

**Dimanche 27 août 1989**

**Atelier : "Influence de l'informatique sur le savoir enseigné en mathématiques : le cas des équations différentielles"**

**par Michèle ARTIGUE**

**Equipe DIDIREM, Université PARIS 7**

## I - PRESENTATION DE L'ATELIER

Cet atelier a pour objectif d'illustrer un des points développés par E.Gallou-Dumiel dans son cours, à savoir le rôle que l'outil informatique peut jouer sur l'évolution du savoir enseigné via la décomplexification didactique qu'il autorise.

Il s'appuie sur une recherche menée depuis plusieurs années à l'Université de Lille 1. Cette recherche concerne l'enseignement des équations différentielles en DEUG première année. L'enseignement usuel, à ce niveau, se restreint à une approche algébrique c'est à dire à une approche centrée sur la résolution par formules des équations différentielles. La recherche a pour objet l'étude des conditions de viabilité d'un enseignement qui respecterait mieux l'épistémologie du champ en s'ouvrant en particulier à une approche qualitative géométrique des équations différentielles.

La méthodologie utilisée dans cette recherche est une méthodologie d'ingénierie didactique. Après une analyse des contraintes qui pèsent sur l'enseignement usuel (contraintes épistémologiques, cognitives et didactiques), les choix didactiques effectués dans la conception de l'ingénierie visent à modifier suffisamment le champ des contraintes pour permettre la viabilité d'un autre équilibre que celui de l'enseignement usuel. Le recours à l'outil informatique, sous forme interactive ou différée constitue l'un de ces choix.

Ce choix est justifié en particulier par la possibilité de décomplexification didactique qu'il autorise. Cette décomplexification repose sur la possibilité d'exploiter dans l'enseignement des productions informatiques, objets élaborés si l'on se réfère au champ mathématique étudié, avant que l'étudiant soit à même de produire de tels objets. Ceci permet de gérer autrement, en particulier au début de l'enseignement, les différentes phases de l'approche géométrique que sont les phases de régionnement, de prévision, de formulation de conjectures et de justification, et de construire des situations-problèmes qui respectent l'esprit global de l'approche qualitative géométrique, tout en restant accessibles aux étudiants débutants, et en étant exploitables efficacement dans le cadre des contraintes strictes de temps auquel est toujours soumise une ingénierie locale dans l'enseignement supérieur.

C'est une situation didactique basée sur une situation-problème de ce type dont l'étude fait l'objet de l'atelier. Il s'agit de la situation qui sert de support à la deuxième phase de l'ingénierie, la première étant une phase liée à la modélisation destinée à identifier les types de problèmes qui, en mathématiques ou à l'extérieur des mathématiques, peuvent conduire à des équations différentielles. L'objectif de cette seconde phase est l'introduction à l'approche qualitative géométrique, la mise en fonctionnement des outils élémentaires de cette approche (régionnement du plan suivant le signe de  $y'$ , isoclines et notamment isocline 0 correspondant à l'ensemble des points où  $y'$  est nul, solutions particulières, invariances par symétrie et translation) et la mise

en place des premiers liens entre cadre algébrique et cadre géométrique. Ce qui est demandé aux étudiants est d'apparier, de façon justifiée, des tracés de portraits de phase et des équations différentielles. Les tracés sont ceux joints à cette présentation et les équations sont les suivantes :

$$y' = y/(x+1)(x-1) , y' = y^2 - 1 , y' = 2x + y , y' = \sin(xy) , y' = \sin(3x)/(1-x^2) , \\ y' = \sin(x) \cdot \sin(y) , y' = y + 1$$

Cette situation repose sur une utilisation différée de l'outil informatique (on travaille sur des tracés fournis). Au moment où elle se situe dans le processus d'enseignement, les étudiants sont incapables de produire les tracés fournis, à une ou deux exceptions près. L'objet de l'atelier est de prouver qu'il y a bien là, potentiellement, fonctionnement positif du processus de décomplexification didactique et d'identifier les caractéristiques de la situation qui permettent de le garantir.

## II - L'ORGANISATION PEDAGOGIQUE DE L'ATELIER

Elle est conçue pour permettre à l'atelier de remplir son objectif dans le temps imparti.

### 1) Phase d'introduction (15 minutes) :

Il est prévu, dans cette brève introduction d'effectuer :

- une présentation rapide de la recherche d'où la situation est extraite, avec notamment l'introduction des trois cadres de résolution suivants : algébrique, numérique et géométrique,
- une présentation de l'objectif global de l'atelier (mis en relation avec le cours de la matinée) et la mise en place de la phase 2.

### 2) Phase de mise en situation (45 minutes) :

Il s'agit dans cette phase d'organiser une simulation de la situation avec les participants qui auront donc à effectuer le travail d'association demandé aux étudiants. L'objectif de cette phase est double : familiariser l'ensemble des participants avec la situation, amorcer la preuve des potentialités de la situation qui ont été annoncées.

Il est clair qu'on ne saurait confondre les participants de l'Ecole d'Eté et des étudiants de premier cycle, mais des expériences antérieures m'ont montré que la faible familiarité de la quasi-totalité des enseignants avec ce domaine de l'étude qualitative géométrique des équations différentielles les met, en ce qui concerne cette situation d'association, dans des conditions qui ne sont pas très éloignées de celles des étudiants. Les différences interviennent en général au niveau du temps de résolution (plus court avec les enseignants), moins en ce qui concerne la nature des arguments fournis pour justifier les associations ; or, justement, ce sont ces arguments qui seront exploités dans la phase 3 pour montrer que le processus de résolution met bien en jeu le savoir visé par la situation et fournit les éléments de l'institutionnalisation visée.

Du point de vue de la gestion, si le temps prévu pour la résolution est nettement inférieur à celui laissé aux étudiants, en revanche la simulation fonctionne, comme dans la situation réelle, sur la base d'un travail en petits groupes. Comme dans la situation réelle, le travail en groupes est prévu pour permettre une accélération du fonctionnement, une meilleure régulation de l'argumentation et favoriser la prise en compte des productions des "étudiants" au niveau collectif pour le bilan. Dans la simulation, compte tenu des sévères contraintes de temps, une des personnes du groupe a dès le début le rôle d'observateur : elle note les associations effectuées et les arguments

avancés. Ceci doit permettre de disposer, dès la fin de la résolution, des éléments nécessaires au bilan sans qu'il y ait une phase de reformulation.

### 3) Phase de bilan (20 minutes) :

L'objet de cette phase est l'analyse a posteriori du fonctionnement de la phase 2. En particulier, il s'agit de déterminer si c'est effectivement bien le savoir visé qui a été en jeu dans la résolution du problème posé et si les arguments produits couvrent le champ des arguments attendus. A cet effet, on dressera une liste collective des arguments avancés pour justifier les associations. Pour accélérer le déroulement, une personne notera, association par association, les arguments fournis par les observateurs des différents groupes.

La conclusion de cette phase devrait porter sur la validation des potentialités annoncées de la situation, d'abord au regard de la simulation, puis au regard de la situation réelle d'enseignement. A cet effet, les productions de la simulation seront situées par rapport à celles issues des expérimentations avec les étudiants.

### 4) Phase d'analyse de la situation (20 minutes) :

L'objet de cette phase est de déterminer sur quelles caractéristiques de la situation reposent les potentialités attestées par l'expérience et confirmées par la simulation (comme on en fait l'hypothèse).

Pour y parvenir, on demande aux participants d'essayer de reconstituer à partir des éléments dont ils disposent les variables de commande de la situation (au niveau du problème posé et de sa gestion) et d'analyser en quoi les choix effectués sont susceptibles d'expliquer le fonctionnement observé.

Le fonctionnement de cette phase dépendra sans aucun doute du degré de familiarité des participants avec la théorie des situations qui sous-tend ce type d'analyse. Il est d'autre part possible que les participants proposent, en réponse à la question posée, des variables qui n'ont pas été traitées dans la recherche comme des variables de commande, soit parce qu'elles n'étaient pas à la disposition du chercheur, soit parce que les choix sont demeurés implicites.

Compte-tenu de ces incertitudes et des contraintes de temps, il est prévu une gestion collective.

### 5) Phase de synthèse et de conclusion (10 minutes) :

Cette phase est destinée à revenir de façon synthétique sur l'atelier et son fonctionnement effectif en se situant par rapport aux objectifs de départ.

