

*Enseignement de la Technologie
et
Formation des Concepts chez l'Enfant*

Georges N. NAHAS
Lyon - 2003

1. Introduction

Dans les pays développés, mais aussi dans les pays en voie de développement, le nombre d'enfants scolarisés est en train d'augmenter et touche maintenant plus de 95% en début de scolarité. Améliorer la productivité de l'Enseignement de Base est un objectif ambitieux qu'il est légitime d'aborder pour plusieurs raisons. Effectivement cet Enseignement touche un nombre de plus en plus grand de personnes de par le monde et sa nécessité se fait de plus en plus sentir dans le cadre du développement continu des nations. Quand on sait que le nombre de "rejets scolaires" est dramatique dans certains pays (et peut arriver jusqu'à 50% en fin du cycle primaire) et que l'enseignement de base n'est obligatoire que dans un nombre assez restreint de pays en voie de développement, on se rend alors compte de l'importance qui doit être donnée aujourd'hui à l'amélioration de la productivité de cet enseignement. Plusieurs facteurs entrent en jeu et sont d'une égale importance car tout enseignement est un tout formé d'éléments concomitants qui se complètent et se soutiennent mutuellement. L'un de ces facteurs est relatif à la Formation des Concepts. Et là, le terme «formation des concepts» est pris dans son sens psychocognitif et couvre le contenu des programmes en tant qu'approche intégrée et non en tant que juxtaposition de disciplines. Mais ce terme couvre aussi la méthodologie de formation, les objectifs du programme ainsi que les principes d'évaluation adoptés. C'est pourquoi, l'innovation à ce niveau touche au cœur des problèmes auxquels fait face aujourd'hui l'Enseignement.

Cet enseignement souffre dans beaucoup de pays de manque de « contextualisation ». Avant même l'ère de la globalisation les pays en voie de développement « importaient » leurs programmes et ne se rendaient compte que trop tard que ces programmes pouvaient ne pas leur convenir ou ne pas répondre à leurs besoins. De plus, les changements dans les cursus, même ceux qui se veulent innovateurs, aussi bien dans les pays développés que dans les autres pays, restent très souvent dans les limites de cadres préétablis de très longue date, ces cadres voulant en général être le plus près possible de l'« historicité » de la formation. A part quelques rares exceptions, la formation de base est restée prisonnière d'un cadre TRES conservateur, les innovations touchant essentiellement certaines techniques d'enseignement dues à l'avancement de la Pédagogie.

La fin du vingtième siècle a connu entre autre une percée de la Psychologie Cognitive et de ses retombées sur le monde pédagogique. Mais ce n'est qu'une percée. En effet, peu de pédagogues se sont penchés sur les changements drastiques que la Psychologie Cognitive peut impliquer dans le monde de la Pédagogie Appliquée. Autant les œuvres d'auteurs célèbres (notamment Vygotski, Piaget, Searle) ont été étudiées en tant que telles, autant la prise de toutes ces données de façon conjuguée et concourante a été rarement faite. Or la Psychologie Cognitive en groupant le Développement (aussi bien physique, qu'intellectuel, qu'émotif), le Langage (au niveau communicatif et

pragmatique) et l'Acquisition des Connaissances (au niveau des Concepts et du Traitement de l'Information) crée une atmosphère pédagogique qui change toutes les données relatives à la pratique éducative.

En effet, alors que chacun de ces éléments constitutifs de la Formation est souvent pris en monolithe indépendant, l'approche psycho-cognitive adopte de principe leur inter-dépendance: Toute évolution dans la formation est une évolution qui prend toutes ces composantes en considération de façon continue. Evidemment ceci peut sembler "normal" mais, de fait, enseignants et administrateurs sont plutôt récalcitrants vis-à-vis de la mise en application de cette approche malgré le fait que les résultats scolaires, à part les remarques ci-dessus, restent trop insuffisants par rapport aux requis universitaires. D'où la question qui sous tend cette présentation et qui considère que l'adoption de l'approche psycho-cognitive améliore le rendement de la formation de base. Dans ce cadre là, la technologie est-elle appelée à venir s'ajouter dans les cursus en tant qu'une nouvelle discipline ou bien aura-t-elle à jouer un nouveau rôle? Dans ce qui suit, et après cette introduction, je présenterai la spécificité de l'approche psycho-cognitive quant à la formation des concepts et le profit que l'on peut tirer de l'introduction adéquate de la technologie. Je proposerai quelques changements à adopter en vue d'un meilleur rendement au niveau de la formation de base, avec quelques exemples à l'appui. Je terminerai par une conclusion permettant de résumer les principaux points soulevés dans cette intervention.

2. Spécificité de l'Approche Psycho-Cognitive

L'approche psycho-cognitive que je présente ici est basée sur les travaux originaux de Gérard Vergnaud qui se veulent en continuité avec les travaux de Piaget, mais dans une vue plus large et plus exhaustive des problèmes pratiques de la formation, de toute formation. Partant de l'importance des « concepts » en tant qu'éléments constitutifs de la Connaissance, Vergnaud lance l'idée des Champs Conceptuels qui, englobant une définition précise des concepts, place l'acquisition dans un cadre plus large et plus réaliste. Cette théorie gagne à être connue car elle débouche de fait sur des changements d'importance au niveau éducationnel. Il ne s'agit pas en fait d'un simple prolongement, au niveau de la Psychologie Cognitive, de la théorie des concepts et de leur formation, mais plutôt d'un virage dans la vision que les éducateurs ont de l'intégration des concepts dans la formation des apprenants.

Un concept et son utilisation en situation ne sont pas indépendants d'une série d'autres données et d'autres concepts qui appartiennent à d'autres domaines comme la Langue ou la Logique ou tout simplement parfois de l'expérience quotidienne de l'apprenant. C'est ce que j'appelle la dimension longitudinale d'un champ conceptuel. C'est une conjugaison de l'approche constructiviste et de la définition des concepts en triplets comme introduite par Vergnaud. En effet, d'après Vergnaud, le concept n'est plus considéré comme un

objet philosophique, mais comme un être opérationnel essentiel à la construction des connaissances et formé :

- a. De l'ensemble des Situations dans lesquelles il opère.
- b. De l'ensemble des Invariants qui le rendent opérationnel.
- c. De l'ensemble des Symboles qui en permettent la communication et l'expression.

D'autre part, les pédagogues sont enclins dans le développement de leurs différentes techniques didactiques à opter pour une certaine indépendance entre les disciplines et même parfois entre les différents domaines d'une même discipline. L'adoption d'une stratégie éducationnelle apporte un élément de solution primordial, mais ne suffit pas à combler le fossé au niveau didactique, comme elle ne résout pas le problème fondamental du contenu à enseigner. C'est là qu'une prise de conscience d'une dimension que je qualifie « d'horizontale » des champs conceptuels devient importante. Il s'agit de la relation qui existe entre des disciplines, différentes mais interdépendantes, entre la réalité et l'abstraction: La Logique et les Mathématiques, la Langue et toutes les autres disciplines, l'Expérience et le Traitement des Informations.

C'est de la conjugaison de ces deux aspects que va dépendre l'assimilation et « l'opérationalité » d'un concept donné, et que je traiterai brièvement dans le paragraphe suivant. Pour rendre compte schématiquement de ce double aspect présenté ci-dessus, je propose un modèle de représentation tri-dimensionnel. Chacun des champs conceptuels en question représente un cône renversé. Les sommets de ces cônes sont situés dans des plans horizontaux parallèles, l'axe qui leur est perpendiculaire étant l'axe de **développement**. Pour les besoins de la représentation mathématique je propose un "repère" au plan de la base: je placerai sur un premier axe les "**éléments de la conceptualisation**" (format, invariant, pré-concept, concept etc...) et sur un second axe des "**états de la conceptualisation**" (situation, communication, adaptation, assimilation etc.).

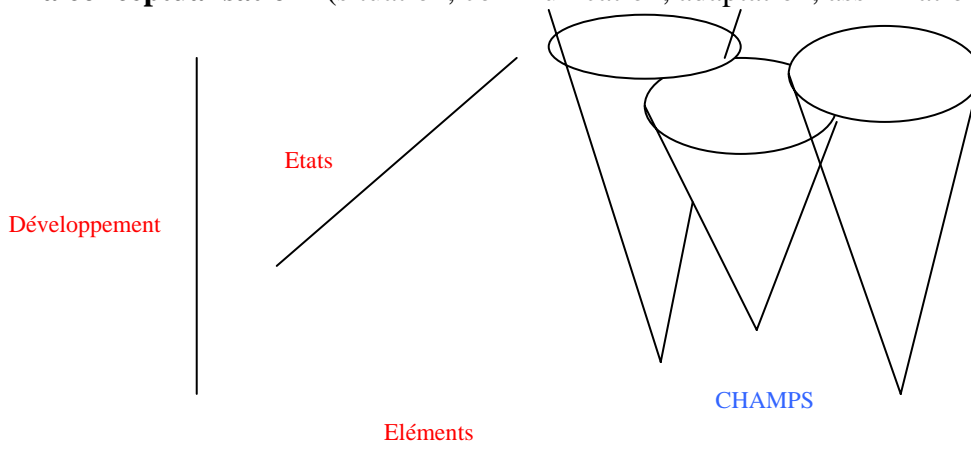


Fig 1

Je tiens à préciser que ce n'est qu'une représentation schématique pour aider à percevoir la relation existant entre les différents champs conceptuels et la complexité de la situation.

Il est clair qu'en cours de développement, certains champs conceptuels vont s'entrecouper, d'autres vont disparaître alors que d'autres vont surgir. Ce schéma qui me semble puissant est loin d'être en fait épuisé théoriquement. Les éducateurs bénéficieront de le prendre en considération et pourront l'enrichir à partir de leurs expériences et de leurs remarques pertinentes. C'est aux chercheurs aujourd'hui de trouver les réponses à toutes les questions que les enseignants éclairés trouveront à poser à ce propos.

L'utilisation du mot "étendue d'un champ conceptuel" emprunté aux mathématiques a besoin d'être précisée. Il s'agit en fait de répondre à une question très pragmatique à objectif opérationnel que se posent les enseignants: Jusqu'où peut-on aller dans ce domaine? Il s'agit donc de savoir si, en restant dans la conception du schéma de la figure 1, une coupe horizontale à un âge donné peut donner des éléments de réponse assez précises qui peuvent aider les éducateurs et les didacticiens dans leurs tâches respectives. L'étendue d'un champ conceptuel ne peut que dépendre de l'âge et/ou de l'expérience de l'apprenant.

La Psychologie du Développement présente une aide inappréciable pour ce qui est de la relation qui existe entre les éléments qui constituent un champ donné et l'âge concerné. Mais ceci ne suffit pas; l'expérience à laquelle est exposé l'apprenant est une partie intégrante de son potentiel de conceptualisation et c'est pourquoi l'étendue d'un champ conceptuel est aussi fonction de l'environnement considéré. Il s'agit donc de coordonner ces deux éléments pour pouvoir déterminer cette "étendue". Il n'existera jamais à ce propos de réponse universelle, mais il y aura toujours une spécificité à respecter et qui prend en considération:

1. Les aspects développementaux
2. Le développement langagier
3. L'environnement social
4. Les conditions d'apprentissage
5. Les techniques en jeu.

Ce qui précède laisse prévoir l'importance d'une étude comparée de tous les champs conceptuels en question à un âge donné et lorsqu'il s'agit d'un environnement donné et de conditions d'apprentissage précises. Dans leur développement, et vue leur forme conique proposée, les champs conceptuels ne se développent pas indépendamment les uns des autres. A un moment donné du développement de l'apprenant, c'est l'intersection avec le champ conceptuel A dans un plan de maturation (P) donné qui permet le développement du champ

conceptuel B: les éléments introduits par le champ conceptuel A seront des éléments constitutifs du champ conceptuel B et leur absence (ou leur introduction tronquée) peut retarder le développement du champ conceptuel B.

C'est ce que j'essaie d'illustrer dans la figure 2 suivante:

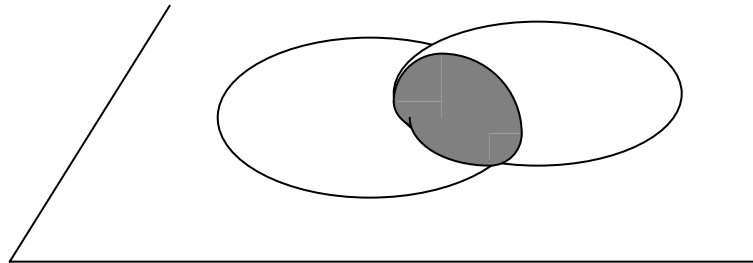


Fig 2

C'est pourquoi l'interdisciplinarité dans l'apprentissage est une nécessité à envisager non seulement comme politique éducative, mais aussi comme un fondement de la mise au point des plans de formation. Les professeurs universitaires sont ainsi appelés à se rendre compte de l'évolution des différents champs conceptuels nécessaires à une complémentarité dans le développement des connaissances de l'étudiant. Ce parallélisme est à envisager aussi bien dans les cursus que dans la préparation expérimentale afin que s'établisse un équilibre respectant le potentiel conceptuel des apprenants et son cheminement.

Cette approche a des retombées didactiques très profondes. Il s'agit non seulement d'une remise en question d'une certaine indépendance au niveau du développement d'un concept donné, mais aussi d'une remise en question des assises des didactiques en cours et de l'Ingénierie des cursus. J'ai essayé dans ce qui précède de mettre en évidence la complexité du problème auquel les enseignants ont à faire face pour améliorer la qualité de leur enseignement et sa productivité. Non seulement ils sont appelés à dépasser leur rôle de technicien en adoptant dans leurs techniques une approche méthodologique plus conséquente, mais il s'agit de changer leur conception de leur rôle de formateur. Tirillés entre l'interdisciplinarité, le développement en parallèle des champs conceptuels et les mises en situation adéquates, les formateurs deviennent de fait des "**ingénieurs didacticiens**".

3. Technologie et Formation de Base

Ce qui a précédé a permis de souligner que l'approche cognitive a deux impacts directs : i) le premier porte sur l'interdisciplinarité qui, découlant normalement de la Théorie des Champs Conceptuels, n'est plus un choix mais est devenue incontournable, ii) le second porte sur les bases « expérimentales »

de la construction des connaissances. Ces deux impacts vont concourir pour changer de façon drastique la place de la technologie dans la formation des apprenants, autrement dit pour changer notre conception de la construction des concepts.

Ces quelques dernières années, l'Interdisciplinarité a gagné du terrain, surtout au niveau des recherches. Des domaines de développement scientifique (comme l'Environnement) ont rendu le travail des équipes interdisciplinaires incontournable. Des savants, des professeurs, des chercheurs dans des domaines différents ont mis en commun leurs connaissances, leurs aptitudes et leurs savoir-faire pour répondre à des questionnements scientifiques de plus en plus pointus. Cette interdisciplinarité qui s'est ainsi avérée très productive et très fertile, n'est pas pourtant entrée dans notre vision de la formation scolaire. La formation est de plus en plus morcelée en différentes disciplines considérées comme étant des disciplines de base totalement indépendantes. Ces disciplines se développent de fait de façons parallèles non nécessairement complémentaires, puisque des apprenants de la même classe peuvent, dans certaines méthodes de formation, appartenir à des niveaux différents suivant les disciplines. Enfin, dans le cadre de cette formation et surtout au niveau du primaire, plus l'apprenant "progressé", plus le rôle de son corps s'amointrit: l'oral, tout au moins sous sa forme spontanée, tend à diminuer et la participation du corps à disparaître. Et je pense que c'est là où l'absence d'une approche éducative basée sur la psychologie cognitive commence à se faire sentir et à avoir sur le future de la formation un impact négatif. En effet, le corps n'est pas qu'outil, il est aussi l'interface avec toute la technologie et avec tout le monde extérieur. Il ne saurait être réduit aux sens, mais il est aussi un ensemble mécanique et dynamique perceptif total, par lequel passe toute l'expérience de l'apprenant surtout dans ses premières phases de développement. Comment se fait ce lien? Comment cet interface va-t-il jouer un rôle cognitif? Comment est-ce que la technologie va aider cet interface à devenir partie intégrante du processus pédagogique de conceptualisation? Autant de questions qui s'imposent non pas au nom d'un simple changement de façade mais au profit d'une meilleure productivité.

Je prends pour besoin d'illustration deux exemples :

- a. Un cours de Mathématiques en Grande Section de la Maternelle (Douzième) introduisant les nombres entiers naturels est en général donné à partir de la théorie ensembliste sans aucune référence au corps. Dès le début de la formation, l'apprenant est mis par les éducateurs dans une atmosphère qui suggère que les Mathématiques sont une affaire cérébrale par excellence. Ainsi les nombres sont dissociés de tout contenu physique faisant référence au corps, dans une session de psychomotricité par exemple. Alors que l'expérience de l'apprenant est tout à fait autre. De fait, l'utilisation des nombres sous divers aspects ordinal ou cardinal est une partie intégrante du quotidien de l'apprenant, un quotidien non exploité. Or, cette information provenant du quotidien, ou pouvant être très simplement injectée dans ce quotidien, n'ayant pas été traitée à la base comme partie intégrante de la formation de ces étudiants ne fera pas partie de leur « Connaissance ».

- b. Le second cas que je vais prendre en exemple est relatif aussi aux Mathématiques, mais dans le cadre du monde opératoire. Introduite à partir de la réunion, l'addition se trouve être confinée dans le monde de la mise en équation et du calcul effectué, en dehors des situations, pourtant logiquement très différentes, qui mènent à poser une même équation. Or les différentes situations, menant à une équation du type additif sont, à part la réunion, une comparaison ou une transformation ou une combinaison de l'une de ces trois. L'introduction par le jeu, faisant introduire corps et technologie de ces différentes situations et l'acquisition des schèmes logiques adéquats est Presque totalement absente de la formation des apprenants. Pourtant les exercices à résoudre, appelés situations-problèmes, dans les manuels scolaires y font appel. Ce qui rend la vie difficile aux apprenants et aux enseignants, mais ce qui est plus grave, c'est que la conceptualisation des opérations n'est ainsi jamais atteinte car l'information qui les concerne n'a jamais été traitée en tant que telle et n'est, encore une fois, jamais devenue une partie intégrante de leur Connaissance.

Cette différence que je fais entre l'information et la connaissance n'est pas fortuite et n'est pas juste formelle. Elle est le propre de l'approche cognitive. Une information non traitée en situation, avec les outils invariants nécessaires à son "opérationnalité" et avec les symboles indispensables à sa "communicativité", n'est pas appelée à devenir partie intégrante de la connaissance de l'apprenant car elle reste en dehors du champ conceptuel concerné. C'est pourquoi, il n'est plus question à partir de cette approche de concevoir le cursus de la formation de base comme une juxtaposition de disciplines dont l'unité est assurée par la personne de l'enseignant. Dans les deux exemples cités ci-dessus, l'objectif des enseignants n'a été que faiblement atteint, malgré tous les outils didactiques classiques qu'ils ont pu mettre en œuvre. C'est que, sans un traitement d'informations en situation, il n'y a pas une véritable appropriation des connaissances. On finit par avoir en fin de compte des informations morcelées du type suivant :

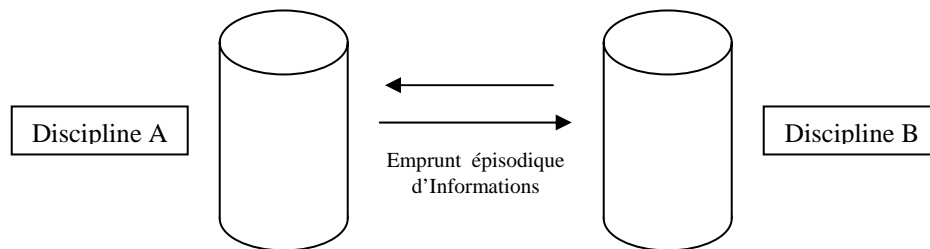


Fig 3

Or le traitement d'informations ne peut se faire qu'à partir des situations propres à l'objectif de la formation. Ainsi la formation des concepts en Mathématiques, ne se fera de fait que lorsqu'elle est construite à partir de situations adéquates faisant intervenir divers composantes du monde environnant et tout le potentiel d'acquisition et de communication de l'apprenant. La méthode préconisée

jusque là dans l'enseignement veut que les enseignants « empruntent » l'information mathématique pour l'appliquer à des situations qu'ils découvrent en aval et/ou « empruntent » d'autres informations empiriques pour les appliquer aux Mathématiques sans aucune systématisation de la construction des connaissances chez les apprenants. Il s'agit donc de changer l'ordre des choses et de mettre l'apprenant en situation de traiter l'information en amont et donc de parvenir à des conclusions théoriques par modélisation, en fin de parcours. Ceci m'emmène à aborder le second volet de l'impact de l'approche cognitive sur la formation universitaire, à savoir celui de la connaissance « expérimentale ».

La théorie des champs conceptuels, en élaborant ses prémices, s'est rendue compte de l'importance de la phase de préparation qu'implique toute construction des connaissances. L'école classique a adopté l'aspect magistral comme l'ultime et meilleure manière d'introduire, notions, concepts et théorie. Le rôle de l'enseignant a été (et est souvent toujours) d'aider l'apprenant à réussir le passage de la théorie vers l'application. Vraie surtout en mathématiques, cette politique éducative s'est vue généralisée à presque toutes les disciplines, en adoptant des développements et des applications plus ou moins poussées, suivant les écoles éducatives. Avec l'introduction de nouvelles méthodes, ici ou là, un certain changement a commencé à voir le jour, mais qui a rarement été systématique et ancré dans l'approche psychocognitive. Cette approche vient donner les fondements théoriques qui rendent indispensables sa généralisation pour une meilleure conceptualisation et une meilleure construction de la Connaissance.

La phase de préparation en question, ne peut être « magistrale » car ce type d'enseignement n'engage pas l'esprit critique de l'apprenant et ne le fait pas passer par les étapes intermédiaires qui lui donnent la possibilité de traiter les informations pour les changer en connaissance. Or un concept ne devient tel qu'à partir des invariants qui en sont une composante essentielle. Ces invariants eux-mêmes ne sont acquis qu'à partir de l'expérience et de l'exploitation de cette expérience qui aboutira ainsi, à partir de la maîtrise des schèmes adéquats, à des concepts-en-acte et à des théorèmes-en-acte qui permettront alors l'élaboration du concept lui-même. Cette démarche de conceptualisation dans le cadre d'un champ conceptuel donné est un processus incontournable si l'on veut que les apprenants « construisent » leur connaissance de façon à ce qu'elle devienne « stable » et « opérationnelle ». Là, l'efficacité de la formation n'est pas mesurée en terme de temps, mais en terme de stabilité et « d'opérationnalité ». Souvent les enseignants des classes de la fin du primaire, du complémentaire et du secondaire regrettent, et à raison, qu'ils vont devoir souvent avoir recours à des mises à jour dans les informations considérées pourtant comme définitivement acquises. L'explication, à mon avis, de ce phénomène réside justement dans le fait que les informations formant le cursus n'ont pas été acquises d'une façon adéquate qui permettra leur exploitation dans les situations ultérieures.

Là réside d'ailleurs un des éléments de divergence entre les formations classiques et la formation basée sur l'approche cognitive. Les premières donnent beaucoup d'importance au savoir-faire didactique et laissent de côté l'aspect

méthodologique de ces savoir-faire. Le second type au contraire demande à tout savoir-faire didactique d'être conforme aux impératifs du constructivisme cognitif. C'est pourquoi, l'expérience et son exploitation deviennent des éléments constitutifs à la base de tout cursus et non pas seulement des éléments d'application à posteriori. Ceci est illustré dans ce qui suit :

Cheminement Classique

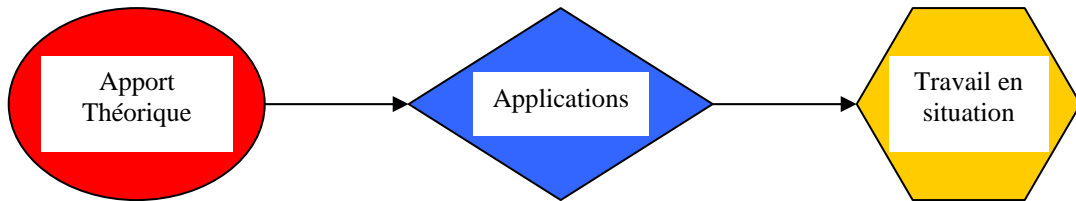


Fig. 4

Cheminement Cognitif

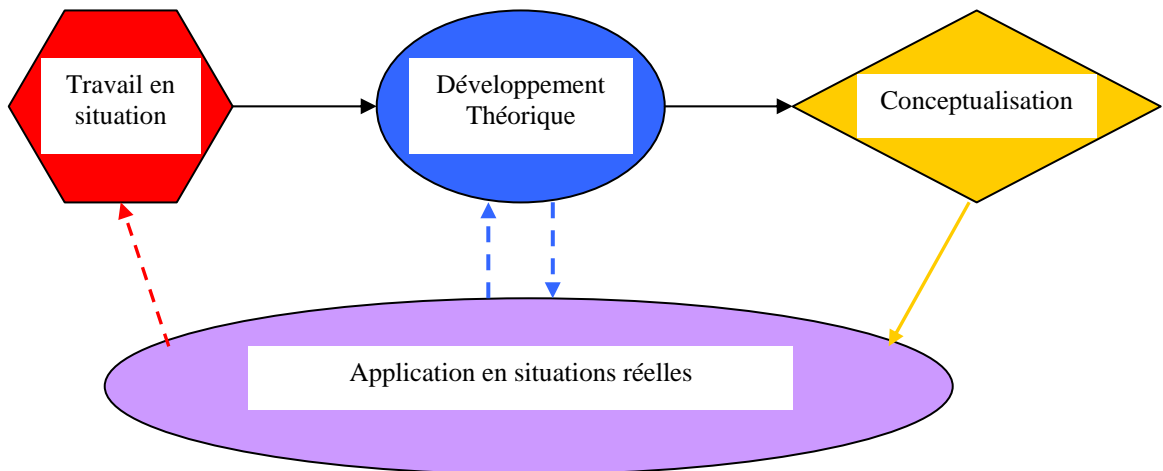


Fig. 5

Cette différence entre le schéma classique et le schéma cognitif n'est pas une différence formelle ou de passage, c'est une différence en profondeur entre une acquisition des informations qui ne débouche que trop tard sur les situations réelles, et une formation des connaissances ancrée dès le début dans les situations réelles. C'est pourquoi les changements méthodologiques impliqués dépassent de loin les simples ajustements dans les techniques de la pratique didactique. Même le traitement des informations prend un aspect nouveau parce qu'il est intimement lié au cadre de la réalité et non pas au cadre théorique.

Afin de couvrir tous les aspects relatifs au cursus, il reste à souligner que les changements conceptuels et méthodologiques préconisés ci-dessus, ont un impact sur

le processus d'évaluation. Qui dit efficacité dit aussi valorisation du produit final, car en fin de compte c'est ce produit qui va être l'enjeu de toute évaluation par le milieu du travail. Une efficacité réduite à des tests sur les informations n'est qu'un résultat de faible envergure et limité dans le temps. C'est pourquoi, il nous faut aussi dire en quoi tout ceci va influencer sur les méthodes d'évaluation.

Les méthodes cognitives n'ont pas encore répondu totalement à cette question. Le temps, et l'étendue de la mise en application de cette approche pédagogique sont encore récents et limités. Mais nous pouvons néanmoins faire les remarques suivantes :

- a. La relation entre l'expérience et l'acquisition graduelle des concepts permet aux enseignants et aux apprenants de se rendre mieux compte des compétences de ces derniers et non seulement de leurs aptitudes. Ce qui nécessitera de la part des enseignants de mettre les objectifs de leurs cours en termes de compétences et non seulement en termes d'informations.
- b. La relation entre la construction de la connaissance et les situations permet d'évaluer le potentiel de l'étudiant à exploiter ses connaissances dans des situations nouvelles. D'où la possibilité de mener des évaluations dans des cadres de simulation afin de s'assurer qu'avec l'avancement des connaissances, le traitement des informations de la part de l'étudiant est devenu de plus en plus opérationnel.
- c. La relation entre les différentes composantes d'un concept donné et la relation entre plusieurs concepts d'un même champ conceptuel peuvent toujours être testées à partir de tests de synthèse. Ces tests, tout en s'apparentant aux examens classiques, en diffèrent méthodologiquement par leur objectif et leur structure.

4. Technologie et Conceptualisation

Après cette longue introduction portant principalement sur les principes cognitifs de la Conceptualisation dans un environnement scolaire, je vais essayer de préciser les éléments liés au terme « Technologie » dans cette présentation. En effet, il est maintenant courant d'utiliser le terme « nouvelles technologies » pour les lier à la Didactique et aux autoroutes de l'Information. Ici le terme « technologie » est pris dans un sens utilitaire. Autrement dit, comment utiliser les outils que le progrès technologique a mis à notre disposition pour une meilleure efficacité dans l'enseignement ou pour élaborer de nouvelles méthodes didactiques ou pour avoir un meilleur accès à l'information et même pour mieux traiter les informations qui sont en notre possession. Or dans ce sens là, il ne s'agit pas vraiment de la Technologie, mais des produits mis à notre disposition par le progrès technologique, ce qui est pour moi tout à fait différent du point de vue cognitif.

En effet, si l'on veut respecter le sens de la racine "logos" dans le mot "Technologie", il ne s'agit pas du "produit", mais de l'étude même des relations qui

lient les principes fondamentaux des Sciences, aux produits que les recherches appliquées ont développés et mis à notre disposition. Ces produits sont soumis à l'expérience de l'apprenant et sont utilisés par lui de façon empirique. Ainsi un crayon est un produit technologique, de même le sont tout jouet mécanique et tout matériel informatique. Utiliser ces produits fait maintenant partie de la vie normale des apprenants à partir de leur plus jeune âge. Cette familiarisation avec les produits de la Technologie ne forme pas une "connaissance" de la Technologie et ne lie pas la Technologie à la Conceptualisation.

Le fait que l'utilisation de ce matériel nouveau et très sophistiqué soit de plus en plus fréquente et répandue, n'a rien à voir avec la Technologie en tant que telle. Je vais clarifier cette idée à partir des exemples suivants:

- a. L'enfant utilise un crayon longtemps avant d'aller à l'école et pourtant cela ne veut pas dire qu'il a appris l'écriture comme cela ne veut pas dire qu'il connaît les propriétés qui font que la mine utilisée lui permet d'écrire. Même si à un âge plus avancé il a remarqué que l'absence d'une mine l'empêche d'utiliser le crayon et qu'il acquiert petit à petit le schème qui le fait tailler le crayon, personne ne l'introduit aux aspects technologiques liés à ces schèmes. Il continue, par habitude, à utiliser des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte que personne ne va lier beaucoup plus tard à des concepts physiques et mathématiques que le Technologie a traduit en crayon et taille crayon.
- b. L'enfant est familiarisé très tôt avec des jouets mécaniques du type voiture, poupée articulée, construction etc. Très rapidement l'enfant se rend compte que les roues aident la voiture à se déplacer rapidement, beaucoup plus rapidement que n'importe quel objet qui glisse. Il se rend plus difficilement compte de l'importance et de la forme des articulations des bras et des cuisses de la poupée et encore moins de l'importance des vis dans la fixation des constructions. Or tous ces jouets sont des produits de la technologie et qui sont d'une très grande importance pour comprendre certains aspects de la Physique, des formes en Mathématiques, mais aussi pour comprendre son propre corps et ses propres mouvements. Ces éléments technologiques, qui existent dans la pré-conceptualisation sous forme d'invariants ne sont pas du tout exploités dans la formation des concepts et dans la construction des Champs Conceptuels.
- c. Les jouets informatiques deviennent de plus en plus courants et des enfants de 2 ou 3 ans commencent à être familiarisés même avec l'utilisation des ordinateurs. Or même exploités à fond comme outils didactiques ici ou là pour la recherche d'informations, les aspects purement technologiques ne peuvent être abordés qu'à un âge très avancé. Mais ce qui ici laisse le plus à désirer c'est l'absence de

l'utilisation de l'aspect logique qui sous tend l'algorithmique qui est derrière l'utilisation de l'informatique de façon critique et profitable.

Or à partir de ces exemples j'ai essayé de souligner la différence entre la Technologie et l'utilisation de ses produits. Malgré l'importance de l'utilisation des nouveaux produits de la Technologie dans une didactique appropriée à une Méthodologie critique et expérimentale, mon objectif après cette clarification, est de lier la Technologie proprement dite à la Conceptualisation.

Je définis dans ce qui suit la "Technologie" comme étant la discipline assurant la liaison entre les Sciences Fondamentales et les éléments techniques qui en découlent à partir des recherches appliquées. Ainsi l'ordinateur en soi est un produit technologique alors que la Technologie est le type de connaissance qui a permis de donner aux acquis de la Physique, de la Chimie et des Mathématiques une dimension matérielle prenant la forme d'un outil appelé "ordinateur". Où vient se placer cette connaissance par rapport aux Sciences Fondamentales? C'est une question essentielle dans la démarche cognitive. Il est clair que ce type de connaissance n'est pas répétitif par rapport aux acquis des Sciences Fondamentales. On ne retrouve dans l'ordinateur en tant qu'outil aucune donnée de ce genre, de même qu'on ne retrouve dans la roue aucune donnée relative au Principe du Frottement ou dans la taille crayon une donnée relative à la rotation. Mais un "technologue" qui ne connaît pas ces principes ne peut inventer un ordinateur, une roue ou une taille crayon. Mais le technologue n'est pas le technicien qui lui est introduit au "comment" de l'outil et non pas au "pourquoi". Seul le technologue est capable de répondre au "pourquoi", ce qui donne à cette connaissance sa portée cognitive.

On pourrait ici soulever des questions d'importance relative aux difficultés inhérentes à ce type de connaissance. Ces questions sont légitimes et doivent recevoir des réponses adéquates; ce que peut assurer la dimension développementale de l'approche psycho-cognitive. Je pense qu'il serait bon là de revenir au schéma de la figure (5) et de le subdiviser en trois.

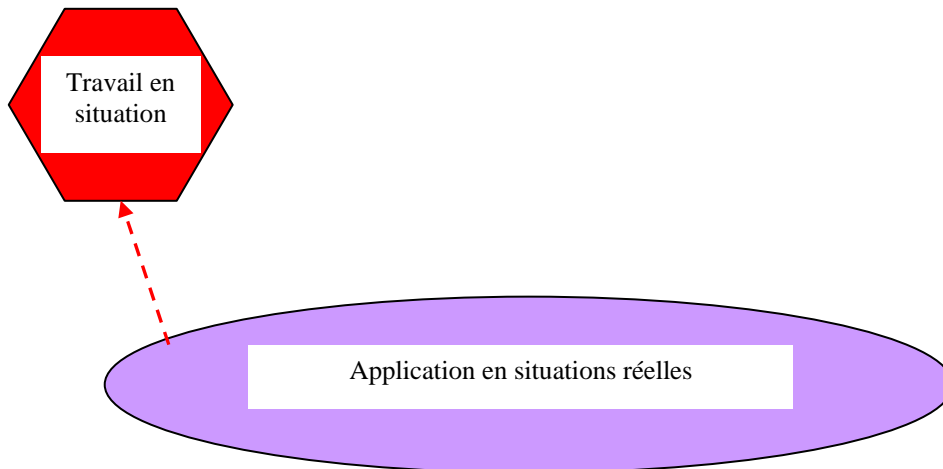


Fig 6.a

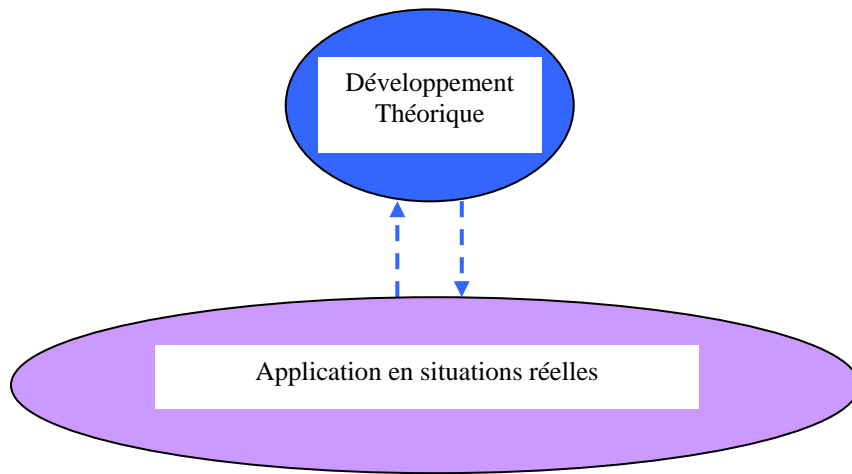


Fig. 6,b

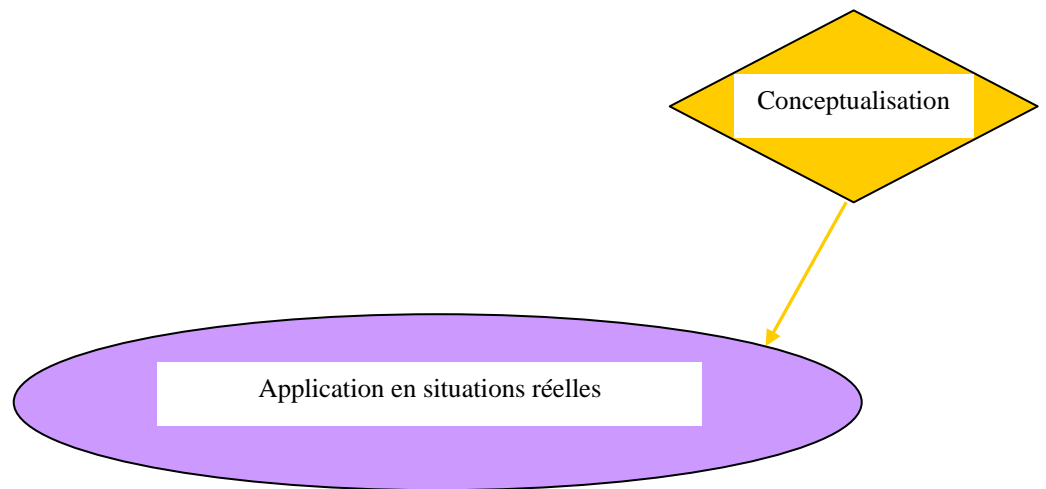


Fig. 6,c

Notons tout de suite que le cheminement est un cheminement de construction de la Connaissance qui suit le schéma suivant:

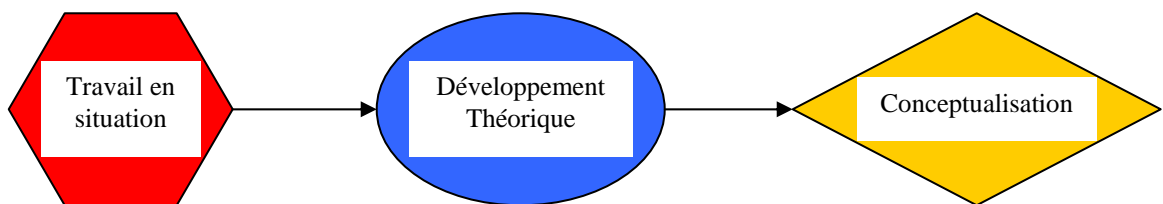


Fig. 7

Comme la Technologie est inhérente à la plupart des éléments qui forment l'action en situation il est donc normal de la considérer comme étant la trame sur laquelle va se bâtir toute la connaissance. C'est ce que propose la Figure 6,a. Par l'interaction entre l'application des connaissances en situations réelles et le travail en des situations de communication didactique l'apprenant va acquérir des schèmes de plus en plus compliqués, ces schèmes n'étant qu'une connaissance en gestation.

En tenant compte de l'aspect développemental, l'apprenant passera progressivement, tout en restant en position dialectique avec l'application des connaissances en situations réelles, au développement théorique en devenant de plus en plus capable de savoir le « pourquoi » et de bâtir ainsi une connaissance qui dépasse le « comment ». C'est là où commencent à se former des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte qui, enrichis par les symboles et les modes de la communication, seront le début de la formation des champs conceptuels que servira la technologie des outils utilisés. En effet, suivant le champ à développer, et la technologie qui en découle, seront choisis les outils didactiques et les modes de communication adéquats. Ainsi, pour introduire la “**roue**” en tant qu'élément de la Mécanique en Physique, une simulation sur l'ordinateur reste au niveau de l'observation et n'arrive pas au niveau de l'action et est donc inadéquate tout au moins dans certains stades développementaux. Alors que des essais de plus en plus évolués utilisant des machines simples est le bon choix afin que la Technologie vienne en aide à la Conceptualisation. Malgré le fait que l'ordinateur est un outil beaucoup plus avancé technologiquement, dans une situation didactique donnée, c'est un objet technologique beaucoup plus simple qui viendra aider à la formation des concepts. C'est pourquoi j'ai dit, que ce choix devra se faire avec beaucoup d'attention en suivant l'aspect développemental de l'apprenant et la construction en parallèle du champ conceptuel concerné.

A un stade plus avancé, quand le développement théorique a pu balayer toutes les situations concernées, et a pu trouver des réponses aux « pourquoi » successifs puisées dans des outils technologiques de plus en plus compliqués, alors la conceptualisation est en phase de devenir définitive. Et comme le montre la Fig. 6c, dans ce cas l'application des connaissances en situations réelles est une application qui tend à faire développer la Technologie car le pourquoi étant acquis, l'apprenant peut influencer sur la Technologie en la faisant évoluer. Ainsi si la roue et les propriétés de la roue peuvent être développées pour passer jusqu'à des situations très compliquées comme les roues dentées, la montre, les différentiels des voitures, on peut de même penser qu'à un certain stade de développement, la connaissance de l'électronique peut aussi se développer pour comprendre et construire des machines simples du point de vue électronique tels une montre électronique et un tableau de contrôle d'une voiture etc. Du point de vue de l'enseignement de la Technologie, les introductions “en-acte” des champs conceptuels de la Mécanique et de celui de l'Electronique ne se feront point en même temps mais respecterons le même processus.

5. La Technologie comme interface cognitive

A partir de ce qui a précédé, certaines questions se posent sur la nature de l'enseignement de la Technologie. On est habitué dans le monde éducatif à enseigner des "disciplines". La Technologie en est-elle une? Pourrions-nous considérer la Technologie comme une discipline comme les Mathématiques et la Physique, et la subdiviser en champs conceptuels? Il me semble que non. Pour que cela soit le cas il faudrait délimiter un domaine qui lui soit spécifique et qui aurait ses propres situations, invariants et moyens de communication. Or ce n'est pas le cas. Si dans notre enseignement, surtout des Sciences, nous avons le plus souvent opté pour une formation "théorique" dans laquelle les informations magistrales avaient la préséance, cela ne veut pas dire pour autant que le monde de la "pratique" est un monde parallèle et indépendant. La Technologie et le monde scientifique sont les deux faces d'une même monnaie et les dissocier est une faute irréparable du point de vue cognitif. Si les données familières ont perdu pour nous leurs sens scientifiques cela n'en amoindrit pas la portée technologique.

Ainsi si nous prenons par exemple un travail en atelier de menuiserie, tous les outils qui entourent l'apprenant sont des outils à intérêt technologique et sont hautement scientifiques. Ils sont même indispensables pour répondre à des "pourquoi" qui sont des concepts-en-acte et des théorèmes-en-acte faisant partie de champs conceptuels scientifiques et qui n'utilisent pour la communication que des symboles scientifiques. **Pourquoi** utilise-t-on la vis et pas le clou dans une opération précise en atelier? **Pourquoi** utilise-t-on un marteau pour enfoncer un clou et une tournevis pour fixer une vis? Toutes les réponses à de telles questions utiliseront nécessairement un vocabulaire et des dessins empruntés à la Science. Des jouets du plus jeune âge familiarisent l'enfant avec clou, vis, marteau et tourne vis, et pourtant il arrivera en classes secondaires sans savoir la différence et sans savoir que tel M. Jourdain, il a utilisé le levier sans le savoir depuis des années. Mais ne le sachant pas il n'a jamais su savoir choisir ni la bonne vis, ni le bon marteau!

C'est pourquoi je me permets d'affirmer que la Technologie n'est pas un discipline entre d'autres et que son enseignement ne saurait être prévu comme l'enseignement des autres éléments de la formation de base. Serait-elle donc apparentée aux Sciences comme la Logique aux Mathématiques? Là aussi je pense que ce n'est pas du tout le cas. J'ai déjà eu l'occasion de développer dans un article l'importance de la Logique dans la formation de base des apprenants et j'y ai proposé de considérer la Logique comme un champ conceptuel indépendant car elle a ses situations propres, ses invariants ainsi que ses symboles de communication. De fait la Logique est un champ conceptuel transversal indispensable à toute formation et qui, lié spécifiquement aux Mathématiques, perd son envergure. La technologie par exemple a besoin de la Logique, pour savoir poser les questions, trouver les bonnes réponses et organiser les Sciences Appliquées en organigrammes utilitaires pour en faciliter l'enseignement. Mais comme je l'ai signalé ci-dessus, les situations de la Logique sont des situations que d'autres disciplines empruntent et utilisent à différentes fins, alors que ce n'est pas le cas de la Technologie. Ce qui apparente la

Technologie à la Logique c'est la transversalité des deux, mais cette transversalité ne leur donne pas la même nature dans la formation des apprenants.

Est-ce que cela veut dire que la Technologie est restreinte à être un outil didactique au profit des Sciences? La réponse à cette question serait très simple si nous avions déjà l'habitude de différencier dans notre comportement pédagogique entre les techniques d'enseignement et la Méthodologie proprement dite. C'est pourquoi ma réponse est nuancée et je dirai que si **le didactique** a pour ultime objectif d'aider à la construction de la Connaissance, alors la Technologie s'apparenterait **au** didactique. Mais si "didactique" est synonyme de techniques d'enseignement en classe, la Technologie n'est pas un outil didactique. Je propose de considérer la Technologie comme une interface indispensable à la cognition sans être pour autant traitée comme un outil didactique. C'est ce que je vais essayer de développer rapidement dans ce qui suit.

En effet, le propre de la Construction de la Connaissance dans une approche cognitive est de *faire porter aux concepts un potentiel opérationnel* que l'information (scientifique ou autre) n'a pas. L'**enseignement technique** fournit des *informations opérationnelles* qui répondent au "comment" alors que l'**enseignement de la Technologie** est censé poser des questions qui aboutissent à des réponses portant sur le "pourquoi" **mais à partir du** "comment". C'est cela qui fait la différence entre les deux.

Ainsi, l'enseignement technique donne à un apprenti électricien les informations nécessaires pour poser un circuit électrique et lui expliquer le pourquoi et le comment de la procédure. L'enseignement de la Technologie est supposé donner à l'apprenant l'occasion de découvrir comment mettre au point un circuit électrique et par des questionnements successifs sur le pourquoi et par l'introduction des changements adéquats arriver à modéliser la connaissance ainsi construite. C'est pourquoi, la conception d'un atelier d'enseignement technique basé sur la répétition et l'acquisition des schèmes est tout à fait différente de celle des ateliers d'enseignement de la Technologie. Ces derniers s'apparentent plus aux laboratoires qu'aux ateliers proprement dits.

Il est clair qu'il ne s'agit pas du tout de laboratoires d'observation comme ceux que nous connaissons dans nos écoles, mais de lieux privilégiés d'intervention originale, de discussion et d'élaboration des concepts. Là, la répétition est remplacée par des va et viens inlassables, dus aux variations des situations, en vue de la maîtrise non seulement des schèmes, mais aussi des invariants qui les forment ainsi que de leurs symboles de communication. En fin de compte, la Technologie est l'interface cognitive inspirée par la méthodologie de recherche scientifique, mais appliqué à la construction de la connaissance. Le ciment de ce processus est une méthode de travail ancrée dans l'esprit critique et l'approche expérimentale. Le schéma suivant peut donner une idée plus claire de ce processus « didactique » dans le sens proposé au début de ce paragraphe.

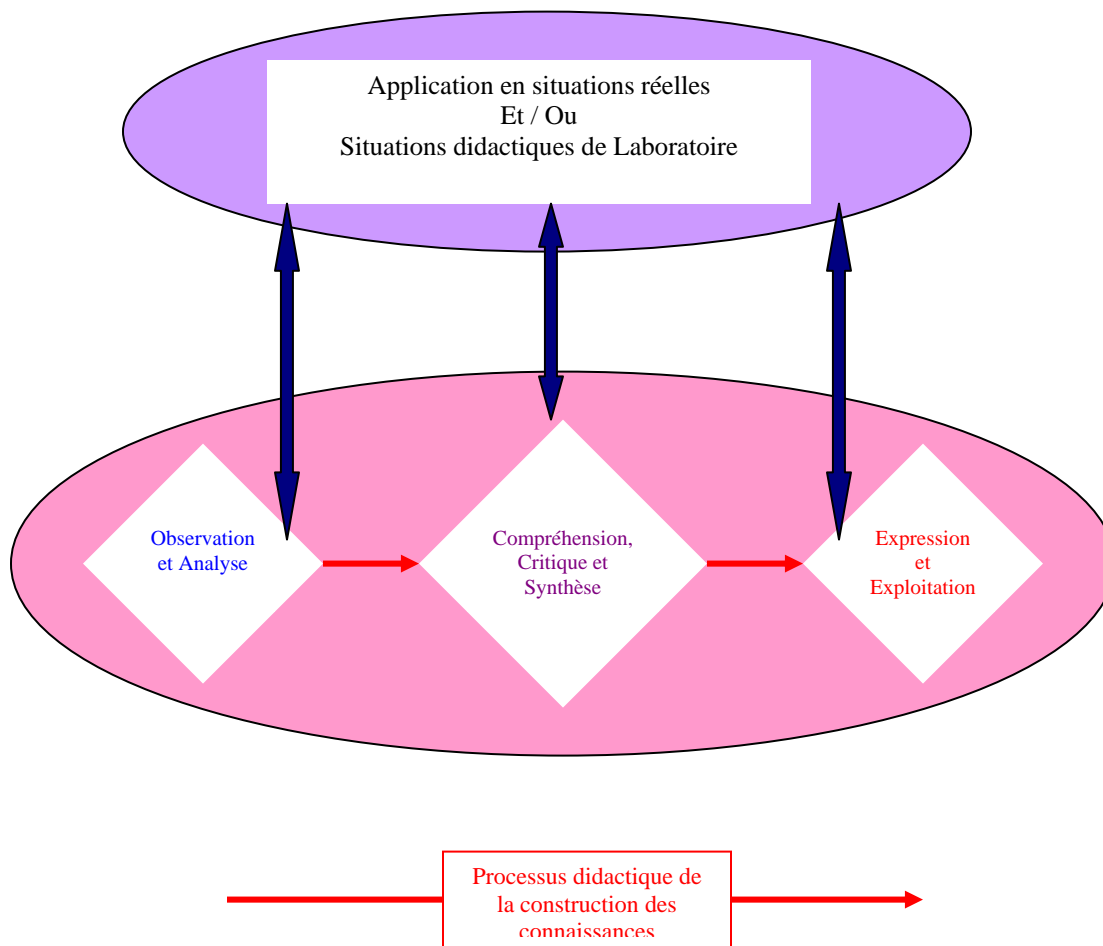


Fig. 8

Suivant la connaissance scientifique à construire, il faut “prévoir” la technologie qui y mène et concevoir les laboratoires qui lui conviennent le mieux. Pour pouvoir faire ceci, et dans le cadre de la Théorie des Champs Conceptuels dans son aspect développemental, la mise au point de ces requis est à faire avec beaucoup de soins car il faut respecter les aspects développementaux, sans sous-estimer pour autant le potentiel des apprenants à maîtriser les différents schèmes. En même temps, il faut bien spécifier quels sont les concepts-en-acte à acquérir, les théorèmes-en-acte à exprimer et les symboles de communication à répertorier. Or ce travail délicat et à répartir sur tous les cycles à partir des premières années de la formation de base, est à faire et c’est là peut-être la partie la plus difficile qui attend les pédagogues. Mais cet effort ne peut être fait que dans le cadre d’équipes multidisciplinaires car il engage beaucoup de connaissances hautement spécialisées et a besoin d’un travail de recherche et d’expérimentation intense.

6. Réflexions sur un exemple

C'est dans ce but et avant de conclure cette présentation, que je vais donner un exemple présentant en même temps l'évolution possible d'un champ conceptuel en Physique, les technologies qui lui sont liées et les situations de communication didactique propres à l'enseignement de la Technologie et qui permettent de faire évoluer la conceptualisation. Le schéma général est le suivant:

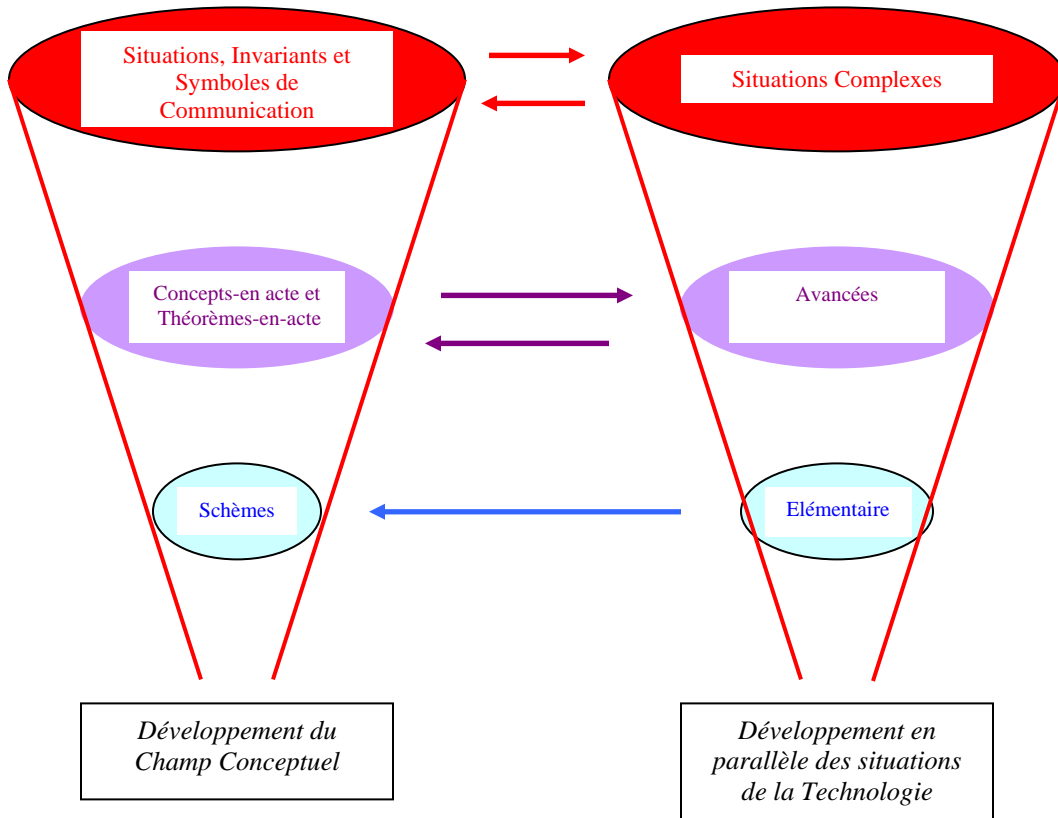


Fig. 9

Si nous prenons pour exemple un champ conceptuel de la Physique, il faudra en suivant le développement de l'apprenant pouvoir remplir adéquatement les différentes bulles du schéma de la figure 9. Plaçons-nous dans le cas où ce champ conceptuel est celui des **machines** tout en sachant que ce champ fait partie d'un champ plus vaste qui est celui de la Mécanique, et entrecoupe nécessairement d'autres champs de la Physique comme celui de la Dynamique, ou d'autres champs des Mathématiques comme celui des Mesures.

Il est clair que les situations élémentaires de départ sont très variées et sont familières à l'apprenant même avant son arrivée à l'école. C'est le cas par exemple de

tout marteau, de tout ciseau, de toute voiture, de toute grue que l'enfant a utilisé dans son espace ludique. Mais tout cet appareillage prend un sens différent quand exploité dans un laboratoire de Technologie il commence à préparer à la naissance des concepts-en-acte, tel le concept du levier, ou des théorèmes-en-acte tel la relation entre la force et la longueur du bras du levier. La modélisation de ces théorèmes-en-acte et leur schématisation sera un pas de plus dans l'acquisition des symboles de communication qui permettront le passage à des machines plus compliquées mais aussi à l'expression définitive de tous les invariants du champ.

C'est dans ce cadre de développement linguistique et logique que:

- a. Des termes comme "*machine*" prennent ainsi un sens beaucoup plus large que les sens familiers auxquels ils sont restreints habituellement.
- b. Des "objets" technologiques seront progressivement classés à partir de leurs fonctionnalités et en relation avec des invariants précis: Telle la "*poulie*" qui sera vue dans une optique opérationnelle qui dépasse sa forme de roue pour être perçue comme une "*machine*" qui sert au transfert de la force.
- c. Des "objets" de la Physique d'ordre conceptuel, tel le "*frottement*" qui à partir d'expérimentations sur la machine "*plan incliné*", rejoint le concept-en-acte de la Force.

Une fois que les concepts-en-acte et les théorèmes-en-acte élémentaires sont acquis, des schèmes technologiques plus complexes pourront être abordés. Mais ceci se fera avec beaucoup plus d'interactions entre l'acquis et des technologies de plus en plus compliquées comme les roues dentées et la relation avec la rotation. La force est alors perçue non seulement sous sa forme linéaire mais aussi sous sa forme rotationnelle de laquelle vont découler de nouveaux théorèmes-en-acte telle la relation entre le nombre de dents d'une roue dentée et la façon de changer la vitesse de rotation.

En parallèle avec d'autres champs comme celui de l'Électricité puis de l'Électronique, la Technologie introduira de nouvelles machines basées sur les mêmes concepts mais qui ont pu évoluer à cause de données nouvelles provenant d'autres concepts scientifiques et à partir de théorèmes qui ont venu s'ajouter graduellement au champ conceptuel initial.

Je n'ai fait qu'aborder dans cet exemple quelques éléments conceptuels pour illustrer les différentes bulles de la figure 9, car je pense qu'il serait intéressant que des équipes multidisciplinaires puissent proposer des schémas plus complets permettant une expérimentation en classe aboutissant à des mises au point successives dans le but d'assurer une meilleure conceptualisation. Processus long et qui demandera sûrement des années d'effort de la part d'éducateurs concernés par l'amélioration du rendement scolaire surtout en relation avec les requis de plus en plus astreignants des formations post secondaires qu'elles soient de type académique ou de type technologique.

7. Conclusion

Est-ce une raison pour se désintéresser complètement des nouvelles possibilités que nous ouvre cette approche et reprendre les schémas classiques adoptés jusque là?

Il n'est pas dans mon intention de faire le procès de l'enseignement classique qui a cours dans beaucoup d'écoles et dans beaucoup de pays surtout des pays en voie de développement. Mais un coup d'œil sur les statistiques officielles des pays concernés et de l'UNESCO, nous permet de dire que:

- a. En fin de la formation de base, les "drop out" scolaires sont très élevés et peuvent prendre parfois des proportions dangereuses aux niveaux social et économique. C'est pourquoi une formation plus intégrée est devenue indispensable.
- b. A l'entrée de l'Université le niveau des apprenants est en général insatisfaisant surtout au niveau conceptuel, et les notions acquises, jusque là, sont apparentées plutôt aux applications théoriques qu'à l'opérationnalité des concepts.
- c. Un décalage certain existe entre l'utilisation technique des outils de la Technologie et la maîtrise technologique elle-même. Preuve en est le nombre réduit d'inventions technologiques provenant de la plupart des pays en voie de développement. Hélas ceci vient s'ajouter sur l'absence quasi totale de recherches au niveau des Sciences Fondamentales.

C'est pourquoi, j'ai essayé dans cette intervention d'attirer l'attention sur l'importance de l'adoption d'une nouvelle Politique éducative afin de profiter des leçons de l'Histoire. L'innovation scientifique que nous procure l'École Cognitive en attirant l'attention à la fois sur les aspects psychologique, éducatif et linguistique est d'une très grande importance. Elle peut être la bonne solution pour sortir du cercle vicieux duquel les Sciences de l'Éducation sont prisonnières en fixant l'intérêt sur les techniques didactiques d'une part et la séparation des disciplines d'autre part.

Évidemment j'aurais pu approfondir du point de vue théorique l'aspect relatif au corps en tant que partie intégrante de toute formation surtout au stade de la formation de base. J'aurais pu aussi souligner l'importance de la langue dans l'enseignement, à partir de son rôle pragmatique dans la communication. Mais je me suis astreint au seul aspect développemental qui inclut implicitement toutes ces données afin de ne pas trop alourdir un exposé déjà assez long. Ce qui m'importe c'est de lancer un appel pour que les pédagogues et les praticiens de l'enseignement se penchent sur les problèmes auxquels ils sont appelés à faire face au quotidien, avec une plus grande ouverture d'esprit. Il me semble qu'il est aujourd'hui indispensable d'aborder les problèmes de nos différents systèmes scolaires et éducatifs avec un

esprit critique et sans craindre les remous que peuvent avoir des changements drastiques s'ils nous semblent être indispensables. Évidemment je ne suis pas partisan des changements juste pour le plaisir d'en faire. Mais je pense que l'état actuel des formations de base mérite que les chercheurs s'y penchent et essaient d'y apporter un sang nouveau puisé dans l'expérimentation des nouvelles données que procure l'avancement des Sciences de l'Éducation.

Dans cette intervention je n'ai fait qu'attirer l'attention sur le rôle possible de la Technologie dans la conceptualisation des Sciences principalement. La voie est ouverte pour des recherches de plus en plus poussées et sur des expérimentations de plus en plus enrichissantes couvrant d'autres domaines. Ce qui est sûr c'est qu'à partir de cette approche le travail en équipes multidisciplinaires deviendra indispensable et que la coopération des responsables pédagogiques dans les écoles et dans les ministères sera un gage de la réussite de toute recherche de grande envergure. Il n'est pas question ici de tester un "produit", mais de juger dans un espace temps allant de 2 à 6 ans au moins des retombées de telles perspectives sur les apprenants. Les expériences à mener seront lourdes de conséquences, mais l'enjeu en vaut la peine.

BIBLIOGRAPHIE

- ARMENGAUD F., (1993), *La Pragmatique*, Paris, Presses Universitaires de France, 3ème édition.
- BONNET C., GHIGLIONE R., RICHARD J-F, (1989), *Traité de psychologie cognitive 1*, Paris, Dunod.
- BONNET C., GHIGLIONE R., RICHARD J-F, (1990, a), *Traité de psychologie cognitive 2*, Paris, Dunod.
- BONNET C., GHIGLIONE R., RICHARD J-F, (1990, b), *Traité de psychologie cognitive 3*, Paris, Dunod.
- DOISE W., (1988), *La double dynamique sociale dans le développement cognitif*, Université Louis Pasteur, Bulletin de Psychologie, No 412, XLVI.
- FRANÇOIS F., (1990), *La Communication inégale*, Lausanne, Delachaux et Niestlé.
- JACQUES F., (1979), *Dialogiques. Recherches logiques sur le dialogue*, Paris, Presses Universitaires de France.
- NAHAS G., (1994), *Conceptualisation et Langue d'Enseignement*, Thèse soutenue à l'Université René Descartes.
- PIAGET J., (1975), *Mécanismes perceptifs*, Paris, Presses Universitaires de France.
- PIATTELLI-PALMARINI M., (1979), *Théories du Langage, Théories de l'Apprentissage*, Paris, Editions du Seuil.
- SEARLE J., (1969), *Speech Acts* (1969), Cambridge University Press.
- SEARLE J., (1979), *Expression and Meaning*, (1979), Cambridge University Press.
- VERGNAUD G., (1986), Psychologie du Développement Cognitif et Didactique des Mathématiques, in *Revue de Mathématique*, Grenoble, No 38, nov. 86.
- VERGNAUD G., (1987), Psychologie et Didactique, in *La Psychologie scientifique et ses applications*, Clermont-Ferrand.
- VERGNAUD G., (1991), *La Théorie des Champs Conceptuels*, Paris, La Pensée Sauvage.
- VYGOTSKI L., (1981), *The genesis of higher mental functions*, in *The concept of activity in Soviet Psychology*, J. W. Wersch.