

La conceptualisation dans l'action : bilan et nouvelles perspectives

La conceptualisation dans l'action est un thème de recherche qui mobilise l'auteur de cet article depuis plusieurs années. Son cadre théorique est dans la lignée de Piaget, revisité par Vergnaud. Son champ d'application a d'abord été l'analyse de l'activité professionnelle des opérateurs de faible qualification, notamment des conducteurs de machines. Il s'agissait d'étudier les représentations, les raisonnements, les stratégies des conducteurs dans une perspective de développement de leurs compétences, c'est-à-dire de formation au sens large. Parallèlement, R. Samurçay poursuivait une recherche sur la conceptualisation dans la conduite de processus, avec un cadre théorique proche du nôtre et un objectif identique : la formation des compétences. D'où la définition de la didactique professionnelle que nous proposons : l'analyse du travail en vue de la formation. Après la conduite de machines, nous avons voulu élargir l'analyse en abordant une question pleine d'intérêt pour comprendre la conceptualisation de l'action : l'apprentissage de la conduite de systèmes techniques dynamiques, en l'occurrence la conduite de centrales nucléaires. Mais du coup, nous étions confrontés à une autre thématique : l'apprentissage à l'aide de simulateurs. Ce nouvel objet ne nous était pas totalement inconnu : nous l'avions exploré dans la conduite de machines, en concevant et en utilisant de petits dispositifs de simulation. Mais ce n'était alors, dans notre esprit, qu'un élément annexe, permettant surtout un recueil de données plus propres et plus accessibles à l'analyse, au moment où la simple observation des situations de travail commençait à montrer ses limites. En abordant l'étude des systèmes dynamiques, il convenait donc de conjuguer plus en profondeur notre

Pierre Pastré est maître de conférences à l'ENESAD (laboratoire de recherche de didactique professionnelle, département des sciences de la formation et de la communication).

thème principal de recherche, la conceptualisation dans l'action, et cet autre thème, l'apprentissage sur simulateur.

La première partie de cet article propose un bilan de quelque quinze années de recherches sur la conceptualisation dans l'action. Puis, dans une deuxième partie, nous verrons que la simulation ajoute à ce parcours une nouvelle perspective, en quelque sorte la promesse d'un nouveau chapitre, avec l'introduction de thèmes autour de l'analyse de l'activité, de l'histoire, de l'herméneutique.

La conceptualisation dans l'action : bilan

La théorie opératoire

Il était somme toute naturel de chercher à transposer la théorie opératoire de Piaget à l'analyse de la conduite des adultes au travail, en particulier quand il s'agit de travailleurs de faible qualification qui n'ont acquis leurs compétences que sur le tas. On pourrait formuler le principe de cette transposition d'une façon très générale dans l'énoncé suivant : de la même manière qu'un enfant, au cours de son développement, construit des conservations (c'est-à-dire des invariants opératoires) dans sa confrontation aux situations de la vie courante, un opérateur construit des invariants opératoires, liés à son domaine professionnel de référence, dans sa confrontation aux situations professionnelles. L'entrée dans le problème de la conceptualisation par la perspective piagétienne présente un triple avantage. La notion d'invariant opératoire souligne d'emblée la dimension pratique de la conceptualisation. Les invariants ne sont pas d'abord les éléments d'une théorie, ce sont des outils d'adaptation au réel. Des deux formes de la connaissance, prédicative et opératoire, c'est la forme opératoire qui est première. Deuxième avantage : souligner le rôle décisif du sujet dans la construction des invariants. Le constructivisme piagétien rappelle avec force qu'un concept n'est pas d'abord transmis ou appris, il est d'abord construit par un sujet ; il est le résultat d'une opération que personne ne peut faire à sa place. Troisième avantage : en montrant que pour certaines activités, la réussite précède la compréhension de la réussite, Piaget (1974) ouvrait à la conceptualisation une ligne de développement, où le progrès de la conceptualisation allait consister dans la manière dont la compréhension allait s'efforcer de rattraper la réussite.

Quand on relit les conclusions générales de *Réussir et comprendre*, on observe que la théorie piagétienne est à la fois complexe et dynamique : elle repose sur deux propositions, et surtout sur une dialectique qui va s'instaurer entre les deux. Première proposition : « L'action est une connaissance (un savoir-faire) autonome. » C'est une thèse très forte, qui affirme à la fois que l'action est organisée et intelligible, et que le principe de cette organisation de l'action est à cher-

cher non pas à l'extérieur d'elle-même, dans des connaissances dont les actions ne seraient que des applications, mais à l'intérieur d'elle-même. Les schèmes constituent une organisation interne de l'action, qui permettent de comprendre comment celle-ci peut être efficace, reproductible, adaptable et intelligible. Mais cette première thèse de Piaget est à compléter par une deuxième : la prise de conscience constitue un véritable travail de conceptualisation. Quand la compréhension rejoint la réussite, la coordination agie est relayée par une coordination conceptuelle. C'est à ce moment-là que le rôle de la représentation devient décisif ; le sujet se représente les transformations qu'il opère sur le réel sous la forme d'opérations mentales, c'est-à-dire de transformations d'objets de pensée, ce qui permet une double lecture de l'action : dans le réel, on trouve des actions matérielles, avec des relations de causalité ; dans la représentation, on trouve des opérations mentales, reliées par des implications signifiantes. Comme souvent chez Piaget, la coordination conceptuelle est une réorganisation de la coordination agie à un étage supérieur. Il y a certes rupture, mais sur un fond de continuité. Ce qui conduit Piaget à souligner deux différences entre la coordination agie et la coordination conceptuelle : la première a un faible pouvoir d'anticipation, alors que la seconde permet au sujet l'accès au lointain, au futur et au virtuel. Elle désenclave l'activité cognitive. Par ailleurs, la première n'autorise que des stratégies de résolution de problèmes qui procèdent de proche en proche, alors que la seconde, grâce à son grand pouvoir d'anticipation, permet des stratégies d'ensemble.

Pourtant, il ne faudrait pas que cette deuxième thèse de Piaget fasse oublier la première : certes la conceptualisation ne s'épanouit vraiment qu'avec le recouvrement du réussir par le comprendre, donc avec la montée en puissance de la représentation, qui permet d'établir la distinction entre transformations matérielles et opérations mentales. Mais la conceptualisation est à l'œuvre dès le moment de la coordination agie. C'est l'apport spécifique de Vergnaud d'avoir souligné cette continuité : « Au fond de l'action, la conceptualisation », comme l'indique le titre d'un de ses derniers articles (1996). Il le fait de deux manières. Il généralise l'usage du concept de schème à toutes les situations où l'action d'un sujet est organisée, avec régularité et souplesse : « Un schème est une organisation invariante de la conduite pour une classe de situations donnée. » Mais surtout, là où Piaget voyait dans le schème une notion indécomposable qu'il fallait prendre en bloc, Vergnaud introduit l'analyse en distinguant dans le schème quatre composantes : des buts et des sous-buts ; des règles d'action ; des invariants opératoires ; des inférences en situation. Cela revient à analyser le schème en repérant des niveaux hiérarchisés, du plus superficiel au plus profond, le plus profond étant le niveau des invariants opératoires, concepts en acte et théorèmes en acte. C'est en ce sens qu'on peut dire que la conceptualisation est au cœur de l'action : les concepts et théorèmes en acte sont générale-

ment implicites ; il n'empêche qu'un grutier¹ qui manipule une charge de trois tonnes au bout d'une longueur de flèche de vingt mètres sait mobiliser dans l'action l'équilibre des masses et des distances, tout comme le conducteur d'un charriot élévateur qui monte une palette à six mètres sait se servir, dans l'action, du concept de centre de gravité. L'action efficace témoigne d'une conceptualisation en acte.

Conceptualisation et conduite de machines

Dans l'organisation industrielle, et surtout dans la grande période taylorienne dont nous ne sommes pas encore totalement sortis, l'ouvrier spécialisé (OS) a été considéré comme un simple agent d'exécution. Au niveau de la tâche prescrite, on lui dénie sinon toute compétence du moins toute conceptualisation. Ou, pour le dire autrement, sa compétence est de savoir exécuter et non de savoir comprendre. Il était donc intéressant de tester l'hypothèse de la conceptualisation dans l'action en montrant que, sur leurs postes de travail, de nombreux OS sont confrontés à des situations de résolution de problèmes, pour lesquelles la simple application de procédures ne suffit plus pour maîtriser la situation et que, dans ce cas-là, les OS ont une véritable activité de conceptualisation de leur situation professionnelle. Certes, il convient de nuancer : tout le travail des OS ne consiste pas, bien sûr, en résolutions de problèmes, mais un nombre important de postes en comportent. Dans certains cas, les situations-problèmes constituent le cœur du métier ; dans d'autres, elles relèvent de dimensions plus périphériques. Mais en termes de compétences, c'est souvent là que s'observe la différence. Par ailleurs, confrontés à une situation de résolution de problème, tous les OS ne vont pas utiliser une stratégie à base de conceptualisation : dans la pratique, les solutions vicariantes sont suffisamment nombreuses pour remplacer les résolutions de problèmes par l'application d'une procédure ou d'un procédé tiré de l'expérience passée.

Mais même en y apportant ces nuances, les recherches effectuées dans le domaine de la conduite de machines permettent de mettre en évidence le rôle considérable de la conceptualisation dans l'activité des ouvriers spécialisés, et cela autour de trois points.

1. Les machines ne fonctionnent pas toujours avec le même régime. A côté du régime normal, prototypique, qui correspond à ce qui a été conçu et voulu par le constructeur, il existe des régimes dégradés, qui viennent soit d'un mauvais réglage, soit de l'usure des pièces, soit de particularités de la matière d'œuvre travaillée. Or une stratégie procédurale ne fonctionne bien que pour le régime

1. Voir l'article de Jean-Michel Boucheix et Alexandre Chanteclair dans ce numéro.

normal : dès qu'on s'en écarte, il faut multiplier les répertoires de règles d'action et on atteint vite les limites de la mémorisation. La solution la plus économique devient alors l'utilisation de concepts permettant de diagnostiquer le régime de fonctionnement de la machine et d'y adapter les règles d'action.

2. C'est là qu'apparaît l'utilité de l'analyse que fait Vergnaud du concept de schème, en particulier la distinction et l'articulation entre le niveau des règles d'action et le niveau des invariants opératoires. La majorité des actions des opérateurs consiste à corriger le réglage de la machine en fonction des défauts apparaissant sur les produits. Or, une des particularités de la conduite de machines, c'est qu'elle est susceptible de deux grands types de stratégies. Les opérateurs peuvent piloter en procédant par régulations rétroactives : à l'apparition d'un défaut, agir sur certains paramètres d'action, en fonction des régularités constatées dans le passé. Ils conduisent leur machine au vu des résultats de l'action. Mais ils peuvent aussi, quand un défaut apparaît, faire un diagnostic sur le régime de fonctionnement de la machine, et agir pour rétablir un fonctionnement normal, le défaut étant alors traité indirectement comme une conséquence du régime de fonctionnement. Dans le premier cas, à force de constater une relation entre l'action sur tel paramètre de réglage et l'apparition ou la disparition de tel défaut, l'opérateur finit par transformer ces régularités observées en répertoire de règles d'action. Dans le deuxième cas, le diagnostic de régime de fonctionnement permet d'établir une relation entre le niveau des concepts et le niveau des règles. Il ne s'agit plus simplement d'appliquer des règles appropriées à une situation, il s'agit de générer des règles à partir des concepts, ce qui permet d'étendre de façon considérable le répertoire des règles. Du coup, on peut dessiner une dynamique du développement des compétences concernant la conduite de machines. Dans une première étape, le sujet apprend la conduite en régime normal, avec un répertoire de règles correspondant à la situation prototypique. Dans un deuxième temps, apparaît la conceptualisation avec le diagnostic de régime de fonctionnement : le sujet apprend à adapter un répertoire de règles spécifiques à chaque régime de fonctionnement. Enfin, dans une troisième étape, il devient capable, à partir de la conceptualisation élaborée, d'affronter des problèmes inhabituels ou que lui-même n'a jamais rencontrés. Certes il devra toujours procéder à des adaptations fines face à des problèmes inédits, mais il aura mis en place le cadre conceptuel qui lui permettra de le faire.

3. On peut observer un deuxième mouvement du développement de la dynamique des compétences, en utilisant la distinction de Piaget entre coordination agie et coordination conceptuelle : il s'agit d'un mouvement de désincorporation. Leplat (1997) appelle compétences incorporées les compétences qui ne savent s'exprimer que dans l'action, et pour lesquelles le sujet n'est pas capable d'explicitation et d'analyse. Or, avec l'apparition du diagnostic de régime, le

sujet introduit une première séparation entre son action propre et le fonctionnement de la machine. Une fois exprimé, le savoir en acte est mis à distance du sujet, il peut prendre une forme objective, et de ce fait être adaptable et transférable à d'autres situations. Nous verrons plus loin le rôle considérable de l'analyse de l'activité dans la transformation des compétences incorporées en compétences explicitées. Il était important de noter cette ligne de développement dès ce moment de notre réflexion.

En résumé, la conceptualisation dans la conduite de machines se manifeste par plusieurs traits : traitement d'une situation sous forme de résolution de problèmes, présence de diagnostic de régime de fonctionnement, capacité à traiter des situations-problèmes de plus en plus éloignées de la situation prototypique, capacité à objectiver ses compétences pour les désincorporer.

Dimension duale des concepts pragmatiques

Jusque-là, nous avons vu comment la théorie opératoire trouvait un champ d'application dans l'analyse de l'activité d'opérateurs de faible niveau de qualification. Or l'analyse de certaines données recueillies nous amène à franchir un pas de plus et à proposer un premier infléchissement du cadre théorique. Nous avons appelé concepts pragmatiques (Pastré, 1997) des concepts que les opérateurs mobilisent dans l'action, notamment pour faire un diagnostic de régime de fonctionnement de leur machine. On peut les assimiler aux concepts en acte de Vergnaud : ils fonctionnent comme des invariants opératoires. Le lien est étroit entre l'efficacité de l'action et la mobilisation de ces concepts pragmatiques. Mais ils sont plus que des concepts en acte : ils ont un mode de transmission très spécifique, qui mélange transmission par imitation et transmission par le langage. Prenons l'exemple du bourrage dans la conduite de presses à injecter en plasturgie. Le concept pragmatique de bourrage peut être défini comme l'état d'équilibre ou de déséquilibre entre pression exercée par la machine et pression en retour de la matière plastique, au moment où l'injection est finie et où le moule de la machine est plein. Il est difficile de parler simplement à son propos de concept en acte dans la mesure où les professionnels, dans l'atelier, en parlent tout le temps, le décrivent et le montrent aux novices pour leur apprendre le métier, même s'ils ne vont jamais jusqu'à une définition. Or ce concept est ce qui permet de faire un diagnostic de fonctionnement de la machine. Le bourrage est la première chose qu'un expert regarde quand il arrive sur une machine : il sait qu'une bonne partie des défauts de production sont le résultat d'un défaut de bourrage. Il y a donc un véritable apprentissage du concept de bourrage, qui se fait par une transmission entre les experts et les novices : on montre du doigt, on qualifie, mais toujours en situation.

Un concept pragmatique comporte deux éléments : il y a d'abord un ou plusieurs indicateurs observables. Dans le cas du bourrage, c'est un mouvement,

présent ou absent, de la partie mobile de la machine, au début de la phase statique, au moment où le moule est théoriquement rempli. C'est cet observable que les experts montrent du doigt. Le deuxième élément est la dimension proprement abstraite du concept : dans le cas du bourrage, l'état d'équilibre ou de déséquilibre entre deux pressions, soit la définition donnée plus haut. Cette dimension abstraite est l'objet d'un commentaire par les experts. On peut donc dire qu'un concept pragmatique est défini par une relation de signification, qui comporte elle-même deux étages. Il y a d'abord une relation entre un signifiant observable et un signifié de nature conceptuelle : le mouvement machine permet d'évaluer la variable conceptuelle. Mais, deuxièmement, il y a une relation de référence entre l'ensemble signifiant/signifié et la situation dans son ensemble, le fonctionnement du système technique. C'est en cela que le concept pragmatique de bourrage fait office d'outil de diagnostic : l'évaluation du bourrage, c'est-à-dire d'une dimension somme toute très particulière et limitée du système, permet de porter un jugement pertinent sur le fonctionnement de l'ensemble du dispositif. L'usage d'un concept pragmatique permet ainsi d'évaluer un ensemble à partir d'un (ou plusieurs) indicateurs(s). Sa visée est pragmatique : il est central pour une action efficace et adaptée aux circonstances. Sa structure relève d'une relation de signification.

Mais pour l'observateur, psychologue ou didacticien, un concept pragmatique est encore autre chose. Quand on cherche à repérer les principes de fonctionnement du système (lois physiques, choix techniques de fonctionnement), on constate que les concepts pragmatiques occupent une place centrale dans le réseau des relations de détermination entre les variables. Pour les systèmes techniques, on a coutume de représenter ce réseau de relations sous la forme d'un graphe de fluence, qui est simplement un outil de description permettant de présenter les relations entre variables, ce qui permet d'identifier tous les chemine-ments de causalité qui conduisent des paramètres d'action aux variables de résultats. Dans le cas des situations multi-causes multi-effets, comme c'est souvent le cas dans la conduite de machines, on peut ainsi rendre intelligible le réseau des relations de causalité, d'où l'on peut inférer les règles d'action pour la conduite du système. C'est ainsi que, dans le graphe de fluence représentant les relations de causalité dans la conduite d'une presse à injecter, le concept de bourrage occupe une place absolument centrale² : on comprend que la majorité des défauts soient dus à un déséquilibre de bourrage. Autrement dit, l'utilisation du bourrage comme outil de diagnostic est bien fondée : les relations de signification reposent sur des relations de détermination. La visée pragmatique peut s'appuyer sur l'analyse épistémique. Il y a ainsi une dualité inscrite au cœur des

2. Pour plus de détails sur la manière de représenter par un graphe de fluence les relations de causalité concernant la conduite de presses à injecter en plasturgie, cf. R. Samurçay et P. Pastré, « La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences », *Education permanente*, n°123, 1995, p. 22.

concepts pragmatiques : d'une part, ils sont tournés vers l'action, plus précisément le diagnostic de la situation en vue d'un but particulier. Dans ce cas, ils sont définis par une relation de signification plus ou moins complexe : des indicateurs renvoient à une variable, qui permet d'évaluer l'ensemble du système. Mais d'autre part, ils sont tournés vers la cognition : le concept pragmatique est une variable, déterminée et déterminante, qui s'inscrit dans un réseau de déterminations, réseau qui constitue l'ensemble des connaissances qu'on peut avoir sur le fonctionnement du système.

Dernier caractère des concepts pragmatiques : leur mode de construction et d'appropriation. On a vu le rôle des échanges entre experts et novices, avec un mélange de monstration et d'explication en situation. Cela se fait très généralement dans le cadre d'un apprentissage par immersion : peu d'opérateurs ont reçu une formation formellement organisée pour la conduite de leur machine. Autrement dit, la première chose qu'ils apprennent, outre les règles d'action du régime de base, ce ne sont pas des connaissances sur le système, ce sont des méthodes de diagnostic. Ils commencent par construire des relations de signification et ce n'est déjà pas une mince affaire. Car il faut bien comprendre que les indicateurs n'ont de sens qu'en ce qu'ils renvoient, par le biais d'une variable abstraite, au fonctionnement d'ensemble de la machine. Traiter les indicateurs de façon procédurale, les prendre à la lettre, c'est se condamner à ne rien comprendre. Leur valeur n'est importante que par la signification qu'on leur attribue. Mais les relations de signification sont vouées à demeurer des procédés empiriques, efficaces mais opaques, tant qu'elles ne sont pas relayées par un apprentissage des relations de détermination. Or cela se réalise quand l'opérateur réussit à faire la synthèse entre la place des indicateurs de diagnostic et les relations exprimées dans les règles d'action. L'opérateur se construit alors l'équivalent d'un graphe de fluence pour lui-même, avec mise en relation, motivée et intelligible, des paramètres d'action et des variables de résultat. Ce modèle mental peut être frustré, réduit à quelques relations de base. Mais il peut aussi s'enrichir en se diversifiant, jusqu'à rejoindre le modèle utilisé par l'expert, le technicien ou l'ingénieur. Les résultats de nos recherches ont montré que s'il existe de grandes différences en termes de complexité entre le modèle mental des plus novices et celui des plus experts, tous ces modèles sont néanmoins compatibles. Ainsi la conceptualisation dans la conduite de machines nous amène-t-elle à apporter un premier infléchissement à la théorie opératoire dans son application aux situations professionnelles : les concepts pragmatiques ne sont pas seulement construits par l'acteur, ils sont aussi transmis sous la forme de pratiques de métier. On a souligné leur dimension duale et le fait que leur appropriation se fait généralement en partant des relations de signification vers les relations de détermination.

La conceptualisation dans la conduite des systèmes dynamiques

Un deuxième infléchissement du cadre théorique de départ est produit avec l'analyse de la conduite des systèmes dynamiques. La situation à laquelle nous allons nous référer est l'apprentissage de la conduite de centrales nucléaires, sur simulateurs, qui a fait l'objet d'une recherche de notre part³. Les situations dynamiques ont été longuement étudiées en ergonomie cognitive (Hoc, 1996 ; Amalberti, 1996 ; Cellier *et al.*, 1997). On peut les caractériser par le fait qu'elles évoluent même en dehors de toute action de l'opérateur. Pour ce qui touche à la conceptualisation, nous retiendrons trois caractères.

1. Dans un système dynamique, les principales variables fonctionnelles ne sont pas toujours accessibles, soit en termes d'action, soit en termes de prise d'information. Par exemple, dans une centrale nucléaire, pour agir sur la puissance du circuit primaire, on va extraire ou insérer des barres (qui absorbent des neutrons), qui font varier le flux neutronique, lequel détermine la puissance du primaire et, par là, la température de l'eau du circuit primaire. De ce fait, il va falloir distinguer conceptuellement variables, paramètres d'action et indicateurs. Une variable est une dimension, déterminée et déterminante, qui s'inscrit dans un réseau conceptuel de déterminations. Dans l'exemple retenu, P1 (puissance primaire), T_{mo} (température moyenne du primaire), F (flux neutronique) sont des variables. Un paramètre d'action est une variable sur laquelle on peut agir. Mais le but visé peut être soit la modification de la variable en question, soit celle d'une autre variable non directement accessible. C'est ainsi que la position des barres du fourneau nucléaire est un paramètre d'action permettant d'agir indirectement sur la puissance primaire. Un indicateur est une variable qui est l'image d'une autre variable, non directement accessible (ou difficilement accessible) en termes de prise d'information. C'est ainsi que la température moyenne du primaire est l'image de la puissance primaire : elle renseigne sur la valeur et l'évolution de cette variable. Donner à certaines variables le statut de paramètre d'action ou d'indicateur relève d'une approche pragmatique du système technique : cela permet de diagnostiquer l'état présent du système pour agir avec pertinence. On est dans le droit fil de ce que nous avons appelé la relation de signification des concepts pragmatiques. Ces relations de signification ne peuvent s'établir que parce qu'elles reposent sur des relations de détermination : la position des barres est un dispositif technique qui a été conçu pour accélérer ou ralentir le flux neutronique, et par là la puissance du réacteur. Il est surtout intéressant de le noter à propos des indicateurs : c'est parce que la température moyenne du primaire est déterminée par

3. Recherche effectuée par R. Samurçay, P. Plénacoste et P. Pastré pour le compte du service de la formation professionnelle d'EDF-GDF (correspondant : P. Simoëns).

la puissance primaire qu'on va pouvoir considérer la température moyenne du primaire comme l'image de la puissance primaire. Mais la principale différence entre la conduite de machines et la conduite de processus dynamiques tient à ce qu'on passe d'un système assez limité, où les concepts pragmatiques portaient ensemble la double relation de détermination et de signification, à une véritable architecture, avec un double réseau : d'une part un réseau de relations de détermination, qui est d'une grande amplitude et complexité, d'autre part un réseau de relations de signification qui est tout aussi complexe et où il va falloir désormais faire très attention à bien faire la différence entre les variables fonctionnelles qui représentent généralement le but de l'action, les paramètres d'action qui représentent les moyens d'agir, et les indicateurs qui représentent les moyens de connaître la valeur des variables fonctionnelles.

2. Le deuxième caractère que nous retiendrons des situations dynamiques est l'importance de la temporalité. Cela s'exprime de deux manières. D'une part, c'est moins la valeur d'une variable dans l'absolu qui importe que le sens de son évolution, comme élément de diagnostic. C'est particulièrement net pour les variables indicateurs : le sens et la vitesse de l'évolution de la température moyenne du primaire sont des données qui permettent un diagnostic plus fin que la simple valeur de la variable. D'autre part, les systèmes dynamiques complexes comportent plusieurs évolutions temporelles qui ont des tempos différents. Certaines variables fonctionnelles évoluent lentement, alors que d'autres ont un tempo beaucoup plus rapide. Or l'évolution du système dans son ensemble est la résultante de ces différents tempos. On a là quelque chose qui fait penser à la problématique mise en place en histoire par l'École des Annales : à côté de l'histoire événementielle, il y a l'histoire de longue durée, histoire démographique, économique, histoire des mentalités. De ce point de vue, le fonctionnement des systèmes techniques complexes est un peu à l'image de la grande histoire, avec un enchevêtrement d'évolutions aux tempos différents. Du coup, il va falloir dissocier la compétence au diagnostic et la compétence au pronostic : identifier l'état présent de fonctionnement du système est une chose, prévoir son évolution est autre chose, et autrement difficile. Cela signifie qu'on est capable d'évaluer si la dérive constatée à un moment donné constitue un phénomène transitoire qui va se rétablir de lui-même ou s'il s'agit du début d'une détérioration qui va aller en s'accroissant jusqu'à aboutir au blocage du système.

3. Le troisième caractère qu'on retiendra est la nécessité pour les conducteurs d'utiliser des stratégies anticipatrices. Cela résulte des deux points précédents. En effet, l'évolution d'un système dynamique fait alterner des périodes d'équilibre d'ensemble, où le système est stable, où apparemment il ne se passe rien de fâcheux, et où la tâche du conducteur, étant donné l'existence de nombreux automatismes, se réduit à de la vigilance ; et des périodes de déséquilibre, qui

démarrèrent souvent de façon imperceptible, puis s'accélérent jusqu'à rendre le système ingouvernable, de telle sorte que le bon conducteur est celui qui sait repérer le déséquilibre avant même qu'il se manifeste clairement. Comme le dit Amalberti dans une heureuse formule, il faut « piloter devant son avion ». Cela signifie deux choses : à la différence de la conduite de machines, on ne peut pas piloter un système dynamique simplement par rétroaction, c'est-à-dire par la prise en compte des résultats de son action. Or ce type de stratégie constituait un recours pour la conduite de machines. Ici, il n'y a pas de recours : la rétroaction vient toujours trop tard. Du coup, et c'est le deuxième point à souligner, pour avoir une stratégie anticipatrice, il faut pouvoir s'appuyer sur les connaissances portant sur le fonctionnement du système. Autrement dit, il est pratiquement impossible d'apprendre la conduite d'un système dynamique simplement par un apprentissage sur le tas. C'est la raison pour laquelle la formation des futurs opérateurs de centrales nucléaires se fait par exemple en deux temps : une formation technique de treize semaines a pour objectif l'apprentissage des connaissances théoriques et techniques relatives au fonctionnement du système. Puis une formation sur simulateur pleine échelle, de huit semaines, assure un apprentissage pratique à la conduite.

Voyons cela sur un exemple. Au cours de notre recherche concernant l'apprentissage sur simulateur de la conduite de centrales nucléaires, nous avons pu observer de jeunes ingénieurs apprenant la conduite sur simulateur pleine échelle. Outre leur formation d'ingénieurs, ces jeunes cadres avaient bénéficié des treize semaines de formation technique. On pourrait penser qu'il ne leur restait pas grand chose à apprendre en termes de conceptualisation quand ils passaient sur simulateur. Or, on constate qu'il leur arrive assez souvent de se laisser surprendre par la dynamique du système, ce qui peut aller jusqu'à des arrêts d'urgence. Que leur manque-t-il à ce moment-là qui va être l'objet de l'apprentissage sur simulateur ? Une habileté dans les gestes ? Une bonne maîtrise des procédures ? Ou une conceptualisation qui n'a pas été menée à son terme ? Ils connaissent bien les principes de fonctionnement du système. Par contre, quand on observe les stratégies mises en œuvre à ce moment de l'apprentissage, on peut faire trois constatations. D'abord, les opérateurs, qui sont en binôme (un opérateur pour le primaire, un pour le secondaire), prennent peu d'informations sur l'ensemble du système. Ils se contentent de l'information relevant de leur secteur, alors qu'ils savent pourtant que la plupart des variables sont interconnectées. Deuxièmement, ils ont du mal à faire la différence entre les phénomènes de surface, très visibles, mais peu représentatifs des évolutions à long terme, et les phénomènes plus profonds qui sont représentatifs de la dynamique d'ensemble. Enfin, ils n'arrivent pas à faire, en pratique, la différence entre variables fonctionnelles (les buts de l'action) et variables servant d'indicateurs. Bref, on peut dire que ce qu'ils n'ont pas encore construit en termes de

conceptualisation, ce qu'ils sont en train de construire, ce sont les relations de signification reliant indicateurs, paramètres d'action et variables fonctionnelles. Si l'on reprend la terminologie mentionnée par Genest (voir sa contribution dans ce numéro), ils n'arrivent pas à donner un statut épistémologique clair aux lectures et aux mesures.

On voit dès lors apparaître deux types de stratégies. La première correspond à une stratégie de novice, qui n'arrive pas à avoir une représentation d'ensemble du fonctionnement, qui confond traits de surface et phénomènes profonds, buts et moyens de l'action, variables fonctionnelles et indicateurs. Cette stratégie, qu'on pourrait dire à boucle courte, est procédurale (on prend des indicateurs pour les buts de l'action), rétroactive (on court après l'événement) et partielle (il n'y a pas d'interprétation, de diagnostic d'ensemble). La deuxième stratégie correspond au résultat de la formation sur simulateur : elle apparaît au cours de l'apprentissage. On peut la qualifier de stratégie à boucle longue, dans la mesure où elle est analytique, anticipatrice et globale. La première court après l'événement et aboutit, dans les moments critiques, à une perte de maîtrise de l'installation. La seconde anticipe les déséquilibres, ce qui permet de passer les moments critiques en conservant la maîtrise de l'installation.

En termes de conceptualisation, on observe quelque chose qui ressemble aux concepts pragmatiques observés dans la conduite de machines, mais avec une ampleur infiniment plus grande. On a vu que la relation de signification propre aux concepts pragmatiques pouvait être décomposée en deux relations plus élémentaires : d'une part une relation signifiant/signifié, entre un observable et un concept ; d'autre part une relation de référence entre la valeur du concept pragmatique et le diagnostic de fonctionnement de l'ensemble. On retrouve ces deux éléments dans la conduite des systèmes dynamiques. Commençons par la relation de référence : parmi toutes les relations de détermination entre variables, il y en a quelques-unes qui sont fondamentales, parce qu'elles sont représentatives pour le diagnostic et pour l'action. Dans l'exemple des centrales nucléaires, et pour la situation que nous avons observée, il y a deux équilibres de base à respecter, qu'on peut traduire par deux égalités : il faut consommer toute la puissance produite, et il ne faut pas tirer plus de vapeur qu'on n'apporte d'eau. Autrement dit, puissance primaire et puissance secondaire doivent être en équilibre ($P1 = P2$). Et, pour le circuit secondaire, il doit y avoir équilibre entre le débit d'eau et le débit de vapeur ($Qa = Qv$). Appelons structure conceptuelle de la situation l'ensemble des éléments conceptuels, qu'il s'agisse de concepts scientifiques ou de concepts pragmatiques, qui permettent de faire un diagnostic de régime de fonctionnement du système. C'est en quelque sorte le squelette conceptuel du système, ce qu'il faut prendre en compte pour établir un diagnostic. On peut donc dire qu'entre la structure conceptuelle de la situation et le système dans sa globalité et sa complexité, il existe une

relation de référence : on juge de l'ensemble quand on évalue les deux équilibres $P1 = P2$ et $Qa = Qv$. C'est cela qui permet de distinguer les traits de surface des caractères fonctionnels essentiels. Mais, deuxième caractéristique, il faut pouvoir évaluer ces équilibres de base, et pour cela, contrairement à la conduite de machines, où les concepts pragmatiques fournissent à la fois le concept et l'observable, il faut ici construire des indicateurs. Dans le cas des centrales nucléaires, un effort considérable a été fait pour expliciter les connaissances scientifiques et techniques relatives au fonctionnement du système. On va donc pouvoir choisir les bons indicateurs en s'appuyant sur ces connaissances. En revanche, dans d'autres situations professionnelles, par exemple dans la conduite de cultures pérennes comme la taille de la vigne⁴, on va multiplier les indicateurs et construire des relations de signification autour de variables intermédiaires de situation, pour arriver à évaluer les concepts faisant partie de la structure conceptuelle de la situation. Mais, dans tous les cas de conduite de situations dynamiques, la construction des relations de signification relève d'une véritable architecture qui aboutit à mettre en relation des variables qui peuvent être nombreuses, mais qui concourent toutes à l'établissement d'un diagnostic de fonctionnement de régime.

On peut donc dire que ce qu'apprennent de jeunes ingénieurs en formation sur un simulateur de centrale nucléaire, c'est à construire un réseau de significations, qui permet un diagnostic de fonctionnement. Il y a bien conceptualisation, alors même qu'ils possèdent déjà les connaissances scientifiques et techniques relatives au système. Ils s'appuient sur ces connaissances, pour les réélaborer dans un but pragmatique de diagnostic, ce qui leur permettra de mettre en œuvre une stratégie anticipatrice.

Il est temps de conclure cette première partie qui cherchait à établir un bilan de nos recherches sur la conceptualisation dans l'action. Nous sommes parti de la notion piagétienne d'invariant opératoire, c'est-à-dire de l'idée, abondamment développée par Vergnaud, que l'action humaine est organisée et que le noyau profond d'organisation de l'action est de nature conceptuelle. En somme, la notion de structure conceptuelle d'une situation revient à identifier l'ensemble des concepts, scientifiques ou pragmatiques, indispensables pour organiser l'action. Là où nous avons effectué des infléchissements par rapport au cadre théorique primitif, c'est plutôt dans la dimension de l'apprentissage de la structure conceptuelle d'une situation, ce point étant relié à la mise en évidence de la nature duale de l'activité de conceptualisation. Les concepts pragmatiques se transmettent et s'apprennent, par un mélange de monstration et de commentaires. Mais cette dualité entre visée épistémique et visée pragmatique, relations de détermination et relations de signification, reste encore inchoative. En tout cas, elle ne se traduit pas dans le processus d'apprentissage. Les opéra-

4. Voir l'article de Sylvie Caens-Martin dans ce numéro.

teurs acquièrent dans le même mouvement des connaissances relatives au système et la maîtrise des actions de diagnostic. Avec les situations dynamiques, l'apprentissage ne peut plus se faire de cette façon syncrétique : il y a désormais un temps pour l'apprentissage des connaissances et un autre pour l'apprentissage des situations. De ce fait, la question se pose de savoir ce que les opérateurs apprennent vraiment quand ils sont confrontés aux situations de travail. La réponse que nous proposons est qu'ils apprennent un ensemble de relations de signification, s'appuyant sur des relations de détermination, qui permettent de faire un diagnostic de fonctionnement du système, donc de transformer leurs connaissances en organisateurs de leur action. Mais comment se fait cet apprentissage ? C'est sur ce point que l'observation de l'apprentissage sur simulateur apporte un éclairage important.

Le rôle de l'analyse de l'activité dans la formation sur simulateur

Le problème de la formation sur simulateur est devenu un domaine de recherche aux dimensions multiples⁵. Nous voudrions, pour notre part, l'aborder sous un angle limité, très particulier, qui permettra de prolonger notre réflexion sur la conceptualisation de l'action : c'est le rôle qu'y joue le débriefing, et plus généralement l'analyse de l'activité, dans l'apprentissage des situations. Autrement dit, la simulation a cette particularité de permettre — à condition de s'en donner les moyens — de conserver des traces objectives de l'activité des opérateurs, ce qui est très difficile à obtenir dans les formations par immersion ou par alternance, dans lesquelles on ne dispose souvent que des souvenirs des acteurs. On peut donc mettre en place une formation qui combine apprentissage par l'exercice de l'activité et apprentissage par l'analyse de l'activité. Deuxième remarque introductive : ce qui vient à l'esprit, quand on pense à la formation sur simulateurs, c'est le fait que les sujets sont confrontés à des situations qui reproduisent le plus fidèlement possible les situations professionnelles de référence. C'est ainsi que dans le pilotage d'avions ou la conduite de centrales, l'apprentissage sur simulateurs pleine échelle vient remplacer en grande partie l'apprentissage sur le tas, pour des raisons de sécurité. Mais nous verrons qu'il serait dommage d'en rester à cette dimension très spécifique de l'apprentissage sur simulateurs. Car le résultat le plus significatif de notre recherche sur la conduite des centrales nucléaires montre que c'est le moment de l'analyse de l'activité qui paraît décisif pour la conceptualisation de la situation.

5. Cf. « Formation, simulateur et simulation », *Le travail humain*, n° 61/4, (sous la direction de R. Samurçay et V. de Keyser).

L'apprentissage par l'exercice de l'activité

Commençons par le plus immédiat : les formations sur simulateur constituent un observatoire idéal pour l'analyse de l'apprentissage des situations dans leurs dimensions concrète et singulière. Une situation n'est pas entièrement réductible au problème qu'elle porte ; il ne s'agit pas seulement des objets et des relations entre objets, à partir desquels on peut poser le problème à résoudre. Une situation, ce sont aussi des acteurs, des enjeux entre eux, une inscription dans un lieu (qui en fait quelque chose de singulier et de concret) et dans un temps, une histoire, comme nous le verrons. Les acteurs cherchent à maîtriser la situation, c'est-à-dire à orienter son cours dans une direction conforme à leurs objectifs, et pour cela ils ont besoin de connaissances. Mais avant ces relations de maîtrise ou de connaissance, il y a une relation plus primitive de l'acteur à la situation : il y est engagé de tout son être, il y est jeté et fait corps avec elle, avant d'en devenir peut-être, plus tard, le maître ou l'observateur. Quand un acteur est engagé dans une situation, il est confronté à trois choses : la complexité, l'incertitude, l'interactivité. La complexité désigne, au-delà du nombre d'éléments en interaction, le fait qu'une situation est une totalité dynamique insécable. L'incertitude indique la dimension événementielle de la situation, son côté non programmable, ce en quoi — comme le souligne Zarifian (1995) — elle n'est pas décomposable en une suite atomisée d'opérations. L'interactivité désigne le fait qu'en agissant, l'acteur transforme certes la situation, mais aussi, qu'en retour, la situation transforme l'acteur : il peut apprendre d'elle. C'est probablement pour ces trois raisons que l'apprentissage des situations reste toujours difficile à faire et à comprendre. Car les novices sont confrontés d'emblée à toute la difficulté du problème. Assurément, on a trouvé en simulation quelques moyens pour permettre une certaine progression dans l'entrée dans la difficulté du problème. On peut, par exemple, jouer sur le temps qui, certes, comme partout ailleurs, est irréversible. Mais cette irréversibilité devient reproductible : on peut rejouer une situation, ou arrêter momentanément le cours de son évolution pour permettre aux opérateurs de comprendre ce qui se passe. Un deuxième procédé consiste à réguler la difficulté du problème, éviter par exemple d'introduire des incidents dans une formation qui s'adresse à des novices. Un troisième procédé consiste à neutraliser plus ou moins l'environnement. Mais il ne s'agit là que de procédés limités, qui consistent en quelque sorte à appauvrir la situation pour la rendre plus accessible à l'apprentissage. Cela ne peut se faire que jusqu'à un certain point. Car ou bien le novice aborde une situation appauvrie jusqu'à en être dénaturée, ou bien il continuera à être confronté à la complexité de la situation, dans sa réalité indécomposable. C'est la raison pour laquelle la rencontre de conducteurs novices avec les simulateurs pleine échelle constitue toujours un choc : ils ont l'impression d'avoir tout à faire en même temps.

Ce caractère global, événementiel, interactif des situations ne vient pas remettre en question notre problématique sur la conceptualisation de l'action. Mais cela permet peut-être de mettre l'accent sur certains points qui pourraient rester dans l'ombre. Une manière d'aborder cette question est d'analyser la notion de situation-problème. Par rapport au problème que l'opérateur aura à résoudre, la situation constitue à la fois le support, le lieu d'émergence et ce qui donne sens au problème à traiter. Mais, d'un autre côté, c'est parce que la situation recèle un problème qu'elle devient un moment d'apprentissage. En toute rigueur de termes, il faudrait distinguer le moment où un sujet est engagé dans une situation et le moment où il la maîtrise, en la transformant en problème à résoudre. Les didacticiens des mathématiques — nous pensons notamment à Brousseau — ont construit un cadre théorique extrêmement suggestif autour de la notion de situation. Il faudrait toutefois ajouter que, dans le cas des situations professionnelles, le rapport entre situation et problème prend un tour particulier. Dans le cas des didactiques des disciplines, on pourrait dire qu'il y a homologie entre la situation et le problème qu'elle supporte. Mais c'est le problème qui est premier et la situation a pour fonction d'exemplifier le problème posé et de lui donner du sens. Par contre, en didactique professionnelle, la situation est toujours en voie de déborder le problème qu'elle permet de poser. Nous avons vu que la structure conceptuelle d'une situation était une schématisation, donc une réduction de la situation dans son ensemble. Assurément, c'est une réduction pertinente et efficace pour l'action. Mais elle est pertinente par rapport aux objectifs de l'action. Or il suffit que la situation, en évoluant, fasse apparaître d'autres objectifs à poursuivre pour que sa structure conceptuelle soit à réaménager. Du côté de la situation, nous sommes dans le registre du réel, par nature inépuisable. Du côté du problème, nous sommes dans le domaine du conceptuel, avec sa double dimension de connaissance et de maîtrise. Dans les didactiques disciplinaires, le but est d'assimiler des domaines conceptuels : les situations servent d'adjuvants nécessaires. En didactique professionnelle, le but est de maîtriser autant que possible des situations, en les constituant en problèmes à résoudre. Mais ce processus de constitution laisse toujours échapper une partie de la complexité du réel. On peut s'assurer que la structure conceptuelle d'une situation est pertinente, on ne peut être assuré qu'elle soit exhaustive.

Après la complexité, après la dimension conceptuelle, nous souhaiterions insister sur un dernier caractère de l'apprentissage des situations : leur caractère historique et singulier. Nous avons vu qu'une situation est faite non seulement d'objets et de relations mais aussi d'acteurs et d'enjeux, bref d'une histoire. Ce caractère historique, et donc singulier, des situations est un trait particulièrement marqué des séances sur simulateur. Chaque séance débute à partir d'une certaine configuration initiale — partiellement connue et partiellement ignorée des

opérateurs —, se poursuit par un certain nombre d'épisodes, jusqu'au terme de la séance. Mais c'est surtout chaque épisode pris en lui-même qui constitue une petite histoire, voire un petit drame, quand par exemple il se termine par un arrêt d'urgence. Il y a d'abord la disposition initiale du système qui ouvre l'épisode, et qui peut être plus ou moins favorable ou défavorable selon l'état d'équilibre ou de déséquilibre internes du dispositif. On trouve ensuite, pour reprendre une notion de Ricœur (1985), que nous utiliserons comme grille d'analyse, une intrigue, qui est un mixte d'actions intentionnelles, de relations de causalité et de hasards. Et c'est ce mélange d'intentions, de causalité et de hasard qui aboutit au dénouement de l'épisode, heureux ou malheureux. Revenons quelques instants sur la notion d'intrigue chez Ricœur. Pour lui, le temps et l'histoire comportent une double dimension : une dimension épisodique, par laquelle une série d'événements se succèdent et ne font que se succéder (il s'est passé ceci, puis cela) ; une dimension d'intelligibilité s'exprimant par une mise en récit, une configuration, qui consiste en une récapitulation signifiante, opérée à partir de la fin de l'histoire. La mise en intrigue consiste à configurer les épisodes pour les transformer en un récit dans lequel chaque épisode va prendre son sens et sa place par rapport à l'issue finale. On passe d'une simple relation de succession à une relation d'enchaînement. La dimension épisodique est la part de l'histoire (et du temps) qui est irréductible à la conceptualisation. La dimension de configuration est ce par quoi l'histoire nous est intelligible.

Voyons en quoi un épisode critique d'une séance sur simulateur peut être interprété avec cette grille d'analyse. La manière dont les opérateurs vivent la situation constitue un mélange d'actions intentionnelles, de relations de causalité et, partiellement, de hasard. D'abord les actions signifiantes de l'opérateur reposent sur un diagnostic d'état et un pronostic d'évolution plus ou moins justes et complets, dont le but est de modifier certaines dimensions de la situation en vue de trouver une issue favorable. En deuxième lieu, l'opérateur doit prendre en compte un ensemble de relations de causalité, puisque c'est la part de nécessité qui va expliquer à la fois l'évolution du système en dehors de l'action des opérateurs et les résultats générés par les actions de ceux-ci. Quant au hasard, aux phénomènes fortuits, c'est la partie que les instructeurs vont s'efforcer de neutraliser, en évitant notamment d'introduire des événements incidentels ou accidentels dans l'histoire et en neutralisant les incidents non voulus qui peuvent venir du fonctionnement matériel du simulateur. Nous pourrions donc dire que nous avons affaire à une histoire appauvrie, où les opérateurs en formation ont pour objectif de coordonner leurs actions intentionnelles et leurs perceptions des relations de détermination. Ils sont entre prévoir et produire, et leur but est de coordonner ces deux attitudes : prévoir justement l'évolution du système pour produire, au bon moment et avec la bonne intensité, le bon geste. Là, deux scénarios se dessinent.

Ou bien, comme c'est généralement le cas chez les novices, c'est la dimension épisodique qui prend le dessus. L'acteur est alors le jouet des circonstances. Le divorce entre produire et prévoir est à son maximum. Les enchaînements de causalité qui déterminent la dynamique du système viennent prendre le sujet à contre-pied : il s'en aperçoit presque toujours trop tard. De ce fait, quand il agit, c'est en vain ou à contretemps. Il peut posséder des connaissances sur le système, des habiletés, maîtriser des procédures. La dynamique du processus, qu'il perçoit comme un mélange de caprice et de nécessité, s'impose à lui sans qu'il soit capable de renverser la situation par une action appropriée.

A l'inverse, quand on a affaire à des experts, c'est la dimension configuration qui prend le dessus : l'acteur s'insère efficacement dans le jeu. Prévoir et produire sont chez lui deux activités coordonnées. Non seulement il connaît les enchaînements de causalité, mais il est capable de faire un diagnostic de fonctionnement d'ensemble, de repérer les déséquilibres avant qu'ils aient conduit le système dans une position où l'action de l'opérateur sera devenue inefficace. Surtout, il est capable de distinguer les déséquilibres qui ne sont que provisoires et qui vont se rétablir d'eux-mêmes, de ceux qui sont lourds de dérives dangereuses. Comme tout bon stratège, il sait obéir aux circonstances pour mieux les dominer et les renverser à son profit. Même si, sur simulateur, l'histoire est appauvrie, si les épisodes critiques y sont très circonscrits, un opérateur en formation s'y trouve dans la posture d'un acteur historique, soit ballotté par les événements, soit capable de jouer sa partie avec maîtrise et finesse, mais toujours dans le respect de la dynamique propre du processus.

Débriefing et refiguration

Lorsque la dimension épisodique et la dimension configurative ne coïncident pas, on peut penser que le moment de l'analyse faite après coup sera une occasion nouvelle pour reconfigurer les épisodes et comprendre par exemple pourquoi les circonstances ont pris le dessus pour aboutir à une issue défavorable. Or c'est un point qui nous a particulièrement frappés dans notre recherche sur l'apprentissage de la conduite de centrales nucléaires sur simulateurs. Les résultats recueillis donnent à penser que le moyen le plus efficace dans le développement des compétences est non pas la reproduction de l'exercice mais l'analyse de l'action. Refaire, reproduire, imiter sont certes des moyens d'apprentissage, mais le plus puissant semble bien être celui qui consiste à reconstruire. Nous avons ainsi pu observer le groupe de jeunes ingénieurs dont nous avons parlé : ils ont été confrontés, au cours de deux séances successives, à quatre épisodes critiques qui ont sensiblement la même structure et demandent en tout cas à mobiliser le même type de stratégie. Dans le premier épisode, les acteurs sont le jouet des circonstances, la dimension épisodique prédomine et

cela se termine par un arrêt d'urgence. Dans le deuxième épisode, l'instructeur ayant retardé le simulateur d'un quart d'heure, hormis quelques traits de surface qui marquent des différences, le même scénario se reproduit : prédominance de la dimension épisodique, issue malheureuse avec arrêt d'urgence. Dans le troisième épisode, l'instructeur impose quelques consignes précises qui évitent un nouvel échec. Le quatrième épisode se situe le lendemain, lors d'une séance au cours de laquelle il est normalement prévu de reprendre une partie de la séance de la veille. L'observation révèle des différences considérables dans la conduite des acteurs : c'est la dimension configuration qui a pris manifestement le dessus. Les acteurs montrent même une certaine aisance dans leur conduite : ils savent combiner prévision et production. Entre les deux séances, a eu lieu tout un processus d'analyse de ce qui s'est passé.

Il est intéressant de s'arrêter sur les modalités de cette analyse de l'activité. Après chaque séance sur simulateur, a lieu une séance de débriefing. C'est une séance collective, conduite par l'instructeur, qui analyse chacun des épisodes critiques pour comprendre comment les choses se sont passées. C'est aussi l'occasion de reprendre certaines connaissances sur le système, en situation. Les chercheurs ont souhaité intercaler entre les séances sur simulateur et les séances de débriefing, deux séries d'entretiens, individuels, portant également sur la compréhension de la séance sur simulateur. La première série d'entretiens poursuivait l'objectif suivant : demander au sujet de faire le récit de la séance, de repérer les moments critiques (avec issue heureuse ou malheureuse), d'en proposer une explication en termes d'action et de prise d'information, de causes et de conséquences. Dans la deuxième série d'entretiens, on demandait aux sujets de commenter la séance à l'aide d'un ensemble de courbes représentant l'évolution temporelle des principales variables fonctionnelles durant la séance sur simulateur. On avait donc trois moments successifs d'analyse, qui se sont toujours déroulés dans le même ordre, les deux premiers individuels, le dernier collectif. Dans les premiers entretiens, les sujets devaient s'appuyer sur leurs souvenirs. Dans les deuxièmes entretiens, ils disposaient de traces objectives du déroulement, mais représentant une vision éclatée en autant d'aspects qu'il y avait de courbes de variables. Enfin, dans le débriefing, l'instructeur avait pour fonction, non seulement de conduire la séance, mais également de valider ou d'invalider les explications fournies pour chaque épisode critique. Telle était la méthodologie adoptée. La manière dont les sujets l'ont pratiquée n'est pas sans intérêt. Au cours du premier entretien, ils passent du vécu au récit, grâce à l'identification des moments critiques. À la manière des historiens, ils retiennent les faits saillants, ceux qui ont besoin d'une explication particulière. Sur ces faits, ils formulent des hypothèses dont ils explorent les implications en termes de causes et conséquences, de prises d'information et de modalités d'action. Les deuxièmes entretiens à l'aide de courbes fonctionnent comme des moments de

vérification des hypothèses énoncées. Les sujets dépassent très vite la consigne qui leur demandait de commenter en priorité un petit nombre de courbes de variables, pour chercher à s'approprier le matériel qui leur est proposé en fonction de leurs objectifs : ils rapprochent plusieurs courbes, pour vérifier laquelle de deux variables a agi sur l'autre. Ils prennent l'initiative de demander à l'observateur d'autres courbes pour vérifier le bien-fondé de leurs inférences. Enfin le moment du débriefing fonctionne comme un temps d'institutionnalisation (Brousseau, 1986) des interprétations avancées : c'est le moment où des connaissances élaborées à titre privé vont recevoir un statut public, grâce notamment à la validation de l'instructeur.

Voici donc les deux points qu'il nous paraît important de mettre en lumière. Le premier indique l'importance de l'analyse de l'activité dans la transformation de la stratégie des sujets. Avant le temps de l'analyse, quand les acteurs sont confrontés à un moment critique, ils ont du mal à coordonner prévision et production : ils prévoient trop court et agissent souvent à contretemps. Après l'analyse, ils prévoient nettement plus loin et agissent dans le rythme du processus. Le deuxième point nous a amené à décrire les modalités de l'analyse de l'activité : les sujets passent du vécu au récit, de la dimension épisodique de la séance à une recherche d'intelligibilité ; ils formulent des hypothèses qu'ils vérifient ensuite avec les moyens dont ils disposent. Enfin, le moment collectif du débriefing, avec le rôle central de l'instructeur, transforme des connaissances privées en savoir public, entériné et validé, et débouche sur une remise en place des connaissances générales concernant le fonctionnement du système.

Or c'est à ce niveau que l'utilisation de la problématique de Ricœur dans *Temps et récit* nous paraît la plus riche de promesses. Les deux notions que nous voudrions adapter à notre propre problématique sont celles d'intrigue et de refiguration. Nous avons vu plus haut l'intérêt de la notion d'intrigue : « La fécondité de la notion d'intrigue, c'est son intelligibilité. » Il faut y ajouter maintenant l'idée de refiguration, qui représente la posture même de l'analyse ex post. Les sujets qui, en tant qu'acteurs, ont vécu l'épisode comme une rhapsodie d'événements plus ou moins désarticulés, comme un divorce constamment renaissant entre leurs prévisions et leurs actes, peuvent, en tant qu'historiens de leur propre passé, reconstruire les épisodes en un enchaînement intelligible, en faire une intrigue, en s'appuyant sur le fait que désormais ils en connaissent la fin. D'une certaine manière, le temps de l'analyse est également le temps de l'historiographie. Et cela se manifeste par trois caractères. D'une part, on est toujours, comme en histoire, dans la compréhension du singulier. Quand on y parle de causalité, il s'agit de la recherche de causes éventuellement multiples mais portant sur un événement unique. Bien sûr, il y a des relations de détermination. Mais ce qu'il faut comprendre, c'est par exemple cet arrêt d'urgence qui s'est produit à une heure et demie du début de séance, qui correspond à une confi-

guration absolument singulière : c'est cela qu'il faut rendre intelligible. Deuxième trait de l'histoire que l'on retrouve dans notre analyse de l'activité : c'est une recherche portant sur le passé, c'est une démarche d'après coup. Cela a une importance considérable. D'une part, les sujets sont désormais en quelque sorte délivrés de la préoccupation de l'agir. L'action fait partie intégrante du passé, on ne peut plus la modifier, la seule chose qu'on peut faire est de la comprendre. Mais d'autre part, il faut souligner ce point décisif : c'est le fait de connaître la fin qui donne un pouvoir considérable pour reconstruire les épisodes sous la forme d'une intrigue intelligible. Là où l'acteur avait vécu de la contingence (il s'est passé ceci, puis cela), il découvre de la nécessité : il était nécessaire que cela se passât ainsi. C'est la connaissance de la fin qui ouvre toute grande la voie de l'intelligibilité : le sujet, dans une posture d'historien, peut faire le bilan du rôle respectif de ses actions intentionnelles, des enchaînements de causalité et du hasard. C'est par exemple parce que le système technique était dans une position de déséquilibre qui ne pouvait aller qu'en s'accroissant, parce que les opérateurs n'en ont pas pris une claire conscience, qu'on a assisté à un enchaînement des faits qui a abouti à un arrêt d'urgence. Le troisième trait de la posture de l'historien tient en ceci que c'est une connaissance du passé à l'aide de traces objectives. Nous faisons allusion évidemment aux entretiens à l'aide de courbes de variables, mais on pourrait citer aussi les enregistrements vidéo. Plus généralement, on peut savoir gré à Ricœur d'avoir constitué son herméneutique, à la différence de Dilthey ou de l'herméneutique romantique, sur une articulation forte entre expliquer et comprendre. Pour Ricœur, l'herméneutique ne consiste pas à chercher à coïncider avec le vécu de l'auteur. La compréhension du comportement humain se fait dans et par la distance. C'est pourquoi, dit-il, il faut expliquer plus pour comprendre mieux. C'est ce qu'on a pu constater dans la recherche présente : les sujets, en construisant un récit, cherchent spontanément à formuler des hypothèses. Le moment des entretiens avec courbes est alors crucial : c'est celui où les connaissances que les sujets ont sur le système viennent rejoindre leur compréhension de la situation singulière telle qu'elle s'est produite. Il faut ce moment d'objectivation et de mise à distance pour que les spéculations d'un acteur sur ce qu'il a vécu aient la chance, un jour, d'accéder au statut de connaissances publiques, vérifiables et vérifiées. En se détachant, grâce à des traces objectives, de son vécu et de ses souvenirs, le sujet peut utiliser ses connaissances et ainsi, en expliquant plus, il peut se comprendre mieux.

Conclusion : herméneutique et conceptualisation

Partis de la théorie opératoire de Piaget telle qu'elle est interprétée par Vergnaud, nous avons rencontré, chemin faisant, les concepts pragmatiques et

leur caractère dual ; puis, abordant la conceptualisation des situations dynamiques, nous avons introduit la notion de structure conceptuelle d'une situation, avec là encore une double dimension : une dimension épistémique faite de relations de détermination, une dimension pragmatique, faite de relations de signification. Étant donné qu'il est pratiquement nécessaire de posséder de solides connaissances théoriques et techniques sur un système dynamique pour pouvoir apprendre la pratique de la conduite, nous pouvions raisonnablement penser que ce qui est appris sur simulateur, ce ne sont pas les relations de détermination, mais les relations de signification, ou plus exactement : leur construction. Il restait cependant à comprendre comment s'opère cet apprentissage. C'est à ce point que la comparaison entre le travail d'un historien et celui d'un opérateur en position d'analyse de son activité peut être éclairant quand on cherche à appliquer la grille d'analyse de Ricœur. Nous avons été nous-même surpris par l'importance que prenait le moment de l'analyse de l'activité : cette reconstruction, en termes piagétiens, est une refiguration dans la terminologie de Ricœur. Le processus n'est pas particulier aux simulations. Mais il était probablement indispensable de passer par les simulateurs et les possibilités singulières d'analyse qu'ils apportent, pour pouvoir le mettre en évidence. La temporalité est sans doute la dimension fondamentale des situations, ce qui en fait tout autre chose qu'une simple exemplification d'un problème, aussi compliqué soit-il. Il y a dans le temps une dimension d'intelligibilité certes, mais aussi une dimension qui lui résiste : c'est un mixte d'événements et de sens, d'épisodes et d'intelligibilité. C'est exactement ce que l'on retrouve dans la mise en récit : d'un côté l'intelligibilité et la nécessité, de l'autre la succession et la contingence. Il n'est donc pas étonnant que les opérateurs doivent passer par le moment du récit pour construire les relations de signification qui leur permettront de maîtriser leur système. Il serait opportun que les formateurs s'en souviennent et qu'ils s'emploient à bien s'appuyer sur cette dimension historique.

Nous aimerions terminer cet article en montrant que si la conceptualisation et l'interprétation s'appuient l'une sur l'autre, elles ne se recouvrent pas. On pourrait parler à ce propos d'un double étayage. L'interprétation, qui porte toujours sur des situations singulières, est un art ; elle n'est jamais réductible à l'application de connaissances à un donné. C'est la raison pour laquelle les meilleurs experts, qui savent la pratiquer avec beaucoup de finesse, ne se départissent pas d'une grande prudence. La conceptualisation est animée d'un mouvement inverse : par un effort constant d'abstraction, fait de désincorporation (mise à distance du sujet par rapport à la situation où il est engagé) et de décontextualisation, elle vise à repérer des relations stables qui deviendront des savoirs. Or d'une part, dans l'analyse de l'activité, l'interprétation s'appuie sur la conceptualisation : c'est grâce au repérage des relations de détermination que les sujets peuvent transformer ce qu'ils avaient appréhendé comme une suite d'épisodes

en une histoire intelligible. Les enchaînements de causalité sont investis dans l'intrigue, c'est grâce à eux qu'on comprend pourquoi telle action a été efficace, telle autre inutile, alors qu'une troisième n'a fait que précipiter une issue qui de toute façon aurait été néfaste. Mais d'autre part, c'est grâce à la compréhension d'un certain nombre d'intrigues que les opérateurs vont pouvoir, par abstraction, construire des relations de signification. C'est parce que, dans une situation singulière, les sujets se rendent compte qu'ils ont pris un indicateur pour une variable fonctionnelle — alors qu'il n'était que l'image de cette dernière, ce qui les a amenés à une erreur de diagnostic — qu'ils vont accéder progressivement à la compréhension des équilibres de base, représentatifs de la structure conceptuelle de la situation. On ne pourra jamais réduire complètement l'événement à du conceptuel. Mais que saurions-nous des concepts si nous n'avions les événements pour nous servir de guides ?

Bibliographie

- AMALBERTI, R. 1996. *La conduite de systèmes à risque*. Paris, PUF.
- BROUSSEAU, G. 1986. « Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques ». *Recherches en didactique des mathématiques*. N° 7, 2, pp. 38-115.
- CELLIER, J.M. ; DE KEYSER, V. ; VALOT, C. 1997. *La gestion du temps dans les environnements dynamiques*. Paris, PUF.
- HOC, J.M. 1996. *Supervision et contrôle de processus : la cognition en situation dynamique*. Grenoble, Presses universitaires.
- LEPLAT, J. 1997. *Regards sur l'activité*. Paris, PUF.
- PASTRÉ, P. 1997. « Didactique professionnelle et développement ». *Psychologie française*. N° 42-1, pp. 89-100.
- PIAGET, J. 1974. *Réussir et comprendre*. Paris, PUF.
- RICŒUR, P. 1983, 1985. *Temps et récit*. Tomes 1 et 3. Paris, Le Seuil.
- RICŒUR, P. 1986. *Du texte à l'action*. Paris, Le Seuil.
- SAMURÇAY, R. ; PASTRÉ, P. 1995. « La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences ». *Education permanente*. N° 123, pp. 13-31.
- SAMURÇAY, R. ; ROGALSKI, J. 1992. « Formation aux activités de gestion d'environnements dynamiques : concepts et méthodes ». *Education permanente*. N° 111, pp. 227-242.
- SAMURÇAY, R. ; ROGALSKI, J. 1998. « Exploitation didactique des situations de simulation ». *Le travail humain*. N° 61-4, pp. 333-359.
- SAVOYANT, A. (à paraître). *Compétences, performances et activité*. Colloque de Dijon du club Crin, Entreprises et compétences : le sens des évolutions.
- VERGNAUD, G. 1996. « Au fond de l'action, la conceptualisation ». *Dans* : Barbier, J.M (dir. publ.). *Savoirs théoriques et savoirs d'action*. Paris, PUF.
- ZARIFIAN, P. 1995. *Le travail et l'événement*. Paris, L'Harmattan.

