



Quatrième École Thématique du CNRS sur les EIAH

Simulation, réalités virtuelles et augmentées pour les apprentissages professionnels

Du dimanche 2 au vendredi 7 juillet 2006 à La Grande Motte

Cours 2 - Fondements ergonomiques et didactiques

2.2. Analyse longitudinale d'un apprentissage

Pierre Pastré

Apprendre par l'action, apprendre par la simulation

Pierre Pastré

Professeur titulaire de la chaire de communication didactique

La didactique professionnelle étudie le rôle de l'analyse du travail dans la formation des compétences professionnelles. C'est à ce titre qu'elle s'est intéressée à l'apprentissage à l'aide de simulations. Cela a donné lieu à un ouvrage : *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels*, P. Pastré (dir), 2005, Toulouse, Octares, qui fait le point sur la question. On s'est intéressé aussi bien aux gros systèmes (conduite de centrales nucléaires, pilotage d'avions) qu'aux systèmes plus simples : tailler la vigne, piloter une grue de chantier, réparer un tableau électrique du métro, apprendre à souder avec une torche virtuelle, etc.

En vérité, quand on cherche à voir comment on utilise des simulations pour apprendre, on découvre beaucoup de choses sur l'apprentissage professionnel en général. Je propose donc de faire une revue de la question, en insistant non pas sur les objets, mais sur les démarches d'apprentissage et en présentant cette revue comme un voyage, qui décrit les différentes étapes qui ont été parcourues.

1/ Les points de départ

En réalité, il faut admettre qu'il y a deux points de départ, qui correspondent à deux manières d'envisager l'apprentissage de la pratique. La **première source** peut être résumée ainsi : on apprend la pratique par l'exercice de la pratique. Autrement dit, il faut faire pour savoir faire. Deux points sont ici importants : 1/ le rôle de l'imitation d'autrui. L'apprentissage par l'exercice de la pratique se fait rarement en solitaire, au moins au début de l'apprentissage. Dans la plupart des cas, on regarde faire et on cherche à reproduire. L'apprentissage pratique des apprentis se fait ainsi, dans le cadre d'un couple tuteur – apprenti : le tuteur fait, l'apprenti reproduit¹. 2/ La part de l'analyse du travail est ici minime. Pourquoi en effet se fatiguer à faire une analyse poussée ? On n'a pas besoin d'analyser pour reproduire. Au mieux les tuteurs vont chercher à montrer leurs gestes, pour que les apprentis puissent les reproduire plus facilement.

Dans cette optique pourquoi utiliser une simulation ? L'apprentissage sur le tas ne va-t-il pas suffire ? C'est vrai, sauf dans un cas : quand l'apprentissage pratique ne peut pas s'effectuer directement sur le tas pour des raisons de sécurité (ou de coût). Car l'apprentissage pratique entraîne des erreurs et on ne peut pas se permettre de prendre le risque d'accidents qui peuvent être graves pour former par la pratique des conducteurs de centrales nucléaires ou des pilotes d'avions. En conséquence, les simulateurs utilisés sont des gros systèmes, des simulateurs de pleine échelle (*fullscale*), dont la principale propriété est leur fidélité technique. On pense que plus le simulateur est conforme au réel, plus facile et efficace sera l'apprentissage pratique. On est donc dans une philosophie réaliste de la simulation : le simulateur a pour fonction d'être un substitut du réel. Et on va chercher à lui faire jouer le même rôle que joue l'apprentissage sur le tas : regarder faire et reproduire.

La **deuxième source** est profondément différente. On part de l'idée qu'on apprend la pratique en résolvant les problèmes contenus dans le travail. Car le travail comporte des situations – problèmes, qu'en ergonomie on définit de la façon suivante : ce sont des

¹ Le schéma est ici très simplifié. Pour plus de précisions, voir Kunegel (2005) : L'apprentissage en entreprise : l'activité de médiation des tuteurs, *Education Permanente*, 165, 127-137.

situations pour lesquelles il n'existe pas de procédure connue du sujet pour atteindre la solution à tout coup. Remarquons que cette définition est à double détente : dans certains cas, il n'existe pas de procédure effective tout court ; la solution ne peut venir que de l'usage d'heuristiques. Dans d'autre cas, l'existence du problème est liée à la compétence de l'acteur : ce qui est problème pour un novice ne le sera plus pour un opérateur confirmé. Les problèmes dans le travail sont relativement rares. Par exemple dans le travail industriel, on va chercher à procéduraliser tout ce qui est susceptible de l'être. C'est un principe d'économie cognitive : la résolution de problèmes est une activité coûteuse dont l'issue est incertaine. L'organisation du travail et même la formation concourent à supprimer ces situations à problèmes, soit en organisant le travail autrement, soit en augmentant la compétence des acteurs. Mais voilà ! le réel résiste et on n'arrive pas à éradiquer les situations – problèmes, même dans des tâches très procéduralisées.

Pourquoi établir une relation aussi étroite entre apprentissage et résolution de problèmes ? La raison est double : 1/ Quand un opérateur rencontre un problème, il faut qu'il commence par faire un diagnostic de situation, c'est-à-dire qu'il opère un minimum d'analyse. Or ce diagnostic repose sur ce que j'appelle une conceptualisation pragmatique : on ne fait pas forcément appel à des concepts scientifiques. Mais il faut bien savoir dans quelle classe de situations on se trouve pour pouvoir ajuster son action. Ce repérage implique une conceptualisation dans l'action. 2/ En faisant cela, l'opérateur s'aperçoit qu'il est capable, non seulement de mobiliser les ressources cognitives dont il dispose, mais encore de les reconfigurer pour en créer de nouvelles, mieux adaptées à la situation nouvelle qu'il rencontre : il se perçoit en flagrant délit d'apprentissage ! Car ici l'apprentissage ne consiste pas à reproduire une procédure ou un geste. Il consiste à inventer une solution, une procédure, une démarche, une méthode, à partir certes de matériaux dont il dispose, mais en leur donnant une forme nouvelle. La première conception de l'apprentissage était reproductive. La conception présente est constructiviste.

En conséquence, dans cette deuxième approche, on va construire des simulateurs qui mettent en scène un ensemble de situations liées à un ensemble de problèmes. Dans ce cas, quel est l'intérêt de la simulation ? Il est qu'elle va permettre un maximum d'interactivité. On peut d'ailleurs penser que c'est là l'apport essentiel des TIC, les (nouvelles) technologies de l'information et de la communication. Dans une étude de cas, la mise en scène demeure statique. Dans les simulations de résolution de problème, la mise en scène est dynamique : la situation «répond » à toutes les opérations de l'acteur. Mais remarquons que les «réponses » de la situation demeurent pratiquement toujours ambiguës. On peut le regretter, mais une réponse non ambiguë ferait très vite disparaître le problème et réduire la situation à un système stimulus – réponse.

2/ Première étape : naissance et développement des simulateurs de résolution de problèmes

21- Quelques références théoriques

J'en retiendrai deux : 1/ La conceptualisation dans l'action (Piaget, Vergnaud). J'ai développé ailleurs ce que j'ai retiré de ce courant théorique pour la didactique professionnelle (Pastré, 1999, 2005). Je me contenterai ici d'un simple rappel. L'apprentissage pratique y est vu d'un point de vue constructiviste : quand on a un vrai problème à résoudre, on mobilise ou on construit des concepts pragmatiques, qui ont pour fonction de guider l'action en permettant un bon diagnostic de situation. Ces concepts ne sont pas forcément scientifiques, ils peuvent avoir été élaborés au sein même d'un métier et rester cantonnés à ce métier. Mais ils peuvent être aussi d'origine scientifique : dans ce cas, ils ont besoin d'être «pragmatisés ». Quand Ochanine observe les représentations figurées de médecins spécialistes de la thyroïde, en les

comparant à celles de médecins novices généralistes, il constate que les représentations des spécialistes sont à la fois déformées et simplifiées, car elles donnent à voir leur démarche de diagnostic : leurs connaissances ont été « pragmatisées ». 2/ La théorie des situations de Brousseau (1988). C'est un emprunt que la didactique professionnelle fait à la didactique des mathématiques. Brousseau propose de renverser le triangle didactique traditionnel : un élève – un enseignant – un savoir à enseigner ; avec l'idée que l'apprentissage ne se réduit pas à une transmission de savoir. L'idée centrale de Brousseau est qu'on apprend des situations, qu'il appelle « adidactique », parce que pour un apprenant le but de son action est simplement de résoudre le problème présent dans la situation à laquelle il fait face. Le triangle didactique devient donc : un acteur, une situation, des connaissances à mobiliser pour transformer la situation. Ainsi l'accent est déplacé de l'enseignement vers l'apprentissage. L'enseignant a-t-il disparu ? Non, mais il s'efface, il devient un metteur en scène de situations, qui sont choisies avec soin pour obliger l'apprenant à mobiliser, parmi ses connaissances, le savoir qu'on veut lui faire apprendre. Or, dans un apprentissage par la simulation, la place des situations est centrale, l'instructeur ayant essentiellement un rôle de metteur en scène et d'accompagnateur.

22 – La place de l'analyse du travail

Un simulateur de résolution de problèmes ne peut pas se construire sans une analyse du travail approfondie. Il faut identifier les problèmes présents dans le travail avant de les mettre en scène. Car, la simulation ne retenant de la situation de travail que la mise en scène du problème sur lequel on veut faire travailler les apprenants, il faut s'assurer que le problème mis en scène est bien le même que celui qu'on a repéré dans le travail. Quand on a affaire à des simulateurs de pleine échelle, c'est-à-dire quand on est dans une approche réaliste où le simulateur fonctionne comme substitut du réel, aussi paradoxal que cela puisse paraître, l'analyse du travail n'est pas indispensable, car le but est d'apprendre le travail, par la reproduction et l'imitation. Quand on a affaire à des simulateurs de résolution de problèmes, le but n'est plus exactement le même : on ne cherche pas à apprendre le travail dans sa globalité, on apprend plutôt la résolution de problèmes tirés d'une situation de travail. D'un côté la démarche est plus réductrice : on fait par exemple abstraction de l'apprentissage des gestes, des procédures dans leur détail, pour se concentrer sur la structure conceptuelle de la situation. D'un autre côté, la démarche est plus généraliste : le but est l'apprentissage d'une démarche, d'une méthode, dont on pense qu'elle pourra se transférer à des domaines voisins. Mais il n'empêche que cette démarche va se déployer, non pas dans l'abstrait, mais dans un cadre qui est celui d'une situation de travail avec ses caractéristiques. Seule une analyse du travail, comme préalable à la construction du simulateur, peut nous assurer que le problème mis en scène est bien le même que le problème du travail. Dans ce cas, comme le disent Rogalski et Samurçay : « On ne simule pas le réel. On simule le problème » (1992).

23 – Deux exemples de simulateurs de résolution de problèmes

La taille de la vigne (Caens-Martin, 1999, 2005) est une activité qui consiste à réserver deux baguettes parmi tous les sarments de l'année, à partir de critères multiples (vigueur, position, etc.) et à supprimer toutes les autres. Le problème présent dans la situation est qu'il faut prendre en compte deux objectifs, l'un à court terme (produire du raisin pour une année), l'autre à long terme (maintenir une évolution équilibrée du cep sur plusieurs années). Il y a ainsi deux concepts pragmatiques qui organisent le diagnostic : les concepts de charge et d'équilibre, qui correspondent aux deux objectifs. Or il peut y avoir contradiction entre ces deux objectifs : comment choisir ? Quel but privilégier ? Le simulateur va mettre en scène un ensemble de situations qu'on peut regrouper en trois classes : 1/ des situations simples et prototypiques : le cep est équilibré, c'est le concept de charge qui guide le diagnostic, 2/ des

situations un peu plus complexes et moins fréquentes : le cep n'est pas équilibré, il faut sacrifier la charge de l'année et tailler pour rétablir l'équilibre du cep, 3/ des situations qui peuvent être très complexes, où les deux dimensions, charge et équilibre, sont engagées et où il faut trouver le ou les compromis les plus adéquats. On voit par parenthèse que lorsqu'on passe de la situation au problème qu'elle porte, on transforme une variété empirique de cas en une variation (plus ou moins) ordonnée d'occurrences par rapport à quelques variables.

L'apprentissage du soudage avec une torche virtuelle (Mellet d'Huart, 2005) pose un problème rencontré par tous les débutants : les apprentis soudeurs ont du mal à contrôler la qualité du cordon de soudage qui résulte de leur geste, parce qu'ils voient très mal la situation : ils doivent protéger leur vue des gerbes d'étincelles qui les éblouissent. D'où l'idée de faire un apprentissage par alternance : des exercices de soudage réel et des exercices avec une torche virtuelle, où le cordon (virtuel) est bien visible et peut être contrôlé facilement. Du coup, le problème est déplacé : au lieu d'être obligé d'apprendre un geste sans avoir un retour informationnel précis², les novices apprennent un geste dans son organisation globale, avec sa dimension perceptive articulée à sa dimension motrice. Il va alors apparaître que la qualité de l'action dépend d'un certain nombre de variables : les différents angles définissant la position de la torche, la vitesse de déplacement, les appuis, etc. On peut également faire varier les situations selon que le soudage s'effectue sur un plan horizontal, vertical, oblique. Là encore en passant de la situation au problème, un ensemble de situations variées est transformé en un ensemble de variations ordonnées.

24 – Les trois caractéristiques d'une simulation de résolution de problème

1. La fidélité : il s'agit de la fidélité du problème mis en scène dans la simulation par rapport à la situation professionnelle de référence.
2. L'élargissement de la classe de situations, qui constitue une prise de distance par rapport à la situation de travail. Dans le travail, il y a des situations prototypiques qui se reproduisent avec une fréquence élevée. Souvent la compétence des opérateurs se réduit à savoir traiter ces situations-là. Avec la simulation, on va élargir la gamme, à la fois vers des situations plus atypiques (situations incidentelles, accidentelles et, d'une manière générale, tous les régimes dégradés) et vers des situations plus complexes, notamment les cas où il faut mobiliser une compétence vraiment critique. On peut exprimer cela en disant qu'on transforme un champ professionnel (un ensemble de situations diverses rencontrées dans le travail) en un champ conceptuel : d'une variété empirique on passe à une variation ordonnée autour de quelques dimensions mises en lumière par l'analyse du travail.
3. La transformation des conditions de l'action et de la prise d'information, pour moduler la complexité et son apprentissage. On ne se contente pas de reproduire au plus juste les conditions du travail : on va délibérément les faire varier. C'est ce qu'on appelle des variables didactiques. On peut faire varier les conditions de l'action, les conditions de la prise d'information, les conditions de la métacognition (informations fournies pour faciliter une analyse réflexive de sa propre activité). Les deux exemples que j'ai présentés ont tous deux mis en œuvre des variables didactiques portant sur la prise d'information : la torche de soudage permet de voir le cordon à mesure qu'il se forme. Le simulateur de taille de la vigne permet de visualiser le résultat d'une option de taille pour une année N+1 (en supposant qu'il n'y ait pas de transformation aléatoire de la situation).

² Ce qui a tendance à réduire le geste de soudage à une simple opération d'exécution manuelle sans opération de contrôle par prise d'information sur la situation : le schème est alors réduit à sa dimension motrice en oubliant sa dimension perceptive, qui en fait une totalité « perceptivo-gestuelle ».

3/ Deuxième étape : revisiter les simulateurs pleine échelle

Les métiers du nucléaire et de l'aviation utilisent depuis longtemps les simulateurs pleine échelle pour la formation, initiale et continue, de leurs agents et pilotes. Cet usage est fait en donnant satisfaction à la majorité des acteurs, instructeurs et personnels en formation. Pourtant, quand avec R. Samurçay et P. Plénacoste nous avons effectué une très longue recherche sur l'apprentissage de la conduite de centrales nucléaires sur simulateurs pleine échelle³, nous avons pu constater qu'il y avait un problème. Pour des raisons pratiques, la formation est organisée par tranches de 3 heures : 3 heures sur simulateur ; 3 heures de briefing et debriefing en salle. Les 3 heures de simulateur étaient très bien vécues, par les apprenants et par les instructeurs, au point que l'équipe suivante était souvent contrainte de « chasser » l'équipe précédente pour disposer de ses 3 heures pleines. Par contre, les séances en salle, qui étaient principalement des séances de debriefing, posaient beaucoup de problèmes, et surtout aux instructeurs. Ces derniers éprouvaient de grandes difficultés à analyser et à faire analyser ce qui s'était passé pendant la séance sur simulateur, surtout quand il s'agissait de novices. Aussi nombreux étaient les instructeurs qui transformaient ce temps d'analyse en une séance de cours⁴ ou de révision des procédures. Ceci nous a amenés à nous pencher de façon approfondie sur la question du debriefing et de son rôle dans l'apprentissage.

J'utiliserai le terme de debriefing au sens large : il désigne toutes les séquences qui ont pour but, après l'action, d'amener les apprenants à une analyse réflexive (et rétrospective) de leur propre activité. Le debriefing au sens large regroupe les entretiens d'auto-confrontation, les debriefings au sens étroit (en groupe et sous la direction de l'instructeur), voire les retours d'expérience. Nous avons constaté que ce debriefing (au sens large) était un moment essentiel pour l'apprentissage : analyser son activité après coup devient un instrument incomparable pour apprendre. De plus, on n'apprend pas les mêmes choses pendant l'action et au moment du debriefing, en sorte que les deux formes d'apprentissage, apprentissage pendant l'action et apprentissage par l'analyse de l'action, en viennent à se combiner et à s'épauler l'une l'autre.

31 – Un exemple

De jeunes ingénieurs en formation professionnelle initiale apprennent sur simulateur pleine échelle le démarrage de l'installation. Il existe des moments critiques dans cet apprentissage, où le fonctionnement de l'installation est assez instable et demande attention et habileté. Le basculement, à faible puissance, d'un circuit d'eau du système secondaire à un autre plus puissant est un de ces moments critiques, car il se manifeste par un épisode de déséquilibre transitoire. Les jeunes ingénieurs en formation ont bien préparé leur affaire (moment de briefing) : ils se doutent de ce qui les attend et décident de monter en puissance l'installation pour être plus confortables. Or par ce choix ils vont mettre l'ensemble de l'installation en déséquilibre structurel. Et cela, sans s'en rendre compte : le circuit primaire va produire de la puissance que le circuit secondaire n'arrivera pas à absorber. On passe à l'action et la conduite de la tranche devient une galère : le caractère dynamique du système les prend à contre-pied. Ils réagissent soit en retard, soit à contretemps. L'épisode se termine par un arrêt d'urgence. L'instructeur leur propose de rejouer l'épisode (avantage du simulateur : le temps est – partiellement – réversible) : ils refont les mêmes erreurs.

On passe alors au debriefing (au sens large). L'intervention des chercheurs dans le dispositif de formation avait amené une modification importante : on a intercalé entre la séance sur simulateur et le debriefing en groupe des entretiens d'auto-confrontation, qui

³ En réalité, notre recherche a porté sur une comparaison portant sur deux simulateurs : un simulateur pleine échelle et un simulateur sur écran.

⁴ Par exemple, réviser le schéma d'une régulation automatique.

étaient de deux types : un premier entretien permettait aux jeunes ingénieurs de faire le récit de la séance, de repérer les épisodes critiques et d'en chercher une explication. Un deuxième entretien leur demandait de réexaminer la séance en commentant les courbes de certaines variables-clés. En finale, il y avait le debriefing en groupe. On a ainsi pu suivre le cheminement des jeunes ingénieurs dans leur souci de comprendre ce qui s'était passé. Ils sont passés successivement du vécu au récit, du récit à l'intrigue (repérage des enchaînements), de l'intrigue à l'explication, avec vérification des hypothèses qu'ils formulaient (grâce aux courbes mises à leur disposition) ; et enfin de la vérification à l'institutionnalisation (debriefing en groupe sous la direction de l'instructeur). Le résultat de cette prise de conscience est spectaculaire : le lendemain, quand ils sont confrontés à une situation semblable (de déséquilibre transitoire), ils sont capables de gérer l'installation avec efficacité : ils ne courent plus après l'évènement avec le sentiment d'être toujours à côté de l'action.

32 – Généralisation

La première pédagogie qui a été mise en œuvre avec les simulateurs pleine échelle était une pédagogie reproductive : on répétait l'action jusqu'à ce qu'elle soit assimilée. De ce fait, les debriefings étaient les parents pauvres. Remettre le debriefing sur le devant de la scène, repérer son importance, nous a fait passer d'une pédagogie reproductive à une pédagogie constructiviste. Au fond, c'est retrouver une communauté de démarche entre les simulateurs pleine échelle et les simulateurs de résolution de problèmes. Mais avec les pleine échelle les apprenants sont confrontés à la globalité de la situation, dans toute sa complexité. Du coup il est peu probable que les sujets en apprentissage aient la possibilité de construire un modèle opératif pertinent au cœur même de l'action. Par chance, les humains ont la possibilité d'apprendre de l'action même quand celle-ci est terminée. C'est une des propriétés de l'activité constructive, qui, à la différence de l'activité productive, laquelle s'arrête avec la fin de l'action, peut se poursuivre beaucoup plus longtemps. Les historiens le savent bien qui aiment qu'il y ait un temps suffisant entre un évènement et sa compréhension. L'analyse réflexive rétrospective possède même un double avantage : on n'est plus ennuyé par la pression de l'action, on peut prendre le temps de comprendre. Et surtout on connaît la fin de l'épisode, on peut donc reconstituer l'enchaînement des faits et transformer ce qui avait été vécu dans une contingence radicale en un enchaînement nécessaire : « Etant donné l'enchaînement des faits, il était nécessaire que cela se terminât ainsi ». J'appelle « intrigue », en m'inspirant de Ricoeur (1983), la reconstitution de l'enchaînement des faits, qui permet de remonter par rétrodictioin (Veyne, 1971) jusqu'à la cause qui a déclenché l'épisode critique. Cette recherche de la cause de l'évènement est également un moment crucial de construction d'un modèle opératif pertinent, qui va servir à la fois à la compréhension de l'action et à son guidage. Ce modèle opératif n'est certes pas entièrement construit pendant l'analyse réflexive rétrospective. Il est évidemment amorcé pendant l'action elle-même. Mais il ne trouve son assise que parce qu'a joué l'articulation entre ce qui est appris par l'action et ce qui est appris par l'analyse de l'action.

Ajoutons que ce modèle opératif n'est pas figé une fois pour toutes. Nous avons eu la chance de pouvoir suivre de façon longitudinale l'apprentissage d'un même groupe de jeunes ingénieurs : chaque fois qu'ils abordent une nouvelle classe de situations, par exemple quand ils passent de la situation de basculement présentée plus haut à la situation de montée en puissance, il va leur falloir reconfigurer leur modèle opératif pour lui permettre de couvrir un champ plus vaste. Cela ne se fait pas éventuellement sans mal, car il arrive que le modèle opératif construit dans les jours précédents devienne un obstacle pour la compréhension d'une nouvelle classe de situations. Dans ce cas on retrouve l'importance de la coordination qu'il faut faire entre l'action réalisée et l'analyse qu'on en fait, avec parfois des épisodes de conflit

socio-cognitif, où les apprenants découvrent qu'il y a contradiction entre les faits et l'explication qu'ils croient pouvoir en donner. Et comme on ne peut récuser les faits, surtout quand ils sont avérés par des traces indiscutables, il reste à reconfigurer son système d'explication.

Ainsi, avec les simulateurs pleine échelle, on s'aperçoit qu'en donnant toute son importance au debriefing on donne une nouvelle orientation à l'analyse du travail. Dans les simulateurs de résolution de problèmes, il fallait faire une analyse du travail pour s'assurer que le problème mis en scène en simulation était bien le même que celui repéré dans le travail. Aussi l'analyse du travail incombait au chercheur, éventuellement au formateur. Avec les simulateurs pleine échelle, l'analyse du travail, faite après coup, devient un instrument d'apprentissage. Elle incombe alors aux acteurs eux-mêmes, aidés, cela va de soi, par les instructeurs : elle met en œuvre une réflexivité métacognitive, qui est un élément central de la compétence.

4/ L'amorce d'une troisième étape : simuler l'activité des opérateurs

On l'aura compris : pour pouvoir simuler, il faut pouvoir modéliser, avec un degré suffisant de fidélité. Jusqu'à maintenant, on a présenté des modélisations de situations, et de situations essentiellement techniques. Peut-on envisager de modéliser l'activité d'acteurs quand ils fonctionnent sur simulateur, qu'il s'agisse de professionnels confirmés, qu'on confronte à des situations de résolution de problèmes, ou qu'il s'agisse de novices en période d'apprentissage professionnel initial ? On voit l'intérêt de la question : si on parvient à modéliser les stratégies des acteurs, on va apprendre beaucoup sur l'organisation de leur activité et sur leur apprentissage, car on pourra faire des comparaisons entre le modèle construit par les chercheurs et les stratégies réelles mises en œuvre par les acteurs.

La recherche dont je vais parler maintenant est une recherche en cours⁵. Elle est loin d'être achevée et les résultats obtenus sont provisoires. On a cherché à modéliser l'activité de résolution de problèmes de régleurs de presses à injecter en plasturgie. On a donc utilisé un simulateur de résolution de problèmes, avec l'idée qu'un simulateur pleine échelle était trop compliqué dans l'état de nos connaissances. On peut décrire cette recherche en trois étapes : 1/ On a d'abord utilisé les résultats d'une recherche antérieure que j'avais réalisée il y a 15 ans : j'avais mis en scène sur un simulateur de résolution de problèmes un ensemble de situations – problèmes portant sur la correction de défauts, dus à un mauvais réglage, apparaissant sur les produits plastiques fabriqués sur des presses à injecter à commande numérique. Douze régleurs ont traité une centaine de problèmes ; les opérations (changement d'un ou plusieurs paramètres de réglage) et les prises d'information ont été enregistrées, en vue de caractériser les différentes stratégies mises en œuvre, d'un point de vue interindividuel et d'un point de vue intra-individuel. Le niveau de compétence, la formation reçue, l'expérience acquise de ces régleurs étaient très divers : d'où des stratégies différentes. 2/ Avec l'équipe actuelle de chercheurs (psychologues, didacticiens, informaticiens) on a construit ce qu'on a appelé un « modèle du régleur idéal », dans le but de comparer les stratégies réelles à cette stratégie idéale reconstituée. Le « régleur idéal » s'appuie sur ses connaissances du système pour identifier le régime de fonctionnement de la presse à injecter et, partant de là, corriger les défauts. Il dispose d'un instrument, la courbe des pressions mesurées sur la machine, qui peut être affichée sur écran, et qui permet de connaître la valeur de 5 des 8 variables à prendre en compte pour un bon réglage. Pour déterminer la valeur des 3 autres variables, il suffit de quelques inférences, qui seront infirmées ou confirmées par des

⁵ Elle implique les chercheurs suivants : Emmanuel Sander, chef de projet (Paris 8), Jean-François Richard (Paris 8), Jean-Marc Labat (Paris 6), Jacques de Frileuze (Paris 6), Michel Futtersack (Paris 5), Pierre Parage (Cnam), Pierre Pastré (Cnam).

tests d'hypothèse adéquats. Le modèle du régleur idéal est donc conçu sur le principe suivant : pour un régime de fonctionnement de la machine donné (exprimé par certaines valeurs des 8 variables), on aura tel ou tel type de défauts, sachant que l'ensemble des défauts dont l'origine est le réglage se répartit en 4 grandes familles. On appelle cette démarche un « pilotage par la courbe ». Or on s'est aperçu que les régleurs réels ne fonctionnaient pas exactement selon ce modèle du régleur idéal. Certes la plupart font apparaître sur écran la courbe des pressions et s'en servent pour solutionner leurs problèmes. Mais même les plus experts ne font pas entièrement confiance à la courbe. Et en cas de situation complexe, ils reviennent à une approche beaucoup moins abstraite, que nous qualifions de « pilotage par les défauts ». 3/ Pour élargir notre champ d'investigation, nous avons recueilli des données auprès d'élèves ingénieurs, à qui nous avons posé les mêmes problèmes qu'aux régleurs professionnels. Ces jeunes ingénieurs ont une expérience pratique de la conduite extrêmement variable : les uns sont des primo-débutants ; d'autres ont déjà une toute petite expérience de conduite. Et là nous avons relevé des faits à la fois troublants et intéressants. D'une part, quand on observe comment fonctionnent les plus novices (les primo-débutants), on constate qu'ils sont incapables d'utiliser la courbe, alors même qu'on leur en donne la consigne⁶. Quand, pour respecter la consigne, ils cherchent à utiliser la courbe, celle-ci ne les aide pas, elle les handicape. Ils en reviennent alors à chercher des régularités entre les opérations qu'ils font sur les paramètres de réglage et les résultats observés. D'autre part, un des groupes des élèves ingénieurs a été observé dans un dispositif un peu plus compliqué que le précédent : on leur donnait une première série de problèmes à résoudre (pré-test) ; le formateur faisait avec eux une séance de debriefing sur ce qu'ils avaient fait ; on leur donnait une deuxième série de problèmes à résoudre, de difficulté équivalente (post-test). Or la performance de ce groupe est moins bonne pour la deuxième série que pour la première : le debriefing aurait eu un effet contraire à celui attendu. Je n'insisterai pas davantage sur la robustesse de ces résultats : ce sont des premiers résultats et ils demandent à être affinés. Mais ils donnent à penser...

Conclusion

Je vais conclure par où j'avais commencé : les différentes manières de concevoir l'apprentissage pratique, plus particulièrement, quelle est la part respective de l'exercice par l'action et des connaissances utilisées ? Ou, plus généralement, comment peut-on concevoir l'articulation de l'apprentissage théorique et de l'apprentissage pratique ? Il y a deux grandes manières de concevoir cette articulation : 1/ Ou bien on considère que l'apprentissage pratique est la simple application de l'apprentissage théorique. Tout le monde sait que ce n'est pas vrai : l'exemple des élèves ingénieurs primo-débutants nous le remet en mémoire. Et pourtant combien de dispositifs de formation reposent sur ce schéma ! 2/ Ou bien on considère que l'apprentissage pratique est totalement indépendant de l'apprentissage théorique. Deux chercheurs, Broadbent et Cleeremans ont accumulé des résultats dans ce sens. Ils poussent même le bouchon très loin : quand il s'agit d'apprentissages complexes, où les traits de la situation ne sont pas saillants, l'apprentissage théorique, par les interférences qu'il provoque, peut devenir un obstacle à l'apprentissage pratique. Les résultats obtenus avec les élèves ingénieurs primo-débutants vont tout à fait dans ce sens : la courbe les embrouille ; ils finissent par l'écarter et éprouvent le besoin de construire des régularités simples et robustes entre leurs actions et leur résultat. Les connaissances (inclues dans la courbe) fonctionnent alors comme un filtre abstrait qui empêcherait le contact direct avec le réel, ce contact que donne l'action.

⁶ Or l'analyse et la compréhension de la courbe des pressions est un élément très important dans la formation théorique qu'ils reçoivent.

Mais cette explication n'est qu'à moitié vraie, car elle est statique. En effet les élèves ingénieurs primo-débutants progressent et cessent bientôt d'être de simples novices. A un moment donné ils ont besoin de se référer à leurs connaissances, au moment où ils sont confrontés à des situations complexes, atypiques, ou quand ils cherchent à justifier leur stratégie à la demande d'autrui. Cet exemple permet de poser les deux questions, qui pour moi sont majeures, pour mieux comprendre l'apprentissage pratique : 1/ A quel moment de l'apprentissage est-il opportun d'introduire des connaissances théoriques pour orienter et guider la pratique ? A quel moment, pour ne pas être ni trop en avance, ni trop en retard ? 2/ Par quels moyens faire en sorte que cet appel aux concepts théoriques se fasse, non pas dans un processus de transmission – reproduction, mais dans un processus de (re)construction initié par les acteurs ? Je ne reviendrai pas sur l'importance du debriefing. Mais il y a debriefing et debriefing : c'est du moins ce que donne à penser l'observation des élèves ingénieurs : sans réflexivité, un debriefing peut se réduire à un apport de connaissances, qui ne seront pas assimilées. Il reste donc beaucoup à faire : la compréhension de l'apprentissage de la pratique est loin d'être achevée !