

A PROPOS DE LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Michel Develay

La notion de transposition didactique est apparue pour la première fois en didactique des mathématiques.

Le texte suivant rend compte d'un exemple de transposition didactique en sciences biologiques et s'interroge sur les causes du processus de dogmatisation qui s'en dégage.

didactique des
mathématiques et
didactique des
sciences expérimentales

le triangle
didactique

La didactique des sciences expérimentales s'intéresse aux processus d'acquisition et de transmission des savoirs dans un champ conceptuel donné (1). Ainsi articule-t-elle trois familles de réflexions: psychologique, épistémologique et pédagogique.

Différents concepts ont émergé des recherches poursuivies parmi les équipes de l'INRP : celui de représentation ou conception des apprenants, celui de niveaux ou registres de formulation, celui d'objectif-obstacle, celui de trame conceptuelle (2).

Dans le temps où la recherche en didactique des sciences expérimentales s'impulsait, la recherche en didactique des mathématiques cheminait parallèlement. Les regards portés sur le système didactique étaient proches mais certains concepts différents émergèrent : entre autres ceux de contrat didactique (3) et de transposition didactique.

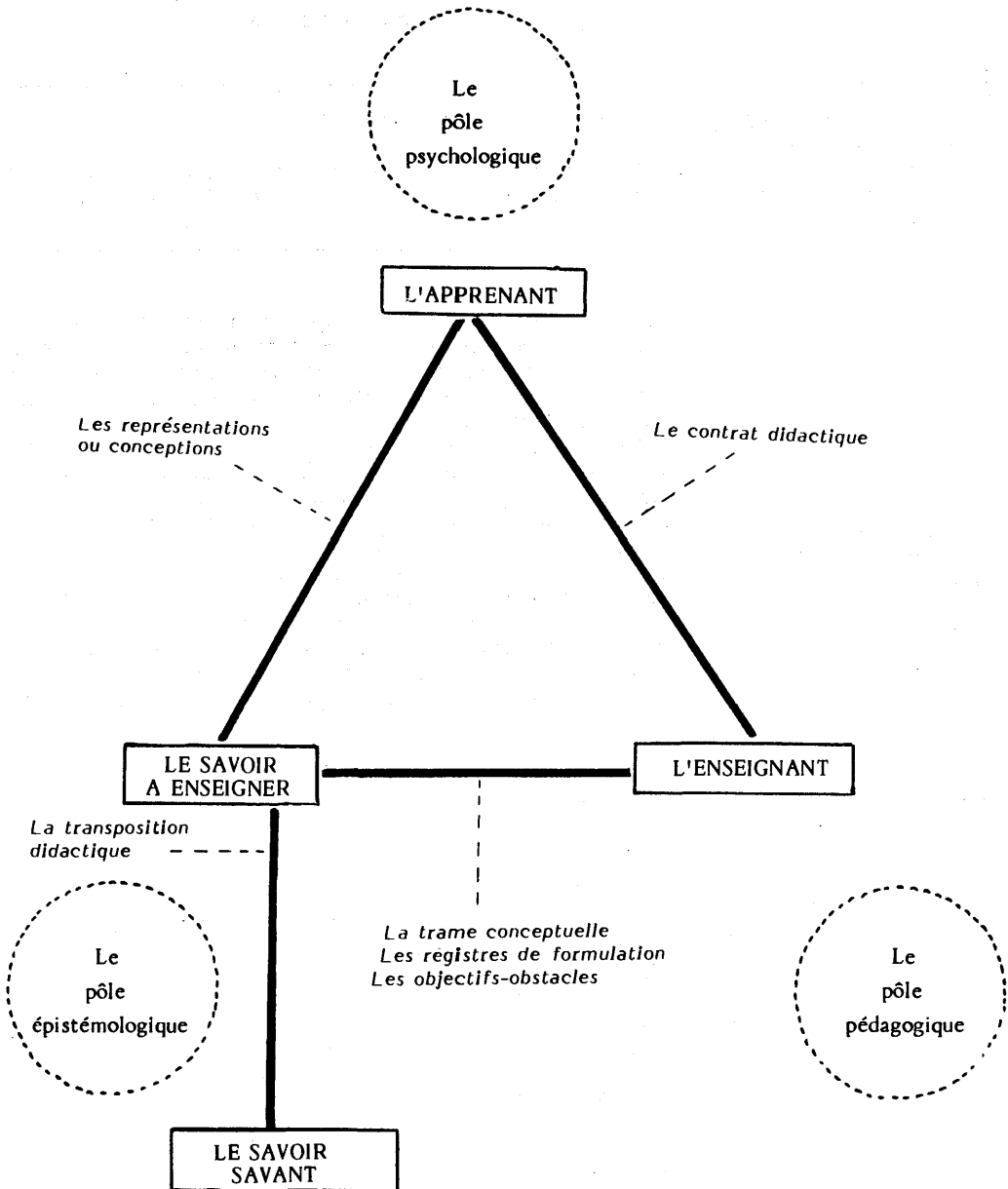
Le schéma ci-dessous vise à situer ces différents concepts dans le champ de la didactique qui considère les

(1) Michel DEVELAY; "Didactique et pédagogie". **Apprentissage et pédagogie**. Document IREM de Lyon. N° 51. Mai 1985.

(2) Dans son lexique, **Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales** propose des définitions de chacune de ces notions. Collection Rapports de recherche de l'INRP. 1985.

(3) On pourra se reporter à l'article d'Anne-Marie DROUIN "Sur la notion de contrat didactique". **Aster**. N°1. INRP. 1985.

relations entre un apprenant et le savoir, l'enseignant médiatisant le rapport entre les deux.



Le concept de transposition didactique auquel nous nous intéresserons a pris sens en didactique des mathématiques grâce surtout aux travaux d'Y. Chevallard. Nous nous proposons dans un premier temps de revenir à cette source.

Dans un second temps nous envisagerons une transposition didactique en biologie en nous intéressant à la mémoire. Quelles explications en donne le savoir savant ? Qu'en dit le savoir à enseigner ? Comment peut-on caractériser le passage de l'un à l'autre ?

Parce que l'exemple analysé révélera un processus de dogmatisation, nous avancerons dans un troisième temps trois hypothèses explicatives de cette dogmatisation.

I. LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES

la transposition
didactique
conduit à ...

Yves Chevallard définit la transposition didactique comme "le travail qui d'un objet de savoir à enseigner en fait un objet d'enseignement" (4).

Trois conséquences découlent de ce passage.

* une dépersonnalisation du savoir

On oublie trop par exemple, écrit-il, que ce que nous appelons la mécanique classique fut d'abord le savoir personnel, quasiment ésotérique, d'Isaac Newton, et que c'est des pressions de son entourage que naquirent les Principia. (5)

Cette dépersonnalisation du savoir, Yves Chevallard conclut que l'enseignant en a besoin pour être crédible. C'est comme si pour pouvoir être partagée une connaissance avait besoin d'être rendue anonyme.

une dépersonnalisation
du savoir

Notons qu'en biologie il en va de même. Il suffira de feuilleter un ouvrage scolaire pour s'apercevoir que le savoir est rarement personnalisé. Ainsi, dans deux des trois ouvrages les plus utilisés en terminale D (6), la

(4) Yves CHEVALLARD. **La transposition didactique**. Grenoble. La Pensée Sauvage. 1985.

(5) Ibid. p. 20.

(6) Les trois ouvrages de **Biologie Terminale D** analysés sont les suivants :

Collection DESIRE. Paris. Armand Colin. 1983.

Collection ESCALIER. Paris. Nathan. 1983.

Collection TAVERNIER. Paris. Bordas. 1983.

biosynthèse des protéines est développée sans qu'un seul nom de chercheur soit cité. Messieurs Jacob, Monod et Lwoff n'apparaissent pas. Et l'on pourrait renouveler cette observation pour de nombreux chapitres.

La remarque d'Y. Chevallard pourrait ainsi facilement s'actualiser en sciences biologiques. Elle serait peut-être à compléter en s'interrogeant sur les raisons de l'absence ou de la présence de certains auteurs.

* une désynchronisation du savoir

une désynchronisation
du savoir

Pour M. Verret auquel Y. Chevallard dit avoir emprunté, "une transmission scolaire bureaucratique suppose quant au savoir la division de la pratique théorique en champs de savoirs délimités donnant lieu à des pratiques d'apprentissage spécialisées, c'est-à-dire à une désynchronisation du savoir".

En biologie il en va de même. La pratique théorique que l'on trouve dans les laboratoires de recherche articule des domaines distincts qui concourent à un même objectif. Jean Bernard rappelle dans "Le sang de l'histoire" (7) que l'étude du sang ne concerne pas seulement la physiologie, la biochimie, la médecine, mais aussi l'anthropologie, la génétique et l'histoire. Sans évoquer une interdisciplinarité totalement absente des programmes à enseigner au lycée, remarquons que l'étude du milieu intérieur ou de l'immunologie en terminale ne font référence qu'à la biochimie ou la physiologie.

* une programmabilité dans l'acquisition du savoir

une programmabilité
dans l'acquisition
du savoir

Elle est la résultante des deux précédentes remarques. "La programmation des apprentissages et des contrôles suivant des séquences raisonnées permet une acquisition progressive des expertises" (8).

Ainsi l'évolution apparaît-elle dans les savoirs à enseigner en terminale, même si très tôt des questions se posent à son propos. Ainsi cet élève qui, ayant observé à l'école élémentaire qu'un pied de haricot provenait d'une graine de haricot et posant la question : "mais comment est apparu le premier haricot ?", devrait-il d'après les programmes attendre bien longtemps pour avoir une réponse à sa question.

Pourquoi ? Entre autres parce qu'aux yeux du législateur l'évolution apparaît comme une théorie synthétique qui ne peut être abordée qu'en fin d'études secondaires.

(7) Jean BERNARD. **Le sang et l'histoire.** Paris. Buchet/Chastel. 1983.

(8) cf. Yves CHEVALLARD. Op. cit. p. 57.

Y. Chevallard en s'interrogeant à propos de la transposition didactique montre qu'une décontextualisation du savoir savant conduit à une modification de son statut épistémologique lorsqu'il devient savoir à enseigner.

Il nous faut maintenant par un exemple dans le domaine des sciences biologiques éprouver la validité de cette réflexion, même si chemin faisant nous nous sommes déjà ralliés parfois à ses propos.

2. L'EXEMPLE DE LA MEMOIRE COMME OBJET DE SAVOIR SAVANT TRANSPOSE EN OBJET D'ENSEIGNEMENT

Il nous faut d'abord justifier de notre choix du champ conceptuel retenu pour l'analyse de la transposition didactique.

- Nous l'avons choisi récent afin que n'interfèrent pas de questions historiques dans notre analyse. En effet, si nous avons choisi un savoir savant âgé, le processus de transposition didactique aurait dû prendre en compte le vieillissement de ce savoir. Ainsi avons-nous regardé du côté de domaines nouveaux en biologie. En conséquence nous avons opté pour ce qui figure dans les programmes de terminale D sous le titre "l'activité cérébrale". Nous avons considéré dans ce chapitre ce qui était écrit au sujet de la mémoire.

- Pour analyser le savoir savant nous aurions dû rechercher des articles spécialisés extraits de diverses revues traitant des neurosciences.

Le nombre imposant de ces revues, le caractère focalisé de leurs contenus à des questions biophysico-chimiques ou cytologiques pointues ne nous a pas semblé de nature à constituer un savoir savant généralisant mais des savoirs savants parcellaires vis-à-vis de la question de la mémoire. Savoirs pointus non intégrés à ce jour dans les programmes de terminale.

Ainsi avons-nous considéré que l'ouvrage de J.P. Chanteux "L'homme neuronal" pouvait constituer l'ouvrage de référence pour le savoir savant que nous voulions aborder.

On pourra critiquer ce choix en suggérant que cet ouvrage ne constitue pas le savoir savant mais déjà une volonté de vulgarisation de ce savoir savant.

J'entends bien cette remarque : l'ouvrage choisi ne se situe pas à la source du processus de transposition. Cette objection me conduit à deux réflexions :

A une époque où le savoir savant n'est pas produit par un individu isolé mais en général par des équipes dans des laboratoires différents, à une époque où les équipes de recherche entretiennent des relations par les séminaires, les colloques, les congrès, les publications

les raisons du choix de la mémoire comme support d'étude de la transposition didactique

les difficultés à statuer sur :
l'origine du savoir savant
le niveau d'enseignement où l'on regarde ce que devient le savoir savant

auxquelles elles participent, où situer à coup sûr la source du savoir savant ? La date des communications scientifiques peut-elle être seule prise en compte ?

Selon qu'on situe le savoir à enseigner en classe de terminale ou au collège ou à l'école primaire, ou à l'Université, s'agit-il de la même transposition didactique ? En d'autres termes, si la source du savoir savant pose question, le niveau du savoir à enseigner n'est pas non plus indifférent.

Ainsi, parce que nous ne voulions pas qu'interfèrent des questions d'ordre historique dans l'analyse, parce que nous recherchions un savoir à enseigner pas trop éloigné conceptuellement du savoir savant, nous avons recherché le savoir à enseigner dans trois ouvrages de Terminale D publiés la même année que "L'homme neuronal". La date de publication de "L'homme neuronal" est mars 1983 ; celle du livre de Terminale D, collection Escalier, chez Nathan est de juin 1983 ; celle du manuel de la collection Désiré chez Colin est de juin 1983. Le livre de la collection Tavernier chez Bordas a été publié en mai 1983.

2.1. Analyse du savoir savant : ce qu'écrit J.P. Changeux dans l'homme neuronal

. A propos des objets mentaux

"Une des caractéristiques de l'objet mental est d'avoir une organisation à la fois locale et délocalisée. L'objet mental se situerait, pour reprendre les termes d'Atlan, entre le cristal et la fumée. Il y a liaison coopérative d'activités entre neurones, comme dans un cristal, mais ces cellules se trouvent dispersées en de multiples points du cortex, sans géométrie simple comme dans la fumée". (9)

Ainsi chaque objet mental aurait pour J. P. Changeux un équivalent sous la forme d'une assemblée de neurones.

. Mais comment s'effectue la mise en mémoire et la possibilité d'évoquer, de se rappeler cet objet mental ?

J.P. Changeux évoque d'abord l'hypothèse des circuits réverbérants :

"On ignore les mécanismes cellulaires et moléculaires précis de stabilisation et d'évocation de ces assemblées de neurones. Dans l'état actuel des connaissances, nous

(9) Jean-Pierre CHANGEUX. **L'homme neuronal**. Paris. Fayard. 1983.

sommes réduits à nous inspirer de systèmes plus simples, mieux connus au niveau neuronal ou synaptiques que le cortex cérébral. Le mécanisme le plus anciennement mentionné est celui des circuits réverbérants. Supposons que le neurone A envoie son axone vers B et que B lui renvoie la pareille. Le circuit A → B se ferme et un potentiel d'action peut, une fois lancé, se propager le long de ce circuit qui devient, de ce fait, oscillant. On sait que de telles boucles fermées existent entre le thalamus et le cortex et qu'elles interviennent dans la genèse des ondes rythmiques. Il est plausible qu'elles participent à la formation des objets mentaux, rendant ainsi solidaires cortex et thalamus. Des connexions réciproques existent également entre aires du cortex. Des circuits réverbérants de ce type peuvent aussi participer à la genèse des percepts. Les circuits réverbérants sont de courte durée et ne donnent pas lieu au processus de croissance coopérative caractéristique des objets de mémoire. Il faut donc chercher d'autres mécanismes de stabilisation des graphes de neurones qui composent les objets mentaux. Ceux-ci ne seront discriminatifs que s'ils font intervenir des contacts synaptiques, ce qui élimine d'emblée des hypothèses trop simplistes comme des substances de mémoire (acides nucléiques ou peptides) qui pourront transformer des populations entières de neurones quelle que soit la mosaïque des singularités neuronales composant l'objet mental. Le transfert de mémoire d'un extrait de cerveau expérimenté à un cerveau naïf, que ce soit chez la planaire ou chez le rat, est un non-sens. Le mécanisme de la trace doit donc être recherché au niveau des connexions elles-mêmes, c'est-à-dire des synapses". (10)

On peut faire quatre remarques à ce propos :

- J.P. Changeux indique le caractère hypothétique des connaissances dans ce domaine :

"On ignore les mécanismes cellulaires et moléculaires précis... Nous sommes réduits à nous inspirer des systèmes les plus simples".

- L'explication des phénomènes de la mémoire par les circuits réverbérants est exclue de manière catégorique :

"les circuits réverbérants sont de courte durée et ne donnent pas lieu au processus... ...chercher d'autres mécanismes de stabilisation des graphes de neurones qui composent les objets mentaux".

- J.P. Changeux qualifie de simpliste l'idée des molécules de mémoire :

(10) Ibid. p. 191.

"...ce qui élimine d'emblée des hypothèses trop simplistes comme les substances de mémoire...".

- C'est au niveau des synapses que J.P. Changeux propose de trouver le lieu de recherche des mécanismes de mémoire :

"le mécanisme de la trace doit donc être recherché au niveau des connexions elles-mêmes, c'est-à-dire des synapses".

J.P. Changeux évoque alors les mécanismes synaptiques : "Dès 1949 Hebb a proposé un mécanisme synaptique de couplage qui, malgré son succès sur le plan théorique, n'a pas encore reçu de démonstration expérimentale indiscutable. Il mérite toutefois d'être examiné avec beaucoup d'attention à la lumière de nos connaissances actuelles sur la synapse. Selon les termes de Hebb, quand une cellule A excite par son axone une cellule B et que de manière répétée et persistante elle participe à la genèse d'une impulsion dans B, un processus de croissance ou un changement métabolique a lieu dans l'une ou dans les deux cellules, de telle sorte que l'efficacité de A à déclencher une impulsion dans B est, parmi les autres cellules qui ont cet effet, accrue. En d'autres termes, la répétition de l'excitation simultanée de deux cellules modifierait l'efficacité des synapses qui les relient. La coopération de deux cellules crée une coopérativité au niveau de leurs liaisons". (11)

Ainsi, après avoir éliminé les thèses des circuits réverbérants et des molécules de la mémoire avec d'infinies précautions, J.P. Changeux en vient à proposer une explication : la coopération de deux cellules crée une coopérativité au niveau de leurs liaisons.

. En conclusion

le savoir savant est
en permanence
contextualisé

Avant d'avancer sa thèse, J.P. Changeux démontre la non pertinence de deux autres explications qui pourraient être considérées comme plausibles (les circuits réverbérants et les molécules de mémoire).

De surcroît sa thèse est avancée à titre provisoire en citant l'origine des idées sur lesquelles elle s'appuie (Hebb).

Tout au long de sa démonstration les auteurs qui ont contribué aux connaissances abordées sont cités (Hilgard, Marquis, Lorente de No...).

Ainsi peut-on conclure à la lecture de ce savoir savant qu'aucun dogmatisme ne s'affiche, les savoirs évoqués étant toujours contextualisés.

(11) Ibid. p. 191-192.

2.2. Analyse du savoir à enseigner : ce qui est écrit à propos de la mémoire dans trois ouvrages de terminale D

. Dans l'ouvrage de la collection Escalier. Edition Nathan

La page 266 de cet ouvrage reproduite ci-après (document 1) nous montre :

- le développement de l'idée de circuit réverbérant
- la référence à des molécules spécifiques, des protides que certains neurones apprendraient à synthétiser pour chaque situation donnée. N'évoque-t-on pas sans le dire des molécules de la mémoire ?
- un raccourci étonnant entre le biologique et le psychanalytique grâce... "à un système de filtrage au niveau du lobe temporal et du thalamus".

. Dans l'ouvrage de la collection Désiré. Edition A. Colin

La page 190 reproduite (document 2) met l'accent sur le stockage des informations. Rien d'étonnant alors que l'on parle de la vasopressine comme molécule de la mémoire. Et même si le rôle de cette molécule est précisé pour des animaux de laboratoire, comme le début de l'article évoque l'homme, on peut comprendre en conclusion que les molécules protéiques pourraient constituer le support moléculaire de la mémoire... chez l'homme.

. Dans l'ouvrage de la collection Tavernier. Edition Bordas

La page 217 reproduite (document 3) n'évoque pas la possibilité d'une localisation de la mémoire "même si certaines parties, jouent un rôle".

Dans tout le texte les précautions sont nombreuses : "ainsi a-t-on pensé, ... n'ont permis jusqu'à présent ni de vérifier, ni d'infirmier..."

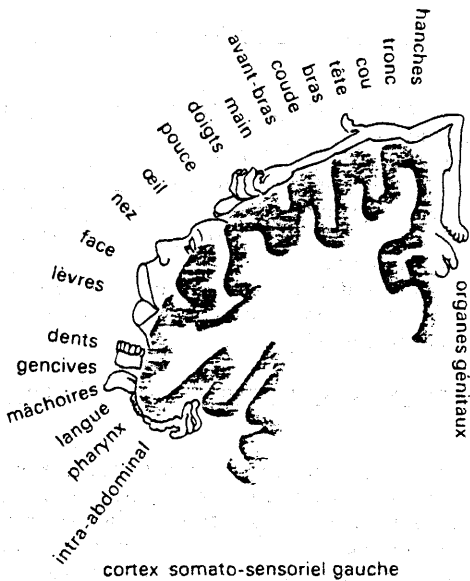
En conclusion le savoir à enseigner tel qu'il apparaît dans les trois ouvrages cités ne fait pas référence à des expériences ou des observations précises contextualisées, conduit à des généralisations parfois hâtives, ne borne pas les concepts manipulés, bref conduit à une fermeture du discours, à une dogmatisation.

Reconnaissons cependant avec G. Rumelhard (12) "que les transformations du savoir après leur première inven-

le savoir à enseigner,
le plus souvent
décontextualisé, conduit
à une dogmatisation

(12) Guy RUMELHARD. "Le processus de dogmatisation". Actes des premières journées sur l'éducation scientifique. Chamonix. 1979.

Document 1



5. L'homonculus sensitif.

prises à des réseaux de cellules, toujours les mêmes, établissant des jonctions précises et invariables où est stockée l'information : **les circuits réverbérants**.

La mémoire à court terme met en jeu le cortex cérébral. La mémoire à long terme (enregistrement durable des informations) fait appel en plus à des structures sous-corticales (système limbique, hypothalamus).

2. Les circuits réverbérants (fig. 6).

Lorsque les influx ont traversé plusieurs fois les synapses, ces dernières deviennent plus aptes à transmettre les mêmes impulsions à la fois suivante : c'est le processus de **facilitation**. Le circuit, facilité sur tout son parcours, s'appelle un **engramme** ou trace de souvenir. Cette réinjection des mêmes impulsions dans les mêmes circuits explique la mémoire à court terme. Pour la mémoire à long terme, certains chercheurs estiment qu'en plus il y aurait des modifications physico-chimiques au niveau des synapses. Certains neurones apprendraient à synthétiser des protéides spécifiques pour chaque situation donnée.

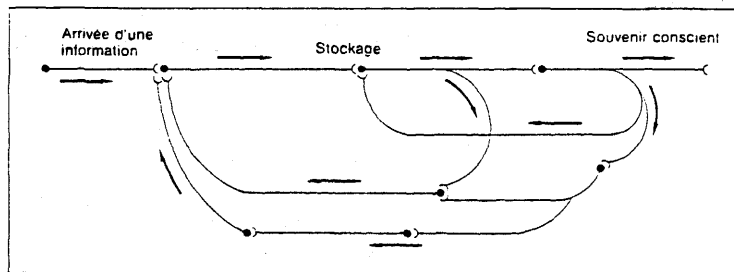
B. STOCKAGE DES INFORMATIONS : NOTION DE MÉMORISATION

1. Qu'est-ce que la mémoire ?

Si l'apprentissage est la capacité de modifier le comportement en fonction de l'expérience, la **mémorisation** est la capacité de conserver de telles modifications, et des informations, pendant un certain laps de temps, pour les restituer à la conscience lorsque les stimulus ayant provoqué le comportement se reproduisent. Les informations, en provenance des aires sensorielles, sont trans-

Un système de filtrage des informations.

Beaucoup d'informations parvenant au cortex ne donnent pas naissance à des sensations conscientes. Il existe un système de filtrage au niveau du lobe temporal et du thalamus qui, en fonction de la charge émotionnelle du message, laisse passer ou non l'information. Cette dernière ne sera donc pas perçue par la conscience (le MOI) mais refoulée dans l'inconscient (le ÇA).



6. Les circuits réverbérants.

Document 2

L'apprentissage et la mémoire

Toutes les activités psychiques de l'Homme sont le résultat d'apprentissages variés lui permettant d'acquérir des informations qui sont ensuite stockées dans la mémoire. Le processus du stockage, qui débute dans le cortex, s'effectue essentiellement dans divers centres sous-corticaux. Les informations parviennent au cerveau sous forme de potentiels d'action, mais ils ne peuvent pas être stockés sous cette forme. Ils sont traités en plusieurs étapes, dont la dernière semble se produire au cours du sommeil paradoxal. Par ailleurs, des analyses chimiques délicates de l'encéphale à différents stades de l'apprentissage montrent une augmentation de la synthèse d'ARN et de protéines. D'autre part, l'injection en petites quantités d'une molécule peptidique, la vasopressine, au cours d'expériences d'apprentissage, augmente la mémoire des animaux de laboratoire. Les molécules protéiques pourraient donc constituer le support moléculaire de la mémoire.

Mécanismes cérébraux et neuromédiateurs

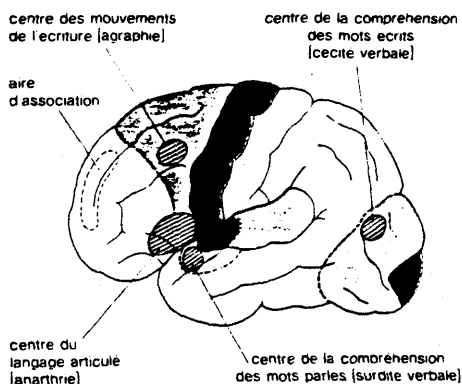
Les hémisphères cérébraux contiennent à eux seuls beaucoup plus de neurones que toutes les autres parties du système nerveux réunies. Chacun de ces neurones reçoit des informations provenant d'un grand nombre d'autres neurones, et il les transmet à son tour à plusieurs centaines d'autres neurones. Au total, ils constituent un vaste système d'association extrêmement complexe entre des fibres purement sensitives et des fibres purement motrices. Dans ce système, les synapses jouent un rôle fondamental; à leur niveau, le mécanisme d'action est essentiellement chimique. Grâce à des techniques de coloration sélective, on a pu mettre en évidence plusieurs neuromédiateurs et les localiser. On connaît les fonctions de certains d'entre eux (fig. 9).

L'acétylcholine, caractéristique de la plaque motrice des muscles, est également abondante dans le cortex et les corps striés.

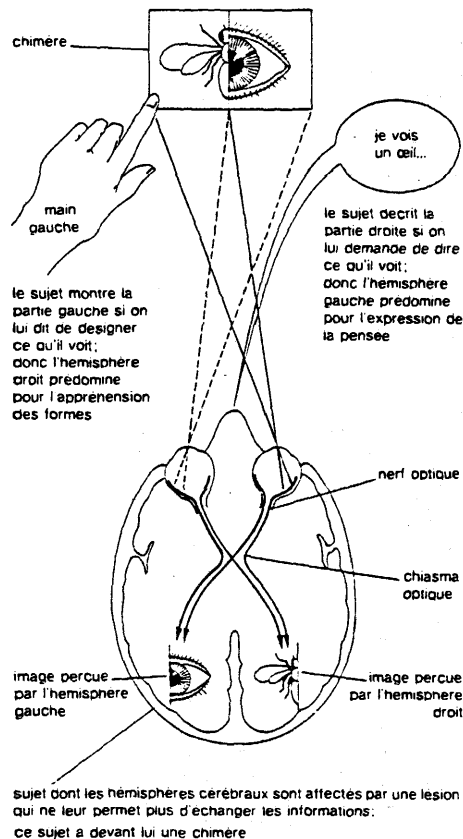
La dopamine est libérée à l'extrémité de neurones qui se terminent soit dans le cortex, où elle intervient dans le contrôle des émotions, soit dans les corps striés, où elle intervient dans la commande musculaire.

La noradrénaline provoque un état particulier, avec une activité électroencéphalographique normale, mais absence totale de toute motricité.

La sérotonine provoque le sommeil lent, et sa disparition entraine le réveil. Pendant le sommeil, la sérotonine, probablement par l'intermédiaire de l'acétylcholine, provoque une libération de noradrénaline qui déclenche le sommeil paradoxal et le réveil. Il s'établit ainsi des interrelations complexes entre le centre sécréteur de sérotonine et le centre sécréteur de la noradrénaline, qui expliquent l'alternance du sommeil lent et du sommeil paradoxal pendant la nuit.



7. Les centres du langage et, entre parenthèses, nom de la perte des facultés correspondantes.



B. Mise en évidence de l'asymétrie et de la spécialisation des hémisphères cérébraux.

V. ACTIVITÉ CÉRÉBRALE ET VIE MENTALE

A. Des localisations plus ou moins précises

La phrénologie, doctrine pseudo-scientifique qui a fait fureur au début du XIX^e siècle, enseignait non seulement que toutes les facultés de l'esprit humain étaient localisées dans le cerveau, mais encore que, lorsqu'une personne possédait une certaine aptitude intellectuelle à un haut degré, la partie correspondante du crâne présentait un développement exceptionnel et formait une protubérance. Nous savons maintenant que ces idées étaient fausses ; il n'en est resté que l'expression « avoir la bosse des maths ».

Aucune localisation cérébrale n'a jamais pu être prouvée concernant la mémoire, la volonté, les aptitudes intellectuelles ; nombreuses sont les régions du cerveau dont une lésion provoque, par exemple, une amnésie (perte plus ou moins complète de la mémoire).

Chacune des fonctions mentales ou des facultés de l'esprit ne correspondant pas à une localisation musculaire ou sensorielle sur le corps – pensée, intelligence, volonté, mémoire, aptitude aux mathématiques... – est en effet associée à des circuits nerveux complexes et certainement très étendus ; il en résulte qu'une lésion dans une partie seulement de ces circuits suffit pour altérer plus ou moins gravement la fonction dont ils sont le support matériel ; on peut donc dire que, sinon le cerveau tout entier, du moins une grande partie du cerveau est associée à chacune des fonctions mentales non localisables. Par contre, des localisations motrices et des localisations sensorielles ont été délimitées dans différentes régions des hémisphères cérébraux (fig. 8).

- **Localisations motrices** : nous les avons étudiées à propos des mouvements volontaires ; ce sont les aires motrices d'où partent les voies nerveuses motrices qui aboutissent aux muscles.

- **Localisations sensorielles** : ce sont les régions de l'écorce cérébrale qui sont nécessaires aux sensations et perceptions. Nous avons étudié les relations de l'aire visuelle cérébrale avec la rétine ; il existe également des aires correspondant à l'ouïe, à la sensibilité corporelle (ou sensibilité générale) cutanée et proprioceptive, à l'olfaction, à la gustation, qui sont respectivement en relation avec l'oreille interne, la peau et les récepteurs sensoriels des

muscles et des articulations, la muqueuse olfactive du nez, la muqueuse de la langue.

Le langage comporte des localisations dans la mesure où il met en jeu une activité musculaire (pour parler ou pour écrire) ou sensorielle (pour écouter quelqu'un qui parle ou pour lire) ; mais la pensée qui sous-tend le langage n'est pas localisable. Nous reviendrons d'ailleurs plus loin sur les problèmes du langage.

B. La mémoire

Deux problèmes se posent au sujet de la mémoire : sa localisation et son (ou ses) mécanisme(s).

- Des expériences réalisées chez des animaux, et des observations faites chez l'homme sur des cerveaux de malades amnésiques et lors de stimulations électriques du cortex cérébral, n'ont jamais permis de montrer une localisation de la mémoire dans telle ou telle région des hémisphères cérébraux. Diverses parties du cerveau, appartenant à l'écorce cérébrale et aux noyaux de la base, jouent un rôle dans la mémoire.

- Quant au mécanisme, il est probable que la mémoire dépend à la fois de circuits neuroniques complexes et de réactions chimiques. L'injection d'un inhibiteur de la synthèse des protéines, entraîne une baisse de la mémorisation chez un animal lors d'un apprentissage ; aussi a-t-on pensé que chaque fait mémorisé correspondait à la formation d'une protéine particulière dans le cerveau. Mais les expériences réalisées à ce sujet chez les animaux (car elles ne sont évidemment pas possibles chez l'homme) n'ont permis jusqu'à présent ni de vérifier ce mécanisme, ni d'infirmier l'hypothèse.

C. Le langage

Le langage est le moyen par lequel les hommes se communiquent entre eux leurs pensées. Il présente à la fois un aspect sonore (parler, entendre) et un aspect visuel (écrire, lire).

1. Les centres du langage

- Certaines personnes présentent des troubles du langage, que l'on appelle des **aphasies**. Il existe quatre formes d'aphasies. Deux sont des formes motrices : l'**anarthrie** (le malade ne peut pas

tion et ceci du fait des savants eux-mêmes et des enseignants... permet de distinguer parfois... une refonte positive dans la mesure où elle correspond à une clarification, une meilleure transformation, une meilleure appréciation d'une découverte, de son importance, des ruptures et des modifications qu'elle introduit dans tous les domaines".

3. PROPOSITION D'HYPOTHESES PERMETTANT D'EXPLIQUER LA FERMETURE DU DISCOURS A LAQUELLE CONDUIT PARFOIS LA TRANSPPOSITION DIDACTIQUE EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Nous l'avons constaté, la transposition didactique conduit en sciences biologiques à une dogmatisation du savoir à enseigner.

Quelles en sont les raisons ?

Nous en envisagerons trois :

- des raisons socio-politiques qui tiennent au statut général de la science dans la société,
- des raisons institutionnelles qui tiennent à l'absence de liens entre les lieux et les personnes qui élaborent le savoir savant (les laboratoires) et les lieux et les personnes qui définissent les savoirs à enseigner (ce que Y. Chevallard baptise la noosphère, et où se rencontrent les représentants du système d'enseignement et les représentants de l'instance politique décisionnelle et exécutive du Ministère),
- des raisons épistémologiques qui tiennent au statut des sciences biologiques chez lesquelles les notions de cause et de loi occupent une position particulière par rapport aux autres disciplines.

3.1. Les raisons socio-politiques

Elles peuvent être décomposées en quatre tableaux.

La science est pour le grand public constituée par un ensemble de connaissances objectives, rigoureuses, universelles qui s'opposent ainsi à la philosophie, l'art ou la politique.

De là l'idée que la science est indépendante des systèmes sociaux et économiques au niveau de sa recherche de la vérité. La science peut alors servir de fondement à la morale. Le bien découle du vrai.

Dès lors qu'elle ne peut prêter le flan à la critique, que ses vérités sont universelles, la science justifie une hiérarchisation des sociétés telle que ceux qui savent peu-

la dogmatisation
caractéristique du
savoir à enseigner
est à rechercher ...

au niveau
socio-politique ...

vent décider pour les autres. Dans le domaine de l'enseignement, seul l'enseignant sait.

Si l'enseignant sait la vérité (qui peut être confondue avec le bien) alors toute son action doit le conduire à faire pénétrer l'élève dans le temple du savoir scientifique, édifice solide, stable, universel, qu'il ne convient pas de discuter. L'enseignement devient une initiation à un dogme.

Dans cette apparente logique, la dogmatisation caractéristique de la transposition didactique trouverait ses sources dans le statut de la science dans la société. Statut qui en toile de fond s'appuierait sur un scientisme réducteur.

3.2. Les raisons institutionnelles

Le dogmatisme serait lié au manque de relations institutionnelles entre la noosphère et les savants.

au niveau
institutionnel ...

On peut remarquer en effet que les cabinets ministériels ou l'Inspection générale qui composent généralement les programmes n'ont aucun lien institutionnel avec les laboratoires de recherche.

Ainsi les Inspecteurs généraux ne sont jamais d'anciens chercheurs fondamentalistes et ils n'ont du savoir savant que la connaissance qu'en ventilent les ouvrages de vulgarisation scientifique.

Comme ces Inspecteurs généraux sont très souvent avec les Inspecteurs pédagogiques régionaux les auteurs des manuels scientifiques, alors le savoir à enseigner tire ses origines des ouvrages de vulgarisation forcément simplificateurs et dogmatiques par rapport aux compte-rendus de recherche de première main qui ne se contentent pas de résultats mais détaillent la méthodologie, les expériences entreprises, les techniques, la problématique et la bibliographie du chercheur.

3.3. Les raisons épistémologiques

au niveau
épistémologique :

Nous avons recherché des raisons externalistes pour tenter d'expliquer la dogmatisation précédemment identifiée dans la transposition didactique en science biologiques.

Nous voulons maintenant rechercher des raisons internalistes à cette dogmatisation qui tiendraient au statut épistémologique des sciences biologiques.

. La biologie est une science du complexe

Nous pensons que le dogmatisme peut puiser ses sources au niveau de l'objet des sciences biologiques, un être vivant ne pouvant pas être réduit à une structure

la biologie est une science du complexe ...

chimique.

Nous pensons de surcroît que les méthodes en sciences biologiques peuvent elles aussi expliquer la dogmatisation de la transposition didactique.

La biologie est une science du complexe au niveau de son objet :

* Les êtres vivants ne peuvent être pensés uniquement comme des structures chimiques : à ce jour on n'est pas parvenu à reconstruire un ensemble synthétique commandé par un jeu d'A.D.N. Au mieux a-t-on construit des coacervats qui assimilent du glucose et des acides aminés mais qui à un certain moment éclatent. De sorte, rappelle M. Delsol (13), que sans participer à un quelconque vitalisme on peut parler de super-chimie pour caractériser les propriétés des êtres vivants.

Albert Lehninger, un biochimiste, écrit dans ce sens : *"les molécules formant les organismes vivants non seulement se conforment à tous les principes physiques et chimiques qui nous sont familiers et qui gouvernent le comportement de la matière inanimée, mais de plus elles interagissent les unes avec les autres suivant un ensemble de règles que nous pouvons désigner collectivement sous le terme de logique moléculaire de l'état vivant. Ces principes n'impliquent pas nécessairement l'existence de forces ou de lois physiques nouvelles ou non encore découvertes. En fait, on peut les considérer comme un ensemble de règles qui gouvernent la nature, le fonctionnement, les interactions des molécules spécifiques trouvées dans les organismes vivants et qui leur confèrent la capacité d'auto-organisation et d'auto-reproduction"*. (14)

quant à son objet

Cette super-chimie se manifeste à plusieurs niveaux : les êtres vivants sont des structures d'une autre nature pour M. Delsol que les structures chimiques, parce qu'elles sont hétérogènes, "c'est-à-dire composées de structures de base souvent très différentes et agencées les unes par rapport aux autres de telle façon qu'elles seront capables d'effectuer un travail déterminé souvent très particulier". (15)

Une branchie, un poumon de mammifère ou d'oiseau (avec ses sacs aériens), un fragment de peau sont de structures hétérogènes qui accomplissent cependant la même fonction de respiration.

Par ailleurs chaque partie du système que constitue un

(14) A. L. LEHNINGER. *Biochimie*. Paris. Flammarion. 1977.

(15) cf; Michel DELSOL. op. cit. p.33.

être vivant a une fonction au sein d'un tout et cependant le tout est plus que la somme de ses parties.

* Les êtres vivants sont très différents des structures inertes à cause d'un important turn-over (le changement constant de la grande majorité des éléments qui les constituent). La durée de vie d'une cellule intestinale est de quelques jours, celle d'une hématie de quelques mois...

* Les êtres vivants sont capables de transmettre de l'information presque de manière parfaite, puisque le code de l'ADN se transmet sans grande erreur des parents aux enfants.

* Les êtres vivants possèdent des possibilités d'évolution qui peuvent se réaliser ou non. On parle de possibilités contingentes parce qu'elles ne sont pas nécessaires, et n'auraient pas eu lieu si les circonstances avaient été différentes.

* Les êtres vivants sont caractérisés par la téléonomie : ils paraissent en effet finalisés. La structure, la formation et le développement de tout être vivant paraissent répondre à une programmation interne indépendante de toute volonté extérieure. Ainsi tout vivant a une morphogénèse autonome.

La biologie est une science du complexe au niveau de ses méthodes d'étude.

Jeanne Parain-Vial (16) dénombre cinq difficultés de l'étude des êtres vivants :

- toute recherche expérimentale isole l'individu de son milieu naturel ; ainsi devrait-elle être précédée d'observations minutieuses de celui-ci dans son milieu de vie.
- ce que l'on observe sur une espèce n'est pas directement extrapolable à l'ensemble des être vivants.

Canguilhem (17) note que la caféine - inactive sur le muscle strié de la grenouille verte - est très active sur le même muscle lésé. Et ce qui est vrai de la grenouille verte ne l'est pas de la grenouille rousse : l'action de la caféine sur le muscle intact de la grenouille rousse est immédiate.

Chez le chien la fracture osseuse se répare par un cal

quant à sa méthode

(16) Jeanne PARAIN-VIAL. **Philosophie des sciences de la nature.** Paris. Klincksieck. 1983.

(17) Georges CANGUILHEM. **La connaissance de la vie.** Paris. Vrin. 1975.

qui passe par trois stades : conjonctif, cartilagineux et osseux. Chez l'homme il n'y a qu'un seul stade osseux.

- l'organisme est un tout et un tout vivant. La gastrectomie (ablation de l'estomac) n'a pas que des répercussions digestives, mais aussi génitales et hémato-poïétiques.

- l'étude de la matière vivante s'applique presque toujours à un matériel dont la vie a été chassée. Le comportement des macro-molécules in vivo n'est pas obligatoirement le même que celui des mêmes macro-molécules in vitro.

- il y a une irréversibilité des phénomènes biologiques qui vient limiter la possibilité de répéter ou de reconstituer les phénomènes constatés.

. Les concepts de cause et de loi en biologie

La notion de cause occupe une place particulière en biologie.

Cuénot dès 1941 expliquait qu'en biologie à cause du phénomène de la téléonomie, les scientifiques ne pouvaient que répondre au comment des phénomènes et non à leur pourquoi que seul le métaphysicien abordait.

Par ailleurs on peut se demander si le scientifique explique vraiment le comment des phénomènes. On peut en douter parce que les scientifiques se limitent très souvent à une cause explicative alors qu'il peut y en avoir d'autres pour un phénomène donné.

M. Desol prend l'exemple des canards chez lesquels les testicules sont petits à l'entrée de l'hiver, grossissent au début du printemps, sont énormes au moment de la reproduction et redeviennent petits peu de temps après. Si on leur enlève l'hypophyse on ne constate plus de développement des testicules au printemps. Qu'est-ce qui alors entraîne le développement des testicules au printemps ? Si on place un capuchon au canard au printemps pour l'empêcher de voir, il n'y a pas de développement des testicules. Ainsi en déduit-on un enchaînement causal du type :

luminosité → sécrétion hypophysaires → testicule.

Mais en fait on accepte aujourd'hui ces explications alors que l'on ne s'est pas intéressé à l'action de la température ou de l'humidité,...

Dès lors qu'il a isolé une cause, le scientifique a tendance à s'en satisfaire.

La notion de loi en biologie occupe elle aussi une position particulière.

La cause est synonyme de facteur déterminant. On dira par exemple que la cause de la pénétration de l'eau à l'intérieur d'une cellule est liée à la différence de pression osmotique entre l'intérieur et l'extérieur de cette cellule.

La loi nous donne le rapport numérique entre l'effet et

la notion de cause
occupe en biologie
une place particulière

la notion de loi
occupe en biologie
une place particulière

la cause. Les lois en sciences physiques sont mathématisées.

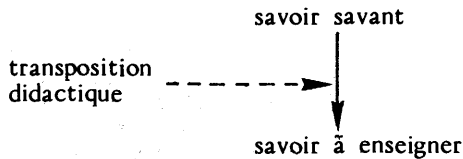
Les biologistes ne manipulent que quelques lois (la loi de Dollo ou de l'irréversibilité de l'évolution, les lois de Mendel, les lois de Hardy-Wienberg en génétique des populations) ; et ces lois n'ont le plus souvent qu'une réalité statistique.

En conclusion de ce bref aperçu épistémologique, nous faisons l'hypothèse que les principes explicatifs en biologie qui se traduisent par les notions de cause et de loi ne sont pas aussi objectivables ni parfois aussi rigoureux que dans les autres sciences exactes. Cet état de fait se traduit par une fermeture du discours explicatif au niveau du savoir à enseigner. Les expériences relatées au niveau du savoir à enseigner ont alors une fonction de corroboration plus que de falsification.

Le statut épistémologique spécifique des sciences biologiques tel que nous venons de le montrer dote alors la biologie à enseigner d'une sorte de privilège pédagogique et culturel qu'il conviendrait d'explicitier dans l'enseignement et non de masquer. Il conviendrait ainsi à travers l'enseignement d'aborder la place du concept de téléonomie, ou de la notion de hasard, bref de s'interroger sur le statut de l'explication et de l'interprétation. Nous suggérons de regarder comment le savoir à enseigner aux différents niveaux d'enseignement peut générer une réflexion de nature épistémologique.

La tâche est ardue, mais l'enjeu de taille qui permettrait un point entre la science et l'éthique.

Pour retourner à notre propos original, reconnaissons qu'à la suite d'Y. Chevallard nous n'avons abordé le concept de transposition didactique que dans la filiation résumée ci-dessous.



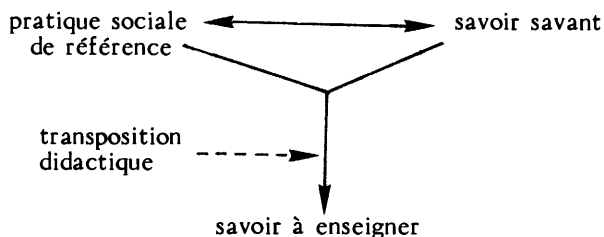
Nous voudrions ajouter trois remarques à cette approche de la transposition didactique telle que la propose Y. Chevallard.

1. Il serait possible de considérer dans le travail qui s'effectue sur un savoir savant pour qu'il devienne savoir

et si dans la transposition didactique on prenait en compte les pratiques sociales de référence ...

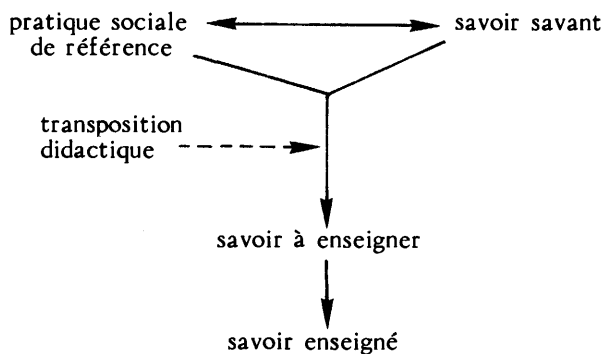
à enseigner les modifications sémiologiques du discours en plus des modifications épistémologiques. Il conviendrait par exemple de comparer les schémas des modèles développés, les figures de rhétorique utilisées à propos d'un même savoir, dans les articles de revues scientifiques et dans les manuels scolaires.

2. La transposition didactique s'intéresse au passage du savoir savant au savoir à enseigner sans considérer que le savoir à enseigner pourrait entretenir des rapports avec des pratiques sociales de référence selon le schéma suivant :



Cette non prise en compte des pratiques sociales de référence est-elle spécifique au domaine des mathématiques ? En tous les cas une réflexion d'envergure serait à conduire en biologie à ce propos. Quelles pratiques sociales de référence peuvent permettre de fonder, en liaison avec les savoirs savants correspondants, les savoirs à enseigner ? Répondre à cette question élargirait sans doute la noosphère à la société dans son ensemble.

3. La transposition didactique à notre sens gagnerait pour être davantage féconde à s'intéresser au passage du savoir à enseigner au savoir enseigné, tant il est vrai qu'avec le même savoir à enseigner les pratiques sont différentes.



Ce dernier maillon de la chaîne est en soi un champ d'analyse et de réflexions. Son élucidation réintroduit la notion de contrat didactique et en dernier ressort le destinataire ultime du savoir savant et du savoir à enseigner : l'apprenant.

Michel DEVELAY
Ecole normale de Bourg en Bresse
Equipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP.