGO*, in Education Tribune libre, octobre 1985, 200, 33-37.
- DENIS, B., *Technologie de contrôle et LOGO. La robotique, ses enjeux, ses modalités*, in Education-Tribune libre, septembre 1987, 208, 61-67.
- DENIS, B., *LOGO and problem solving*, à paraître dans le journal du B.L.U.G. (British LOGO user group).
- DENIS, B., *Manuel LOGO illustré. Version pour apple II.*, Liège, Laboratoire de pédagogie expérimentale de l'Université, 1983.
- DENIS, B., *Manuel LOGO illustré. Version pour Commodore 64.*, Liège, Laboratoire de pédagogie expérimentale de l'Université, 1985.
- GIORDAN, A., et DE VECCHI, G., *Les origines du savoir. Des conceptions apprenants aux concepts scientifiques*, Neuchâtel, Delachaux et Niestlé, 1988.
- GIOVANNINI, L., *Progetto pilota LEGO-LOGO*, Rapport d'activités, Bologne, 1988.

- HARDY, J.-L. et DENIS, B., *Pourquoi LOGO dans un contexte éducatif ?*, Bruxelles, Labor, 1985.
- LECLERCQ, D., *"Les N.T.I. et l'enseignement primaire"*, in Rapport scientifique, Université d'Eté, organisée par les Communautés Européennes, juillet 1987.
- NONNON, P., *Laboratoire d'initiation aux sciences assisté par ordinateur*, Université de Montréal, Facultés des Sciences de l'Education, section technologie éducationnelle, 1986.
- OCKO, S., et RESNICK, M., *Integrating LEGO with LOGO. Making connections with computers and children*, the Media Laboratory, M.I.T., Cambridge, 1987.
- PAPERT, S., *Jaillissement de l'esprit*, Flammarion, Paris, 1981.
- SOLOT, F. et DENIS, B., *Deux grilles d'observation de comportements pour augmenter l'efficacité des acteurs de l'environnement LOGO*, in Forum LOGO, 1987, 2, 53-55.
- SOLOT, F., DENIS, B., et HARDY J.-L., *Introduction du langage et de l'environnement LOGO dans l'enseignement en Belgique*, Liège, Laboratoire de pédagogie expérimentale de l'Université, 1986.
- SOUGNE, J., *Projets LOGO : conception et expérimentation d'outils informatiques pour analyser des programmes LOGO*, Université de Liège, mémoire de licence, inédit, 1987.
- SOUGNE, J., *Pour piloter des légos*, Commodore et Apple, Service de Technologie de l'Education de l'Université de Liège, document de travail, 1988.
- SOUGNE, J., *Les primitives Légo-LOGO français (apple II et commodore)*, Liège, Service de Technologie de l'Education de l'Université, version provisoire, 1988.