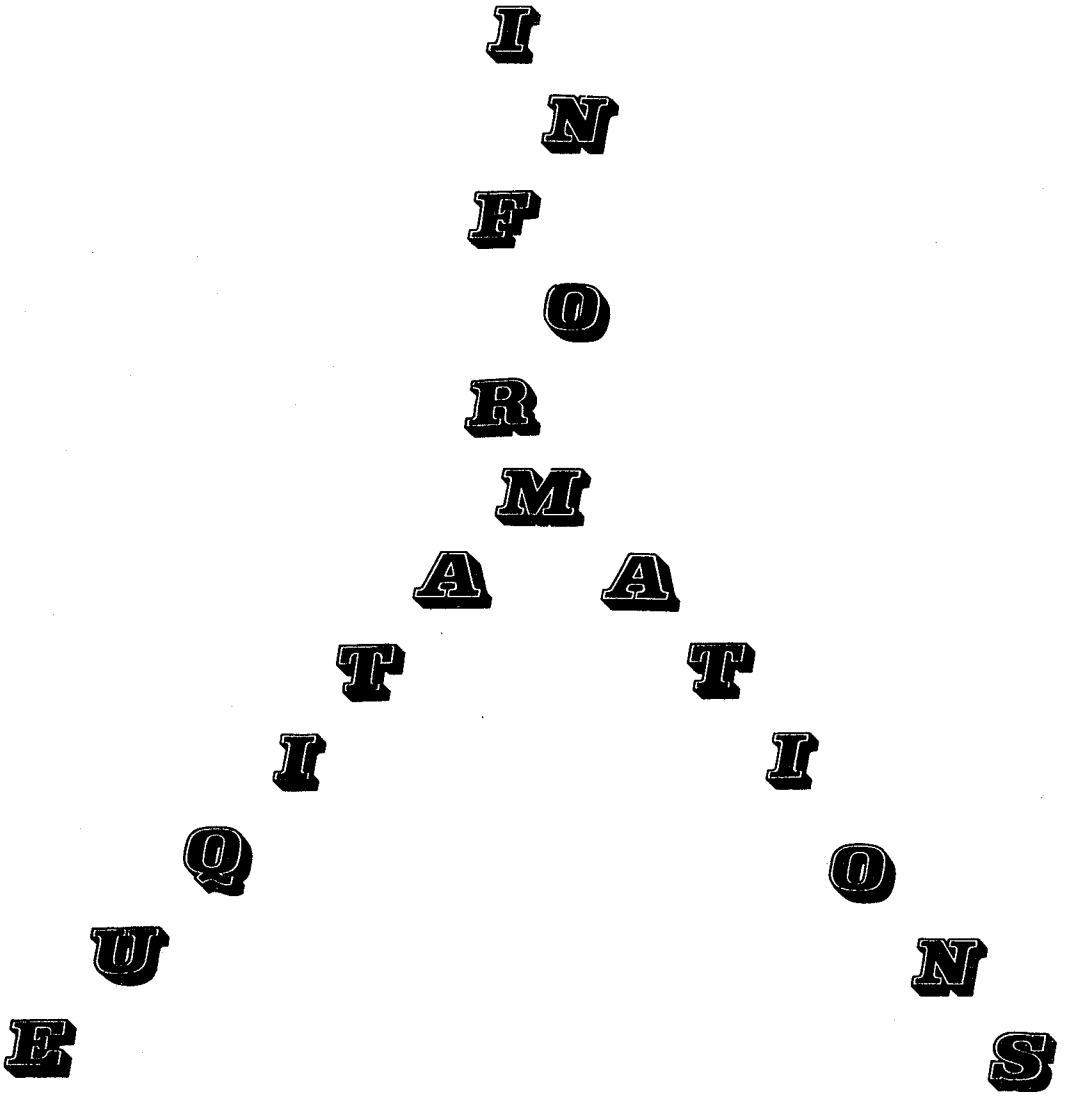
Nº 3 Janvier 1973

séminaire gides du signal de bougy



Groupe informatique
de l'enseignement
secondaire

Institut interfacultaire
de calcul
électronique

Séminaire du groupe informatique
de l'enseignement secondaire

Signal de Bougy
Novembre 1972

Pendant deux journées, les membres du groupe informatique de l'enseignement secondaire ont participé à un séminaire consacré à l'ordinateur dans la société d'une part et à la recherche opérationnelle d'autre part.

Un exposé de M. Giovanni Coray, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne et titulaire de la chaire d'informatique théorique, est venu compléter les deux thèmes abordés lors de ce séminaire. Le texte de la conférence présentée par le professeur Coray (10 pages) intitulée FORMALISME ET INFORMATIQUE est à disposition des lecteurs d'"Informatique Informations". Il nous a semblé intéressant de résumer dans ce numéro les exposés de trois conférenciers.

M. Bernard LEVRAT professeur au Centre interfacultaire de calcul électronique de l'Université de Genève	L'ORDINATEUR DANS LA SOCIETE
M. Alain SCHÄRLIG mathématicien et docteur ès sciences économiques, chargé de cours à l'Université de Genève	UN NOUVEL OUTIL DE GESTION : LA RECHERCHE OPERATIONNELLE
M. Michel CUENOD docteur ès sciences techniques, ingénieur à la société "Prospective engineering gestion"	QUELQUES PERSPECTIVES OUVERTES PAR LA RECHERCHE OPERATIONNELLE DANS LE DOMAINE DE L'ENSEIGNEMENT

Qu'il nous soit permis de remercier ici aussi bien les conférenciers que MM. Christian Pellegrini et Daniel Thalmann, assistants au Centre interfacultaire de calcul électronique, pour le travail important qu'ils ont effectué afin de mettre dans les mains des lecteurs d'"Informatique Informations" un texte résumant au mieux les deux thèmes abordés lors de ce premier séminaire du groupe informatique de l'enseignement secondaire.

G. Haury
Président du GIDES

Note de la rédaction

Pour obtenir le texte de la conférence du Professeur Coray,
pour faire parvenir vos articles,
vos remarques,
votre abondant courrier,
une seule adresse :

INFORMATIQUE-INFORMATIONS
C.I.C.E.
Université de Genève
Promenade des Bastions
1211 GENEVE 4

L'ORDINATEUR DANS LA SOCIETE

Notre civilisation technologique ne nous réserve pas que d'heureuses surprises. Les systèmes très complexes qui se bâtissent sur les techniques de pointe ne sont maîtrisés que par un très petit nombre d'individus. Les spécialistes qui y travaillent ne sont souvent pas conscients de leurs effets sur la société en général. Il faut avouer que les technocrates sont une espèce dangereuse et ceci spécialement dans notre société occidentale basée sur la démocratie où ils n'ont pas le pouvoir de corriger l'enchaînement d'événements qu'ils ont mis en mouvement. Cette puissance se trouve aux mains de gens qui appartiennent soit aux dirigeants de grandes compagnies orientées vers le profit, soit aux mains de ceux qui gouvernent le pays. Ces deux classes d'individus étant principalement concernées par le désir de garder le pouvoir, bien que leurs idéaux puissent être très différents. Il en résulte qu'ils seront plus sensibles aux tendances de l'opinion publique qu'aux avertissements de quelques personnes isolées. Le seul espoir de ceux qui croient que le progrès doit être maîtrisé et non pas servi, réside dans l'éveil de la conscience du grand public sur un certain nombre de questions-clés.

Avant de discuter des ordinateurs, penchons-nous sur une autre merveille catastrophique de notre époque : l'automobile ! Elle donne liberté et puissance à tous ceux qui sont assez riches pour en acquérir une. Grâce aux subventions des gouvernements qui ont construit des routes et groudronné d'immenses places de parc, elle s'est développée au-delà des rêves les plus optimistes de ses inventeurs. Elle a toujours tué des gens, mais ces dernières années le nombre de ses victimes est devenu alarmant. Elle contribue à la pollution de l'air. La pression économique sur les budgets de familles modestes est souvent insupportable. Les conditions de circulation ont réduit à une triste plaisanterie la liberté et la puissance de son conducteur. Peut-on dire que le public soit conscient de ce problème ?
Un certain malaise se manifeste. Cependant, ceux qui connaissent les performances des bolides sont bien plus nombreux que ceux dont la connaissance des lois physiques gouvernant l'énergie cinétique, la force centrifuge et l'adhérence leur permette de survivre au volant autrement que par simple chance. Bien moins nombreux sont ceux qui peuvent évaluer les effets de la pollution grâce à leur connaissance de la chimie organique, de l'écologie et de la santé publique, et il n'y a probablement personne qui pourrait avancer un pronostic sur l'impact économique de la disparition de la voiture particulière.

Est-ce que dans 50 ans d'ici les ordinateurs affecteront la vie des gens aussi profondément que les voitures le font aujourd'hui ? Pour y répondre, essayons de voir où nous en sommes. Nous sommes payés pas ordinateur, nos enfants sont sur

des fichiers scolaires, nos impôts, nos taxes auto nous sont communiqués par ordinateur, nos comptes en banque, les services de publicité et de facturation de beaucoup d'entreprises sont gérés par ordinateur. Dans le domaine plus général, des programmes d'ordinateur déterminent la politique d'investissement et d'expension des grandes compagnies multinationales : il en résulte des fermetures d'usines et une partie de la spéculation dans le domaine monétaire.

Pour dominer le système plutôt que d'en être esclave, je suis convaincu que lorsque nous enseignons l'informatique, nous devons également éduquer nos élèves sur les effets possibles des ordinateurs sur la vie privée, sur l'économie et sur le marché de l'emploi plutôt que de citer des applications isolées dans le domaine de la musique, des arts graphiques ou de la linguistique.

L'enseignement de l'informatique au niveau secondaire est l'endroit où ceux qui se sentent responsables de l'utilisation des moyens techniques dans la société ont le plus de chance d'éveiller l'intérêt de la population sur ces questions fondamentales. Je lance ici un appel pour que la formation des enseignants tienne compte de ce souci et ne consiste pas uniquement en une propagande pour de nouveaux "gadgets" dans toutes les disciplines.

UN NOUVEL OUTIL DE GESTION : LA RECHERCHE OPERATIONNELLE (RO)

La Recherche Opérationnelle est née chez les militaires américains, mais aujourd'hui, sa signification est un peu différente; on la considère comme l'analyse scientifique des problèmes de gestion. La R.O. a vu son développement s'accroître lors de l'avènement des ordinateurs.

On attend de la R.O. la préparation de ses décisions d'une façon plus objective et de meilleure qualité; le résultat n'est pas toujours optimal. Dans les applications, le critère principal n'est pas toujours comme on pourrait le supposer le profit, mais aussi le prestige, le plein emploi, la minimisation de certains frais, etc.

Prenons un exemple : une compagnie pétrolière se demande si elle a avantage à vendre tous ses produits dérivés; en prenant comme critère le profit global, la R.O. lui indiquera qu'il faut arrêter la production d'essence d'avion. Mais en arrêtant celle-ci, on perd comme clients les compagnies d'aviation qui achètent beaucoup de lubrifiants.

L'application de la R.O. est généralement gênée par le manque de données ou par la forme de celles-ci, c'est-à-dire qu'il faut tenir une comptabilité différente de la comptabilité classique. A titre d'exemple, on peut considérer un commerçant qui désire savoir s'il doit déplacer son magasin à la périphérie de la ville ou rester au centre. Même s'il tient à jour le compte de ses factures, ce n'est pas suffisant, car il doit savoir si les clients sont fidèles ou occasionnels.

Historiquement, la R.O. a ses précurseurs; avec Pascal, Fermat et Jacques Bernouilli, on parle de "décision dans l'incertain". On peut citer Monge, Borel et la théorie des jeux, Erlang et la théorie des files d'attente, Cantorovitch et Dantzig en programmation linéaire.

Pendant la guerre, la R.O. a été appliquée dans des cas historiques; lors de la bataille du Pacifique, pour connaître l'attitude à adopter vis-à-vis des attaques aériennes japonaises, les bateaux américains devaient-ils virer vite ou non ? Dans la bataille de l'Atlantique, les convois ravitaillés devaient-ils être plus nombreux et moins gros ou au contraire plus gros et moins nombreux ? Pourquoi le radar de l'armée britannique était-il inefficace ?

Selon M. Faure, la R.O. consiste à se préoccuper de phénomènes combinatoires, aléatoires et concurrentiels.

Les phénomènes combinatoires ont généralement trop de possibilités; ainsi il faut 56 ans pour épuiser les différentes façons de se mettre à table pour une famille de 8 personnes prenant 2 repas par jour. On voit qu'on ne peut traiter les vols de la Swissair de façon purement combinatoire.

Les phénomènes aléatoires peuvent être illustrer par des files d'attente. Par exemple, on crée un poste de la sécurité sociale dans une entreprise, faut-il en créer deux ? En considérant qu'une personne en moyenne arrive toutes les 4 minutes et que le temps moyen pour lui répondre est de 3 mn 18 sec., on voit que le guichetier travaillera 6½ h. sur 8 h. avec un temps d'attente moyen par personne de 16 min. ⅔ (33 h. ⅔ au total); tandis qu'avec 2 guichetiers, le travail ne sera que 6½ h. sur 8 h. pour 2 personnes mais l'attente ne sera que de ⅔ de minute par homme.

Les phénomènes concurrentiels peuvent être empruntés à la théorie des jeux. Un commerçant ayant un concurrent doit-il maintenir ses prix, les augmenter ou les diminuer ? C'est toute une stratégie.

L'étude coût-efficacité est très importante; si un prix est facile à fixer, l'efficacité l'est bien moins. Comment choisir un ordinateur dans une entreprise ? Quel avion de combat prendre ? Etc.

Une autre branche de la R.O. est importante : les ordonnancements. La méthode principale est le PERT, créé par la U.S. NAVY lors de son projet POLARIS. Cette méthode permet de ne pas laisser prendre du retard à une tâche élémentaire critique faisant partie d'un grand projet. La base est la théorie des graphes où l'on applique le CPM (critical path method).

La simulation, moins satisfaisante du point de vue mathématique, s'applique dans 50 % des cas. Elle vise à voir l'évolution d'une situation suivant des conditions de départ. On peut lorsqu'on connaît le résultat, modifier le modèle et lorsque celui-ci est rodé, changer les hypothèses. La simulation est la base du développement de certains langages spécifiques de programmation, entre autres le GPSS d'IBM.

Un vaste problème a été soumis à la R.O. : comment éviter les bouchons dans le futur tunnel sous la Manche, lorsqu'on sait que le contrôle douanier britannique dure environ 5 minutes et le contrôle français 15 secondes ?

On peut encore citer comme problèmes envisagés par la R.O. les problèmes de localisation d'entreprises, de stocks, de régime alimentaire, d'affectation et autres applications multiples.

QUELQUES PERSPECTIVES OUVERTES PAR LA RECHERCHE OPERATIONNELLE DANS LE DOMAINE DE L'ENSEIGNEMENT

I. Quelques approches de la recherche opérationnelle (RO)

Parmi les nombreuses approches de la R.O. voici quelques unes d'entre elles susceptibles d'être utilisées pour résoudre certains des problèmes qui se posent dans l'enseignement.

1. Critérologie :

Pour effectuer un choix objectif, il est bon de disposer de critères permettant de déterminer la meilleure solution à un problème posé. Une méthode fréquemment utilisée est celle des "matrices de décision", dans laquelle la somme ou le produit des termes figurant dans chaque colonne permet de caractériser les différentes solutions et de dégager ainsi la solution optimale.

2. Théorie des graphes

L'exécution d'une tâche nécessite souvent l'enchaînement d'un certain nombre d'opérations. On "visualise" cet enchaînement par une représentation graphique avec indi-

cation de la durée de chaque opération, c'est un graphe (cf. méthode de PERT). Une fois le graphe établi, on peut ensuite rechercher le chemin critique et déterminer la succession des opérations qui conduit à la durée minimale de la tâche.

3. Théorie des systèmes :

On définit un ensemble d'éléments distincts qui constitue un système, ensuite on considère l'environnement dont le système subit les influences. Le problème consiste donc à déterminer la stratégie optimale de manière à ce que le système considéré satisfasse aux besoins en tenant compte de l'évolution de l'environnement. La théorie des systèmes fait appel entre autre à la simulation, à la méthode de Monte-Carlo et à la programmation dynamique.

4. Gestion intégrée :

La recherche opérationnelle permet de faire face aux 3 tâches qu'implique la gestion d'un projet :

- évaluer le coût d'un projet et déterminer les moyens à mettre en oeuvre,
- ordonnancer l'enchaînement de chaque tâche élémentaire,
- contrôler l'état d'avancement et permettre d'intervenir pour modifier le déroulement s'il ne correspond pas à ce qui est attendu.

5. Heuristique :

Méthode qui consiste à développer la faculté d'invention pour favoriser l'éclosion d'idées nouvelles ("brainstorming"). C'est une véritable stratégie de recherche et de découverte.

6. Chréiologie :

C'est la recherche d'une "doctrine des besoins" de l'homme et l'adaptation des structures de la société (sur le plan politique, professionnel ou individuel) de façon à satisfaire au mieux ces besoins.

II. Quelques applications de la R.O. dans le domaine de l'enseignement

Face à l'explosion des connaissances qui caractérise notre époque, et à la révolution technologique que nous vivons et qui en est une des conséquences, le processus d'enseignement devient toujours plus complexe et gagne sans cesse en importance. La mise en valeur de la matière grise apparaît toujours plus comme la meilleure condition du succès, tant des individus que de la société à laquelle ils appartiennent. Les approches de la R.O. ouvrent des perspectives

intéressantes pour résoudre certains des problèmes que pose l'enseignement et nous nous proposons d'examiner quelques-unes de ces perspectives.

1. Etablissement de filières pédagogiques

Les connaissances s'appuyent les unes sur les autres et chaque acquisition nouvelle présuppose un ensemble de connaissances préalables qui, à leur tour, sont basées sur un savoir déjà acquis.

La théorie des graphes paraît donc pouvoir s'appliquer pour la recherche d'une rationalisation du processus d'enseignement, et cela à 2 niveaux :

1) pour la définition de la succession des branches à enseigner au cours d'une carrière scolaire, à savoir des programmes d'enseignement à prévoir entre un certain stade initial et le stade final qui est recherché;

2) pour l'enseignement d'une branche selon le principe de la maïeutique défini déjà par Socrate et qui conduit à ce qu'on appelle maintenant l'enseignement programmé par un jeu savamment dosé de questions et de réponses.

La multiplicité des nouvelles professions et le développement de la formation permanente risquent de faire éclater les structures conventionnelles d'enseignement. Des formules nouvelles d'un enseignement "à la carte", adapté aux aptitudes et aux besoins de chacun, conduiront probablement à de nouvelles filières pédagogiques avec de nombreux cours "à option" et "à niveau". La théorie des graphes permet de rechercher les filières qui conviennent le mieux à chacun, et cela dans l'optique d'une formation continue.

D'autre part, la disposition des aides pédagogiques que constituent les ordinateurs, permettra de généraliser les méthodes d'enseignement programmé en permettant d'instituer un véritable dialogue entre l'élève et l'ordinateur.

2. Evaluation de l'acquis

Un contrôle des connaissances qui soit équitable et nuancé est une des tâches pédagogiques les plus délicates. Les approches de la "critérologie" permettant de déterminer une "note" tenant compte de nombreux facteurs que l'on peut affecter de coefficients de pondération, ouvrent des perspectives intéressantes, surtout si on dispose d'un ordinateur pour traiter l'ensemble des informations qui doivent être combinées pour déterminer cette note; ces approches conduisent à repenser la façon dont les questions doivent être posées pour permettre leur traitement automatique.

Il est certain que les méthodes à utiliser pour l'évaluation de l'acquis varient beaucoup d'une branche à l'autre et que c'est dans les sciences dites exactes qu'elles peuvent le mieux s'appliquer, mais les méthodes modernes de "reconnaissance des formes" et de la lecture optique ouvrent des perspectives intéressantes pour l'utilisation de ces approches dans le domaine des sciences morales, en particulier dans le cadre de l'enseignement des sciences physiques et des langues.

3. Aide aux décisions pédagogiques

La carrière scolaire d'un élève implique une série de décisions qui le concernent telles que le choix de la section, le passage d'une classe dans l'autre, décisions qui peuvent engager tout son avenir. L'utilisation, en collaboration avec l'intéressé lui-même de "matrices de décision", permettent de rechercher des options qui soient aussi justifiées que possible et aussi mieux acceptées par les élèves et leurs parents. La recherche de tous les facteurs à prendre en considération pour de telles décisions et la pondération à leur donner, constituent en elle-même un exercice pédagogique très instructif.

4. Gestion scolaire intégrée

L'enseignement pose de nombreux problèmes de gestion qui sont similaires à ceux que l'on rencontre pour la direction de toute entreprise.

La construction de nouveaux locaux scolaires ou l'acquisition de nouveaux moyens pédagogiques, pose des problèmes d'investissement très importants. Les méthodes de planification optimale de la R.O. donnent une base objective pour les choix qu'impliquent ces investissements.

L'utilisation aussi rationnelle que possible des enseignants et des moyens pédagogiques, nécessite un inventaire du personnel et du matériel et des besoins, leur attribution aussi judicieuse que possible et la gestion de fichiers de renseignements personnels d'élèves.

Les méthodes de "gestion intégrée" qui ont été développées dans d'autres secteurs, mettent à disposition des organes responsables de l'enseignement des renseignements complets et sous une forme immédiatement utilisable, ce qui leur permet "d'exploiter leur entreprise" de façon aussi efficace que possible. C'est ainsi que lors du dernier Congrès de Recherche Opérationnelle qui s'est tenu en août dernier à Dublin, un rapport a été présenté décrivant une application de la programmation dynamique pour optimiser les postes d'enseignement d'un système éducatif de façon à minimiser à la fois les heures perdues et les heures supplémentaires du personnel enseignant*.

* "A dynamic programming approach of establishing teaching personnal posts in a centralized educational system" par D.P. Psoinos et D.A. Xirokostas.

Les études de la R.O. ont montré également qu'une organisation efficace nécessitait la conjonction de trois composantes qui sont complémentaires :

- des directives générales;
- un cadre et des moyens appropriés dont la responsabilité incombe aux organes de direction;
- une "auto-organisation" de l'exécution par les intéressés eux-mêmes, invités à prendre l'initiative de l'utilisation des moyens mis à leur disposition, selon les principes de la "pédagogie institutionnelle" consistant à "permettre à un individu ou à un groupe de résoudre lui-même, avec la participation de tous s'il s'agit d'un groupe, son ou ses problèmes".

5. Développement d'une pédagogie de la découverte

Des faits peuvent être d'autant plus facilement compris et assimilés s'ils ont fait l'objet d'une expérience personnelle. L'expérimentation de phénomènes en vraie grandeur est difficile en classe. Dans de nombreuses disciplines cette expérimentation peut être remplacée par des essais sur modèles permettant de simuler des relations de cause à effet et d'acquérir une compréhension intuitive du phénomène considéré.

Le développement avec les élèves de "jeux pédagogiques" constituerait en lui-même une expérience pédagogique particulièrement intéressante. De tels jeux peuvent se concevoir en premier lieu dans le domaine des sciences physiques, mais également en biologie, en sociologie, en économétrie.

Face à la prolifération des connaissances à laquelle nous assistons, le bagage du savoir acquis comptera toujours moins et paraîtra toujours plus dérisoire. Ce que l'enseignement devra développer, c'est l'imagination, la curiosité, l'envie d'apprendre, la faculté de rechercher des solutions en groupe. Comme le dit Grasset : "comprendre, c'est créer pour son propre usage". On comprend, et on retient d'autant mieux ce que l'on a découvert par soi-même.

Les méthodes de l'heuristique ont un pouvoir pédagogique extraordinaire et on peut se demander si bien souvent les classes ne devraient pas se transformer en équipe de brainstorming, le maître devenant toujours plus un animateur et un meneur de jeu.

6. Définition des objectifs de l'enseignement

Un des principaux mérites de la R.O. est de fournir l'occasion de repenser la finalité de l'action que l'on entreprend ou à laquelle on se trouve associé.

Nous avons vu que la chréiologie, que l'on peut considérer comme une branche de la R.O., consistait dans une analyse des besoins et aspirations des hommes.

Le besoin de comprendre, de découvrir, d'apprendre de nouvelles connaissances, correspond certainement à une des aspirations les plus profondes de l'homme. Est-ce que l'école, telle qu'elle est organisée et pratiquée actuellement, répond le mieux possible à cette aspiration ? La question mérite d'être posée et un des avantages de la R.O. est de fournir l'occasion de repenser la finalité de l'enseignement.

Quel est le but de l'école : inculquer des connaissances ou apprendre à apprendre ?

Quelles sont les raisons profondes des échecs scolaires ?

Est-ce que le dilemne : accepter ces échecs ou baisser le niveau des exigences est évitable ?

Pourquoi beaucoup d'élèves - et pas seulement les "mauvais" - déclarent qu'ils s'ennuyent à l'école et ont le sentiment d'y perdre leur temps ?

Comment éveiller la curiosité et l'envie de savoir ?

Ces questions sont fondamentales pour l'avenir de l'école et celui de notre société.

Nous avons vu qu'une des caractéristiques de la R.O. est de conduire à des recherches en groupe. Est-ce que ces questions ne mériteraient pas d'être posées dans chaque école, voire dans chaque classe avec la participation des membres du corps enseignant, des élèves et des parents d'élèves, en utilisant dans ce but les associations de parents d'élèves qui, à mon avis, ne sont pas utilisées comme elles le mériteraient ?

Il serait très intéressant de faire une synthèse des réponses reçues dans ces petits groupes de base.

Conclusion

Plus encore qu'une science, la R.O. est une certaine tournure d'esprit : une volonté de recherche objective de solutions aux innombrables petits et grands problèmes que pose la vie.

Une des caractéristiques de la R.O. est que cette recherche doit se faire en groupe en application de l'adage bien connu que c'est "du choc des idées que jaillit la lumière".

On pourrait envisager que des groupes se créent, réunissant des spécialistes et des non-spécialistes, à savoir des maîtres,

des élèves, des parents d'élèves et des spécialistes de la R.O. pour appliquer les méthodes de la R.O. à certains problèmes d'enseignement tels que ceux que nous avons évoqués.

De même que les mathématiques modernes étaient jusqu'il y a quelques années réservées à quelques mathématiciens chevronnés et sont enseignées maintenant dans des classes secondaires, voire dans des classes primaires, on peut se demander si les approches de la R.O. ne devraient pas faire l'objet d'un enseignement comme une "philosophie de l'action".