

≡ IV. DOCUMENTATION ET BIBLIOGRAPHIE ≡

LE DESSIN ANIMÉ APPLIQUÉ A L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES *

Examinons d'abord, à propos des Mathématiques, la méthode et son application.

L'enseignement des Mathématiques se présente tout hérissé de difficultés, au maître, et à l'élève, trop souvent, comme un tourment inutile et cruel. La plupart des hommes cultivés non mathématiciens se souviennent avec terreur ou rancœur des leçons de géométrie ou d'algèbre qu'ils subirent dans leur enfance.

Le Nombre, pour beaucoup, est un être hostile.

Cet enseignement peut devenir pour le maître et pour l'élève une source de profonde joie. En Mathématiques, toute vérité est bonne à dire.

Le maître n'a jamais à redouter d'égarer l'esprit de son disciple en l'influençant suivant ses propres tendances. Il n'a jamais à redouter non plus la contradiction ou le démenti. Il y a environ 3.000 ans que le théorème de Thalès est démontré. Les théories chimiques du XVIII^e siècle sont caduques.

Pour l'élève, l'étude des Mathématiques doit devenir une occasion de certitude, une profonde satisfaction de l'esprit, une éducation du sens esthétique et, en général, un moyen puissant de cultiver son esprit. Il n'y a d'enthousiasme que dans le savoir, et l'adage : « Nul n'entre ici s'il n'est géomètre » n'est pas valable seulement en un lieu et un temps déterminés ; il est universel et concerne l'élite intellectuelle de tous les temps et de tous les pays.

L'ensemble des notions mathématiques constitue la collection d'images les plus simples, et leur agencement obéit à un très petit nombre de règles. L'enseignement de ces notions devrait être des plus faciles, et l'on vient de voir qu'il est des plus arides.

Seule, dit Henri Poincaré, l'habitude qu'on a de cet état de choses fait qu'on n'y prend plus garde.

Dans ses deux célèbres chapitres de *Science et Méthode* : « L'invention mathématique » et « Les définitions mathématiques et l'enseignement », le grand savant français fait ressortir le rôle dévolu à ce qu'il appelle le moi subliminal, qui est dépeint comme étant le siège de l'intuition et d'où jaillit la vérité.

Bien avant Henri Poincaré, on trouve chez les auteurs les plus divers, mathématiciens ou non, des pages extrêmement suggestives concernant la façon dont l'esprit humain devrait appréhender les vérités mathématiques. Le dialogue de Platon, « Le Ménon » est tout à fait caractéristique à cet égard.

Archimède, dans une lettre à Eratosthène, explique comment la vérité doit être suggérée tout d'abord, pour être ensuite démontrée.

Dans les temps modernes, Clairaut et Rousseau ont eux aussi magistralement défendu l'idée que la vérité mathématique se fait jour au plus profond de notre moi, qu'elle en surgit, impérieuse, et réclamant sa démonstration.

L'enseignement des sciences fut pendant longtemps scolastique et verbal. On sait combien les modernes ont dû lutter pour abattre le prestige d'Aristote dans ce domaine et faire reconnaître à la science son caractère inductif et expérimental. C'est chose faite actuellement et, dans l'enseignement des sciences, on utilise un

(*) M. J.-L. NICOLET, professeur à Lausanne, est l'auteur et le réalisateur de nombreux films mathématiques. Nous le remercions d'avoir autorisé la reproduction dans notre *Bulletin* des réflexions que l'expérience de cette méthode d'enseignement lui a inspirées. (Extraits d'une brochure publiée en 1944).

matériel des plus complets qui permet d'atteindre à la vérité scientifique par des expériences. L'expérience conduit à l'expression de la loi.

Lorsque la science en question s'est élevée au rang de science exacte, la loi découverte cesse de relever du domaine de l'induction pour entrer dans celui de la déduction.

Tout ceci repose sur l'importance à attribuer aux sens dans la genèse de la vie intellectuelle.

Cette vie, dans ce qu'elle a de plus élevé et de plus pur, n'est pas autre chose que la vie de la Raison. Nous ne pouvons naître à cette vie qu'en améliorant et en affinant notre activité sensorielle et, de là, en disciplinant notre imagination. Lorsque dans celle-ci se forment des images exactes, on peut apprendre, toujours par voie expérimentale, à classer ces images, à en établir une hiérarchie, c'est-à-dire élaborer un syllogisme, et naître à la vie de la Raison.

Il faut donc que le pédagogue dispose d'un moyen matériel pour améliorer et affiner la vie sensorielle de l'élève, et ainsi discipliner son imagination.

Aujourd'hui, le pédagogue dispose d'un moyen exactement approprié au but à atteindre. C'est le dessin animé.

Ce but avait été aperçu par les auteurs cités plus haut, mais le moyen de l'atteindre leur faisait défaut.

Le dessin animé, technique admirablement souple et variée, extrêmement riche en possibilités de toute nature, permet littéralement de montrer à un élève ce qui se passe dans l'esprit du maître. Son emploi est appelé à rénover complètement certaines branches de l'enseignement.

On présente trop souvent à l'enfant les vérités mathématiques dans l'ordre inverse de celui dans lequel elles se sont révélées à l'inventeur. Or l'enfant n'est pas un logicien. Il a besoin d'être convaincu d'avance de l'exactitude des vérités qu'on lui propose.

Rappelons-nous que l'enfant est un imaginaire et même un visionnaire. Il faut, non seulement respecter, mais chercher à développer chez lui ce mécanisme intellectuel qui est très voisin de celui du savant.

Il faut donc parler à l'imagination de l'enfant et lui faire parcourir les étapes de la connaissance dans l'ordre où l'inventeur lui-même les a parcourues. Ceci est très important.

Dans ce domaine également, le dessin animé permet une amélioration incontestable des méthodes d'enseignement. Il offre des ressources multiples. Expérience faite, il donne tout ce qu'on peut en attendre, à condition d'être réalisé et employé judicieusement.

En composant les schémas des films qui sont une application de cette méthode, nous nous sommes efforcés de nous adapter exactement au mécanisme intellectuel qui vient d'être esquissé. Notre objectif sera atteint si les élèves cessent d'être à peu près réceptifs pour devenir actifs, observateurs et curieux, s'ils cherchent à exprimer, donc à analyser leurs sensations, et, en parcourant par exemple un fragment du domaine des mathématiques, ils en devinent ou pressentent l'étendue illimitée.

Le souvenir visuel que l'enfant conservera du dessin animé facilitera chez lui le passage du concret à l'abstrait. En effet, les images fugitives et immatérielles qui passent sur l'écran représentent en quelque sorte déjà un état intermédiaire entre le concret et l'abstrait, favorable à la compréhension mathématique. Le dessin animé amène au raisonnement abstrait, but suprême de l'enseignement des Mathématiques, et ceci en faisant voir qu'une vérité est indépendante de certaines circonstances variables, précisément bien mises en lumière par l'application de notre méthode.

Le processus de la compréhension se déroule donc ainsi :

Le dessin animé est projeté une ou plusieurs fois sans commentaires. L'élève voit des images mobiles sur l'écran. Il décrit ce qu'il voit et développe ainsi ses facultés d'attention et d'expression. La vérité apparaît à son esprit, elle s'impose par

son élégance, sa simplicité, et fait désirer sa généralité. Le besoin de démonstration se fait sentir. Dès lors, le maître peut éduquer la raison, l'exercer puisqu'elle ne travaille plus à vide, mais qu'elle porte sur des images claires et vivantes. La logique se présente sous forme de science expérimentale ; elle tend vers l'autonomie et s'empare d'un domaine de plus en plus vaste de notre champ de conscience.

L'application de cette méthode, que nous venons d'étudier à propos des Mathématiques, est possible à d'autres sciences. Son champ d'application est presque sans limite et comprend aussi bien l'arithmétique élémentaire que les mathématiques supérieures et toutes les sciences exactes. En somme, toutes les branches de l'enseignement qui font appel au raisonnement, de l'école primaire aux écoles supérieures, ou aux cours spécialisés d'instruction professionnelle, bénéficieront grandement de son introduction.

En résumé, la conception des dessins animés conformes à notre méthode, est caractérisée par l'observation des règles suivantes :

1. Dissocier l'activité intuitive de celle de la Raison. Le résultat sera d'autant meilleur que cette dissociation sera plus complète.
2. Faire parcourir à l'élève les étapes de la compréhension dans l'ordre où elles ont été parcourues par l'inventeur.
3. Faire surgir dans l'esprit de l'élève l'énoncé d'une vérité antérieurement à toute démonstration.
4. Choisir parmi les moyens d'expression utilisés dans le dessin animé ceux qui favorisent le plus l'abstraction.

J.-L. NICOLET.

N.D.L.R. — Nous publions ici, à titre documentaire, la liste des films de « géométrie animée » réalisés par M. NICOLET, et qui sont distribués par : The Cuisenaire C^o, Ltd, 14, Basingstoke Road, Reading (Grande-Bretagne). Ce sont tous des films de format 16 mm, muets.

A. Niveau élémentaire : 1. Cercle passant par trois points ; 2. Lieu des centres des cercles tangents à deux cercles concentriques ; 3. Lieu des centres des cercles tangents à un cercle donné et passant par son centre ; 4. Cercle comme lieu du sommet d'un angle constant dont les côtés passent par deux points fixes ; 5. Arcs capables ; 6. Bissectrices intérieures d'un triangle ; 7. Bissectrices extérieures ; 8. Angles inscrits dans la circonférence ; 9. Lieu des points de contact des tangentes parallèles à une direction donnée à des cercles égaux à un cercle donné et passant par un point donné ; 10. Construction du pentagone régulier ; 11. La section d'or et le pentagone régulier ; 12. Triangles formés par des côtés de polygones réguliers ; 13. Lieu des points d'où l'on voit deux cercles donnés fixes sous des angles égaux.

B. Niveau supérieur : 14. Mouvement hypocycloïdal avec des cercles dont le rapport des rayons est $1/2$; 15. La section d'or et la strophoïde ; 16. Pôles et polaires par rapport au cercle ; 17. Ellipse comme lieu d'un point d'un segment de droite de longueur donnée dont les extrémités glissent sur deux droites perpendiculaires ; 18. Ellipse comme lieu des centres des cercles tangents à un cercle fixe et passant par un point fixe intérieur au cercle fixe ; 19. Hyperbole comme lieu des centres des cercles tangents à un cercle fixe et passant par un point fixe extérieur au cercle fixe ; 20. Parabole comme lieu des centres des cercles tangents à une droite fixe et passant par un point fixe ; 21. Parabole comme lieu des centres des cercles orthogonaux à un cercle donné et tangents à une droite fixe ; 22. Génération commune des trois coniques.