



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

2.3. Transposition didactique

Janine Rogalski

Transposition didactique en formation professionnelle

Janine Rogalski

Laboratoire Cognition & Usages Université Paris8
rogalskij@univ-paris8.fr

PLAN

- La notion de transposition didactique
- Transposer le savoir ou les situations ?
- Différence « simulateur » et « situation de simulation »
- Transposer objet, tâche, dispositif opérationnel, outils ?
- Conservation de fonctionnalités et apprentissages
- Vers une typologie des transpositions

La notion de transposition didactique

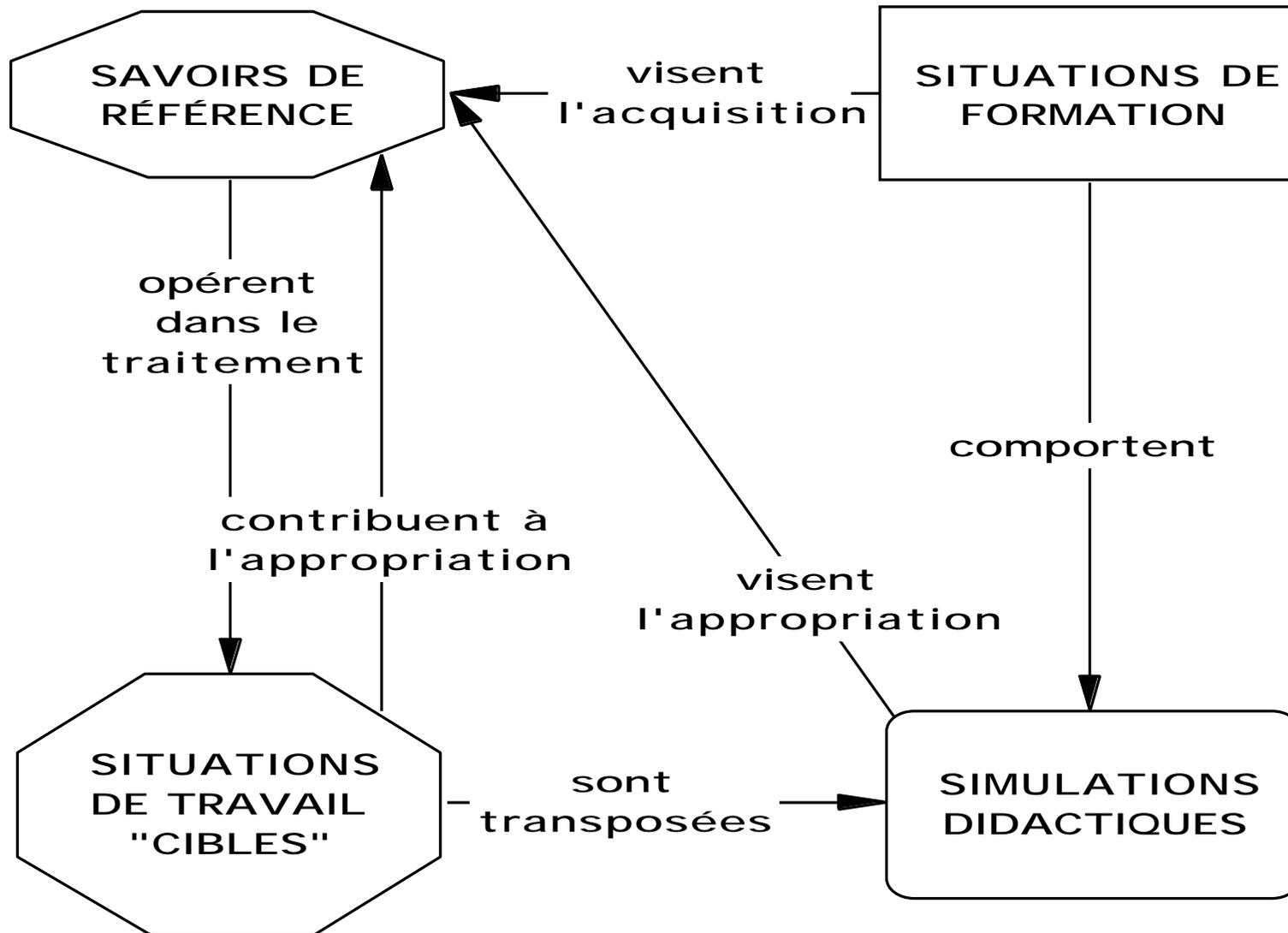
- en didactique disciplinaire : processus de transformation du *savoir savant* en *savoir à enseigner* et en *savoir enseigné*, qui concerne
 - l'organisation du savoir
 - la temporalité de présentation du savoir

Pour être enseignées des notions relevant d'un champ conceptuel sont nécessairement (ré)organisées en tenant compte des potentiels de développement des élèves (en concepts et en processus cognitifs), et ordonnées pour s'intégrer dans la temporalité de l'enseignement.

Transposer le savoir ou les situations ?

- Visée de la formation professionnelle : la *compétence*
- Plusieurs dimensions : des *savoirs de référence*, de *l'organisation de l'action* en situations, « *qualités* » de l'acteur, concourant au *savoir/pouvoir agir efficace*
- Transposition : transformation d'une *situation de travail* en *situation didactique*, qui concerne différents composants de la *régulation de l'activité* du stagiaire en formation

- Les *savoirs de référence* sont des connaissances avérées, à la base de l'action professionnelle efficace ; ils concernent *l'ensemble du processus de travail*
- Quand ils sont directement *objet d'instruction*, ils sont soumis à un processus de transposition de savoir
- Ils peuvent être visés comme *effet de l'activité en situation de simulation* (ex : connaissance des procédures en pilotage)
Leur acquisition dépend alors de la *transposition de la situation de travail cible* en situation de simulation
- La situation de simulation vise aussi le *pouvoir de l'action* : organisation de l'action (ex : temporalité et fluidité d'exécution des procédures au sein de la mission de l'équipage) et 'qualités' de l'acteur



Une (situation de) simulation N'est PAS un simulateur

- La transposition d'une situation de travail cible (ou : de référence) a pour but de contrôler
 - les objets qui sont l'enjeu d'acquisition de savoirs
 - les composantes de la compétence qui sont visées
 - la complexité de la situation de simulation pour le stagiaire
 - la médiation didactique pour agir sur l'acquisition en cours
- Dans cette transposition il *peut* être *utile* d'implémenter des modèles de l'environnement à gérer et des systèmes de contrôle/commande dans des artefacts sous forme de simulateurs : ce n'est pas toujours nécessaire ...

- D'un point de vue didactique, une situation de simulation (et/ou de réalité virtuelle et/ou augmentée) est une *médiation didactique* entre le stagiaire et la situation professionnelle de référence (cible de la formation).
(cf. Samurçay & Rogalski, 1998, fig.1, p. 338)

- la question de la *transposition*
 - NE s'identifie PAS à celle de la *fidélité* d'un simulateur
 - concerne l'ensemble de la médiation didactique, y compris les *potentialités d'intervention didactique* de l'instructeur

- le modèle de *double régulation de l'activité* (cf. Leplat, 1997) fournit une *base d'analyse* de la transposition

Double régulation de l'activité et transposition

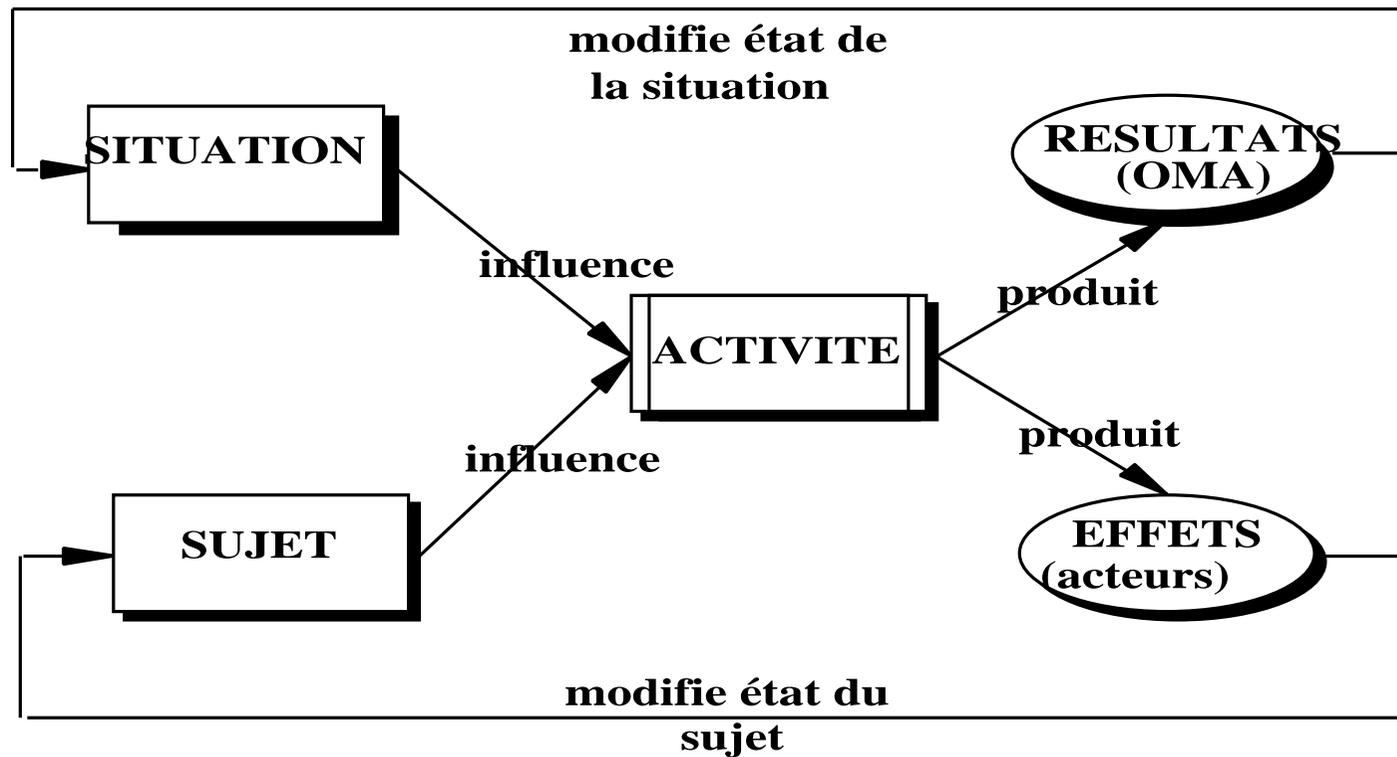


Schéma de double régulation de l'activité (d'après Leplat, 1997)

Transposer objet de l'action, tâche, dispositif opérationnel, outils, risques ?

Le schéma oriente l'analyse de la transposition selon

Les déterminants :

- composants de la situation de référence
- posture du stagiaire par rapport à la situation

Le processus de régulation :

- résultats (impact sur les objets d'action)
- effets sur le stagiaire
- retour sur l'activité elle-même (réflexivité)

La médiation humaine entre le sujet et son activité

Transposition par *action sur les déterminants de l'activité*

- Situation :
 - tâche(s) dans un réseau de tâches
 - nature de la tâche*, objet d'action et état-cible*, ressources & contraintes*, modes et critères d'évaluation de l'action*, interaction autres tâches*...
 - position de l'acteur dans un réseau d'acteurs
 - type de coopération*, espace d'autonomie*, instruments d'interaction*, systèmes de valeurs (?) ...
- Sujet :
 - finalité personnelle de l'activité (?)
 - posture du sujet par rapport à la situation*
 - découplage de fonctions (acteur / observateur)*

Transposition par *action sur la régulation par « retour » sur l'activité*

- Résultats
 - risques*, délai*, nature de la connaissance des résultats* de l'action...
- Effets
 - risques*, impact cognitif et émotif (?)
- Relation activité / résultats (& effets ?)
 - nature de la connaissance sur l'activité réalisée*, de ces liens avec les résultats (& effets ?)

Transposition par *action sur la médiation de l'instructeur*

Les « cibles » de la transposition

- *Les objets de l'action* : des simulateurs 'pleine échelle' (ex : pilotage, nucléaire) à la schématisation des objets informatiques (ex : simulation grues)
- *Les outils de contrôle/commande* : schématisation et réalité augmentée dans la régulation de l'action (ex : chirurgie)
- *Les tâches* :
 - organisation : découpage (ex : procédures dans pilotage)
 - découplage (ex : suppression des interactions), focalisation
 - temporalité : constantes de temps, arrêts de l'horloge
- *Les acteurs* :
 - découplage de fonctions (ex : acteur / observateur autrui)
 - avatars et acteurs humains

Conservation de fonctionnalités et apprentissages

La question commune à l'analyse de la transposition et/ou au contrôle de ses effets : quelles *fonctionnalités* de la situation-cible sont conservées ; quels apprentissages sont possibles ?

Une distinction dans la visée didactique : *savoir pour l'action* et *pouvoir d'action*

« Pôles » :

- apprentissage d'*actes perceptifs* et/ou *moteurs*
- acquisition d'*outils cognitifs opératifs* (représentations fonctionnelles, méthodes de traitement de problèmes ...)

Vers une typologie des transpositions

Pour l'analyse et pour la conception de *situations de formation professionnelle* utilisant simulation, réalité virtuelle et réalité augmentée, l'*identification du type de transposition* est liée à l'anticipation de la validité de la simulation en termes d'apprentissages attendus.

Une typologie des transpositions s'appuie sur l'identification des *valeurs prises sur les dimensions* « déterminants de l'activité, régulation, action didactique », intervenant dans le *lien entre situation-cible et situation de simulation*, relativement à une *intention didactique*. Elle n'est pas une typologie des outils techniques de la simulation...

Bibliographie

- Chevallard, Y. (1985/1991). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée sauvage.
- Dubey, G. (2001). La simulation à l'épreuve du lien social. *Le Travail Humain*, 64(1), 3-28.
- Eyrolle, H., Mariné, C., & Mailles, S. (1996). La simulation des environnements dynamiques : intérêts et limites. In J.-M. Cellier, V. De Keyser & C. Valot (Éds.), *La gestion du temps dans les environnements dynamiques* (pp. 103-121). Paris: PUF.
- Jansens, L., Grotenhuis, H., Michiels, H. & P., V. (1989). Social organizational determinants in nuclear power plants : operators training in the management of unforeseen events. *Journal of Occupational Accidents*, 1 (1), 121-129.
- Leplat, J. (1997). *Regards sur l'activité en situation de travail*. Paris / PUF.
- Marc, J., & Rogalski, J. (2003). Contribution to safe collective management in dynamic situations. The case of a medical emergency centre (SAMU). In G. van der Veer (Ed.), *CSAPC'03*. Amsterdam.
- Pastré, P. (2004). Introduction. In R. Samurçay & P. Pastré (Éds.), *Recherches en didactique professionnelle* (pp. 1-13). Toulouse : Octarès.
- Pastré, P. (Éd.) (2005). *Apprendre par la simulation*. Toulouse: Octarès.
- Rogalski, J. (1997). Simulation dans la formation à la gestion d'environnement dynamique : approche de didactique professionnelle. In M. Baron, P. Mendelsohn & J.-F. Nicaud (Eds.), *EIAO'97 Environnements Interactifs d'Apprentissage avec Ordinateur* (pp. 25-36). Paris : Hermès.
- Rogalski, J. (1997). Simulations : fonctionnalités ? validité ? In P. Béguin & A. Weill-Fassina (Éds.), *La simulation en ergonomie: connaître, agir et interagir* (pp. 55-76). Toulouse: Octarès.
- Rogalski, J. (2005). Dialectique entre processus de conceptualisation, processus de transposition didactique de situations professionnelles, et analyse de l'activité. In P. Pastré (Éd.), *Apprendre par la simulation. De l'analyse du travail aux apprentissages professionnels* (pp. 313-334). Toulouse: Octarès.
- Rogalski, J., Plat, M., & Antolin-Glenn, P. (2002). Training for collective competence in rare and unpredictable situations. In N. Boreham, R. Samurçay & M. Fischer (Éd.), *Work Process Knowledge* (pp. 134-147). London: Routledge.
- Rogalski, J., & Samurçay, R. (1994). Modélisation d'un savoir de référence et transposition didactique dans la formation de professionnels de haut niveau. In J. Arzac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand & A. Tiberghien (Éds.), *La transposition didactique à l'épreuve* (pp. 35-71). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Samurçay, R., & de Keyser, V. (Éds.) (1998). *Formation, simulateur et simulation*. Numéro spécial. *Le Travail Humain*, 61(4).
- Samurçay, R., & Rogalski, J. (1998). Exploitation didactique des situations de simulation. *Le Travail Humain*, 61(4), 333-359.
- Schmidt, R. A., & Wulf, G. (1997). Continuous concurrent feedback degrades skill learning: implications for training and simulation. *Human Factors*, 39(4), 509-525.

**EXPLOITATION DIDACTIQUE
DES SITUATIONS DE SIMULATION**

par R. SAMURÇAY et J. ROGALSKI*

SUMMARY

DIDACTICAL USE OF SIMULATIONS

The different contexts of use for simulations are described, together with the main problems related to their use for didactical purposes. It is argued that criteria for evaluating simulations cannot be reduced to the technical properties of simulation devices.

A simulated situation is defined as a mediator between the trainee and the work situation (reference situation). We propose two new axes of analysis as a tool for the design and study of simulated situations: didactical transposition and the activity of trainers.

Didactical transposition is the process by which the properties and functionalities of reference situations are transposed into simulated situations. Three dimensions of transposition are defined : decomposition, disassembling and zoom. Decomposition consists of the isolation of specific sub-tasks, so that subjects can be trained in them separately before attempting the global task. Disassembling consists of the suppression or restriction of interactions between sub-systems. Zoom consists of focusing on particular aspects of the reference situation for didactical purposes. The effects of each type of transposition are discussed in terms of the conservation of the functionalities of the work situation.

The level of modelling of the task environment is then discussed. The transposition of an operational device is identified as a difficult task for simulation. Task transposition is analyzed into four dimensions : scope of the task, task difficulty, possibility of the evaluation of task performance by the subject and temporal variables.

The activity of trainers is analyzed as a type of dynamic environment management and it is assumed that trainers' strategies and decisions in the control of simulated situations have important effects on the competencies that trainees acquire. The different stages of training are discussed: briefing, on-line situation management and debriefing. The different forms of guidance the trainers use when managing the simulated situations is described. Finally, there is a discussion of the different support systems which may be developed for trainees and trainers.

Key words : *Simulators, Simulated situations, Training, Didactical transposition, Trainer's activity, Dynamic environment management.*

* CNRS-Université de Paris8, ER125 : Cognition et Activités Finalisées, 2 rue de la Liberté F-93526 Saint-Denis Cedex2.

I. INTRODUCTION

L'objectif de ce texte est de proposer un cadre de réflexion sur le processus de formation professionnelle en situation simulée. On prend un point de vue jusqu'ici négligé dans la littérature qui est celui : (1) des situations didactiques dans lesquelles les simulateurs interviennent comme des outils parmi d'autres et (2) de la manière dont celles-ci sont gérées par des instructeurs ou formateurs comme des médiateurs dans le processus de transmission de compétence.

L'exploitation didactique des situations de simulation concerne plusieurs éléments en interaction : les finalités de l'utilisation de simulateurs, les variables qui mettent en rapport situations de simulation et situations réelles, l'activité de l'instructeur dans la conduite des situations.

La psychologie et les études orientées "facteurs humains" se sont intéressées depuis longtemps aux facteurs (degré de fidélité des simulateurs, forme et contenu de présentation de l'information, etc.) qui favorisent l'apprentissage, le transfert et le maintien des compétences : on peut retrouver dans ce numéro des articles qui font le point sur ces questions. Dans ce dernier cas l'accent est mis sur les relations entre les caractéristiques des simulateurs et les transferts de compétences qu'elles permettent de réaliser. L'ergonomie qui considère généralement les problèmes de formation en dehors de son champ fait surtout un usage des situations de simulation soit pour l'analyse de l'activité, soit pour la conception de nouvelles situations de travail (Béguin & Fassina, 1997).

La problématique du statut didactique des situations de simulation à la fois rejoint et diffère de la question de l'utilisation des simulations pour l'étude de l'activité des sujets dans des systèmes complexes, comme celle de l'utilisation pour la conception. Une cible principale de l'utilisation de simulations pour la recherche comme pour la formation (Bainbridge & Quintanilla, 1989; Leplat, 1989, Brehmer, Leplat & Rasmussen, 1991) est la gestion d'environnements dynamiques, bien que la simulation de systèmes soit aussi utilisée pour la formation à d'autres types de tâches comme la maintenance et le diagnostic de pannes (Patrick, 1992, 1993; Allen et al, 1996; Shepherd et al, 1977).

C'est sur la gestion d'environnements dynamiques que nous nous centrerons pour proposer un cadre d'analyse des situations de simulation et de leur conduite, par les instructeurs, en tant que situations didactiques.

Qu'il s'agisse de la formation ou de la recherche, l'utilisation de simulations permet de manipuler des variables problématiques, en particulier les conséquences des actions dans les situations à risque, la complexité des systèmes techniques et organisationnels, la temporalité des processus en jeu. Brehmer, Leplat et Rasmussen

(1991) ont souligné la connexion étroite entre les simulateurs utilisés dans la formation et la nouvelle forme d'expérimentation ouverte par les simulations d'environnements complexes. Le caractère producteur des simulateurs a été souligné par Leplat (1989) : "les simulateurs qui n'ont pas de contraintes de productivité permettent l'exploration systématique du principe de connaissance des résultats [...], le "formatage de l'action" [qui] impose une procédure de résolution dont on signale tout écart et l'apprentissage adaptatif [qui maintient] un niveau constant de difficulté".

Au caractère a priori producteur des simulations est intrinsèquement associé un caractère réducteur dû à la transformation même du réel en simulation : la double question de la pertinence et de la validité des situations de simulation se pose, que l'on considère l'étude de l'activité à visée épistémique ou qu'on vise la transformation des compétences des sujets vis à vis de situations réelles de travail. Les limites de la simulation à visée "épistémique" ont été montrées par Eyrolles et al. (1996) du point de vue essentiellement du traitement du temps, en mettant en parallèle les résultats d'études conduites dans quatre types de situations : naturelles, simulations réalistes, simulations partielles et enfin de micro-mondes. Dans ce cadre, les caractéristiques des sujets étudiés apparaît essentiels et les auteurs proposent de "réserver le terme de simulation naturelle aux études centrées sur des sujets opératifs, (c'est à dire professionnels)" (p.117). Une revue de la littérature sur le transfert de l'entraînement (essentiellement dans le champ de l'aviation) met en évidence le nombre relativement restreint d'études de terrain consacrées à la question de la validité et la dominance de validations indirectes ou pragmatiques (Doireau et al, 1995). Par exemple la comparaison porte sur des distributions statistiques de comportements des sujets en formation avec celles observées avec d'autres sujets en situation réelle. Les études sur les stratégies de formation ont été souvent conduites sur des micro-mondes (Donchin et al., 1989); les résultats obtenus posent souvent le problème de leur validité écologique (situations professionnelles avec des sujets opératifs). Lintern (1991) dans une analyse de la stratégie de formation par décomposition souligne qu'il serait décourageant "de penser que c'est la tâche qui est la plus importante et non un avantage généralisable de la formation par décomposition". Il insiste sur le fait que qu'il faut maintenant développer une formulation théorique forte dont l'absence empêche la généralisation des résultats obtenus avec des micro-mondes dans des situations expérimentales à une gamme plus large de tâches réelles et complexes. Notre proposition de cadre d'analyse s'inscrit dans un tel projet.

L'approche présentée sera explicitée dans le champ de la formation à la gestion d'environnements dynamiques. A un pôle, le pilotage d'avions et la conduite de centrales nucléaires seront considérés comme des prototypes de gestion de processus fortement modélisés (dans lesquels l'action est médiatisée par des systèmes de contrôle / commande hautement automatisés) qui justifient la place des simulateurs dans

une problématique de formation. A l'autre pôle, on considèrera la gestion de sinistres et d'accidents industriels (situations dynamiques ouvertes peu ou pas modélisées, dans lesquelles la médiation est effectuée par des acteurs humains dans des dispositifs opérationnels dont la mise en place fait partie de la tâche).

Nous présenteront d'abord les situations de simulation comme des situations didactiques. Dans ce cadre nous proposerons les axes d'analyse de la transposition des situations de travail en situations didactiques. La conduite des situations de simulation sera l'objet de la deuxième partie où l'instructeur est considéré comme gérant lui-même un environnement dynamique. Ces deux axes de réflexion visent, d'une part, à inviter les concepteurs de simulateurs de formation à intégrer dans le processus de conception des éléments d'usage qui ne sont pas donnés par les caractéristiques techniques des simulateurs, et, d'autre part, à proposer aux instructeurs des éléments pour penser leur activité dans la gestion des situations de simulation.

II. DES SIMULATEURS VERS LES SITUATIONS DE SIMULATION

Jusqu'à il y a récemment, on a considéré que qualité de la fidélité technique et psychologique des simulateurs suffisait à assurer la qualité des compétences construites dans l'interaction avec ces simulateurs, dans des situations d'action. Cela a conduit les concepteurs et développeurs de système à mettre l'accent de plus en plus sur les aspects techniques des simulateurs sans qu'une réflexion approfondie soit menée sur leur utilisation didactique. On a souvent confondu le réalisme des simulateurs avec leur efficacité dans la formation des compétences, en faisant l'hypothèse que plus les simulateurs étaient proches de la réalité qu'ils simulaient plus ils permettaient la construction des compétences opérationnelles. Or il apparaît aujourd'hui que les conditions d'utilisation des simulateurs (les caractéristiques des situations didactiques qu'on construit et la manière dont elles sont menées par l'instructeur) jouent un rôle aussi - sinon plus - important que les caractéristiques du système technique lui-même. Cela nécessite de reconsidérer les variables ayant un effet sur la construction des compétences et, par conséquent, celles sur lesquelles on peut agir pour favoriser les conditions des acquisitions visées. Au lieu de mettre l'accent sur les caractéristiques des simulateurs comme tels, l'accent doit être mis sur les caractéristiques des situations mises en scène dans lesquelles on fait jouer aux simulateurs un rôle de médiateur particulier.

II.1. SITUATIONS DE REFERENCE, TRANSPOSITIONS ET SIMULATEURS

On appellera **situation(s) de référence** la classe des situations de travail qui, dans le processus de formation, sont la cible du développement de compétences. Les situations de travail sont définies comme un ensemble de tâches (un but à atteindre avec

un système de ressources et de contraintes) et d'acteurs dans un dispositif organisé. Une situation de référence peut être **actuelle**, c'est à dire existant dans le cadre du travail réel (par exemple décollage d'un avion ou variation de charge sur une tranche de centrale). Elle peut être **potentielle ou virtuelle**, comme c'est le cas pour la formation à des situations incidentelles ou accidentelles (que le sujet en formation peut ne jamais ou rarement rencontrer dans sa vie professionnelle, comme par exemple le décollage d'un avion avec un feu moteur ou une brèche dans le circuit primaire d'une centrale) ou comme c'est le cas lorsque la formation vise par exemple la conception d'un nouveau système technico-organisationnel.

Dans une visée didactique, on effectue une transposition d'une situation de référence dans une **situation de simulation**¹. Cette transposition a pour but de contrôler : les objets qui sont l'enjeu d'acquisition de connaissances, les composantes de la compétence cible de la formation en cours, et la complexité de la situation de simulation pour le sujet.

Dans une telle transposition, il peut être nécessaire et utile d'implémenter des modèles de l'environnement à gérer et des systèmes de contrôle / commande dans des artefacts (physiques, informatiques, symboliques, ...) sous forme de simulateurs². Toutefois la conception de situations de simulation à visée didactique ne se réduit pas à celle de simulateurs, et le problème de la pertinence d'une simulation comme moyen pour atteindre des buts de formation ne s'identifie pas à celui de la fidélité physique ou fonctionnelle des simulateurs. Le passage de la situation de simulation à la situation de référence pose le problème du domaine de validité des acquis, problème que l'on peut aborder par l'analyse des fonctionnalités de la situation de référence qui ont été ou non conservées dans la transposition (Rogalski, 1995a).

II.2. SITUATIONS DE SIMULATION COMME MEDIATION

La figure 1 ci-dessous représente la médiation entre sujet et situation de référence par la situation de simulation.

¹L'extension de la notion de transposition didactique initialement développée dans le champ de la didactique disciplinaire Chevallard (1985) au champ de la formation professionnelle a été développée dans (Rogalski & Samurçay, 1994a; Rogalski, 1997).

²On peut aussi considérer l'implémentation de modèles d'acteurs. Brehmer, Leplat et Rasmussen (1991) ont toutefois souligné parmi les problèmes de simulateurs que "dans des systèmes sociaux intentionnels, le comportement est contrôlé [par les sujets] en attribuant des mobiles ou des intentions et qu'il est plus difficile de déterminer dans ce cas les attentes des sujets que par rapport à des systèmes causaux physiques (op. cit., p.380).

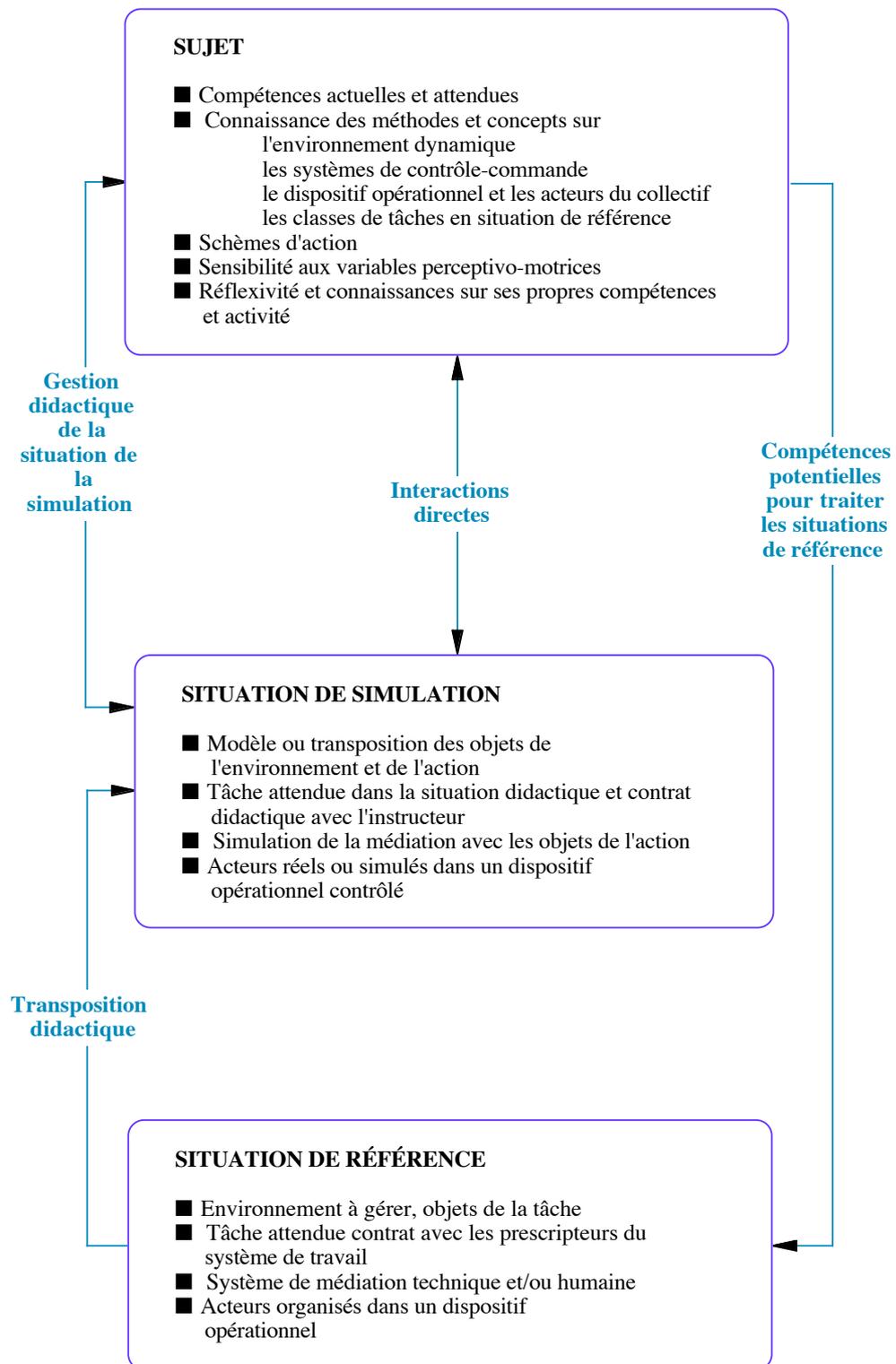


Fig.1. - Schéma de la médiation sujet / situation de référence via la situation de simulation. La construction de compétences passe à la fois par des interactions directes et indirectes via la transposition didactique de la situation de référence

Mediation of the subject / work situation relationship through simulated situations. The construction of work competence occurs by direct and indirect interactions with the didactical transposition of the reference situation.

La transformation des compétences du sujet va avoir lieu d'une part, par l'activité engagée directement dans la situation de simulation, et d'autre part, par la médiation de l'instructeur. Celui-ci va agir en effet sur la gestion des variables de la situation de simulation, à travers les attentes et les évaluations exprimées sur l'activité des sujets. On verra ultérieurement que les interventions de l'instructeur peuvent s'effectuer en temps réel ou différé.

Dans la mesure où les situations de simulation sont toujours une transposition des situations de référence, ce schéma permet de positionner ou de questionner la nature de la transposition (réductions, amplifications ou modifications qui ont été opérées par rapport à la situation de référence), qu'elle soit due à des choix délibérés, aux contraintes techniques de conception ou encore aux contraintes liées au dispositif de formation .

Par exemple, dans le domaine de l'aéronautique, du nucléaire ou du transport ferroviaire, on trouve plusieurs types de simulateurs et de situations simulées pour la formation. Les simulateurs d'airbus FFS (Full Flight Simulator) reproduisent de façon entièrement identique le comportement de l'avion, les automatismes de l'avion, les systèmes de contrôle de la navigation et d'aide à la conduite (Rogalski et Samurçay, 1994b). Le paysage extérieur (par ex., les pistes d'atterrissage et de décollage) est simulé à l'aide de l'image de synthèse. Pour des raisons de coût et de réalisme, seul le paysage en temps de nuit est simulé³. Les autres acteurs comme le contrôleur aérien, ou le chef de cabine sont simulés, si nécessaire par l'instructeur (qui a évidemment une connaissance directe de ce qui se passe dans l'avion contrairement au contrôleur dans la situation de référence). De même, dans le domaine de la conduite de centrale nucléaire, les simulateurs dits *pleine échelle* reproduisent d'une façon quasi fidèle le fonctionnement du réacteur et des circuits primaire et secondaire, les régulations automatiques ainsi que les systèmes de contrôle / commande et d'information (synoptique, enregistreurs, boutons actionneurs, etc.). A ce niveau, les vannes, soupapes, etc. sont simulées informatiquement. Selon la tâche et les besoins de la formation, les autres acteurs (chef de quart, ingénieur de sûreté, rondiers etc.) et le dispositif opérationnel (le dispatching, les organismes de sûreté, etc....) sont simulés par des instructeurs qui - eux-mêmes - peuvent éventuellement disposer d'outils informatisés d'aide à la simulation. Dans ce domaine il existe également un autre type de simulateur sur micro-informatique qui simule le comportement d'une tranche : les modèles ici ont été délibérément schématisés et la simulation du système de contrôle / commande n'est plus analogique mais symbolique : au lieu d'appuyer sur un bouton de réglage, l'utilisateur clique sur un bouton de l'écran. Le retour d'information

³Cela est considéré ne posant pas de problème majeur pour la formation, car les approches en temps de nuit sont considérées plus complexes que celles du jour.

sur l'intensité de l'action est différent dans les deux cas et pour certaines tâches cette différence peut avoir une importance.

Dans d'autres domaines on peut trouver des situations de simulation qui ne comportent pas de simulateur au sens où nous l'avons défini plus haut. Par exemple, dans le domaine de la Sécurité Civile (Rogalski, 1995b; Rogalski & Antolin, 1997), on trouve des exemples de situations de simulation où l'ensemble des éléments est simulé par des humains (instructeurs, d'autres stagiaires, etc.). Cela est en grande partie dû à l'impossibilité d'avoir des modèles calculables réalistes de l'environnement dynamique à contrôler. En revanche, dans la mesure où dans ce type de situation le système de contrôle / commande est presque entièrement médiatisé par des opérateurs humains, la simulation de ce dernier reste fidèle à la situation de référence.

En général les micro-mondes sont entièrement informatisés et simulent l'ensemble des éléments présentés ci-dessus. De ce fait, on peut avancer l'idée qu'ils ne simulent jamais une situation de référence mais une "métaphore" de celle-ci : d'où les problèmes de validité écologique qui se posent à leur propos. L'objectif ici n'est pas de rejeter l'utilisation des micro-mondes à l'usage didactique, mais de souligner la nécessité de bien analyser les limites des métaphores. Par exemple, le micro-monde New-Fire utilisé comme paradigme d'environnement dynamique (Brehmer & Allard, 1991) ne simule en fait, ni un feu de forêt, ni un dispositif d'intervention par rapport à la situation de référence professionnelle; son utilisation pour la formation des professionnels est très difficilement envisageable.

La question cruciale est de savoir quelles situations doivent être simulées, compte tenu des caractéristiques des simulateurs et des acquisitions visées. Par exemple, certaines réductions que présentent des modèles d'environnements peuvent s'analyser de prime abord comme un défaut de fidélité fonctionnelle ; elles peuvent être exploitées avec profit en situation de simulation, pour la compréhension de certains phénomènes accentués par rapport à la réalité du fait même de la schématisation présentée par le modèle.

L'exploitation didactique des situations de simulation concerne les deux moments de la médiation sujet / situation : la transposition et la gestion⁴ des situations. Nous allons maintenant proposer les axes d'analyse des relations situations de travail / situations de simulation en référence à la figure 1, et la place des simulateurs dans la transposition. Tout d'abord on va rappeler brièvement les dimensions des compétences à construire pour la gestion d'environnements dynamiques.

⁴L'approche didactique professionnelle retenue est ici parallèle à celle de la didactique disciplinaire dans laquelle le processus de transposition et la gestion de situation de didactique sont deux concepts clés de l'analyse de l'enseignement. L'analyse épistémologique des savoirs en jeu est ici remplacée par l'analyse des tâches et activités professionnelles.

III. NATURE DES COMPÉTENCES DANS LA GESTION D'ENVIRONNEMENTS DYNAMIQUES

Les dimensions des compétences à construire pour la gestion des environnements dynamiques ont été identifiées et analysées dans diverses situations de travail (Amalberti, 1996; Bisseret, 1995; Cellier et al. 1996; Hoc, 1996)⁵. Dans l'activité des opérateurs expérimentés ces dimensions se manifestent bien entendu d'une façon entièrement intégrée et orientée par la réalisation des buts. Ainsi les activités de diagnostic, d'anticipation, de prévision des risques et de leurs conséquences, de construction des moyens et de décisions d'action et du suivi de leurs effets font appel à des systèmes de représentations et d'organiseurs de l'activité orientés par des buts d'action.

Il s'agit notamment des représentations et concepts sur les objets de l'environnement (structure, fonction et comportement du système) et sur les relations entre ces objets (causalité entre les variables, les composants); des connaissances sur la structure et l'utilisation des systèmes de contrôle / commande (interface, automatismes); des connaissances de contrôle de l'action (règles, procédures, heuristiques, méthodes,...), des connaissances sur le dispositif opérationnel et le fonctionnement du travail collectif. Il faut ajouter à celles-ci des représentations sur le fonctionnement de ses propres compétences qui, comme l'ont montré Valot et al. (1993), jouent un rôle important dans la gestion des ressources cognitives par des opérateurs expérimentés, notamment dans des situations de gestion des risques et le contrôle de stress. De même la sensibilité aux informations perceptives fait partie des dimensions de l'expertise, comme cela a été montré dans des tâches de comparaison d'informations auditives (Nosulenko et al., 1996; Samoylenko et al., 1996). Lintern et Liu (1991) se sont appuyés sur des études de la perception (en particulier Gibson, 1979) pour considérer que l'apprentissage perceptif, sur des simulateurs conçus en ce sens, peut être un moyen de construction de la sensibilité à des invariants fonctionnels et de la calibration de ces invariants aux capacités du système contrôlé.

Une partie importante de ces différents types de connaissances peuvent être construites dans des formations à visée épistémique, mais leur opérationnalisation et leur intégration dans des organisations d'activités efficaces ne peut se faire qu'à travers des situations d'action. De même, la construction de certaines dimensions de compétences comme la sensibilité aux variables perceptivo-motrices (par exemple, intensité de l'action, variations observées dans l'évolution de paramètres, délais de réponse des actions, temporalité des événements ou actions, configurations d'états ou d'évolutions...), la gestion dynamique de l'activité collective, la gestion des risques et du stress en temps réel, nécessitent des situations de formation à visée pragmatique.

⁵Nous ne citerons ici que les ouvrages de synthèse récents pour ne pas allonger la liste des références.

Cependant, les données de la littérature montrent qu'il ne peut pas y avoir de coupure nette entre ces deux formes de construction de compétence. D'une part, les situations d'action sont également productrices de concepts et de représentations par des processus de conceptualisation d'action (Kluwe, 1996; Moray et al, 1986; Marescaux & Luc, 1992; Pastré, 1994). D'autre part, certaines pratiques efficaces, qui ne s'actualisent que dans l'action, peuvent faire l'objet d'une explicitation et d'une mise en représentation externe devenant ainsi transmissibles dans des formations à visée épistémiques (Rogalski & Samurçay, 1994a; Samurçay, 1995; Samurçay & Pastré, 1995).

Le problème n'est donc pas tant de savoir s'il vaut mieux d'abord faire un enseignement à visée épistémique avant d'utiliser les situations de simulation comme des situations d'application : il faut établir et gérer une relation dialectique entre les deux types de situations. Il faut toutefois souligner que même si les résultats empiriques ne permettent pas de conclure précisément sur la nature des compétences que les sujets construisent dans des situations de simulation à travers l'action, ils convergent sur certains points (Kluwe, 1996; Samurçay, 1995; Moray et al, 1986; Bisseret, 1995; Wagemann & Percier, 1995). Dans des apprentissages à court terme les sujets acquièrent d'abord des connaissances sur les propriétés et le fonctionnement des systèmes de contrôle / commande simples (qui ne sont pas des systèmes d'aide automatisés et/ou des systèmes gérés par des automatismes complexes). La construction de connaissances profondes sur le fonctionnement du processus et sur les relations de causalité qui déterminent des compétences de contrôle (diagnostic / anticipation / action) se fait dans la durée, et certainement dans des temps qui dépassent largement les durées sur lesquelles portent les études empiriques. Nous avons distingué plus haut les automatismes et les systèmes d'aide automatisés (comme par exemple le FMS - Flight Management System - des cockpits d'avion) des simples supports de contrôle / commande (comme les enregistreurs, les manettes d'ouverture de vannes etc...). Bien qu'il existe peu d'études spécifiques à ce sujet, les quelques résultats existants soulignent que la construction des représentations opérationnelles liées à de tels automatismes restent une acquisition difficile dans des situations de simulation analysées (Wagemann & Percier, 1995; Rogalski & Samurçay, 1994b; Bisseret, 1995).

IV. DIMENSIONS DE LA TRANSPOSITION

Un des problèmes essentiels de la formation professionnelle est la gestion de rapports étroits entre la complexité des situations de référence et les difficultés relatives des situations de formation. Pour la clarté de l'exposé nous réservons la notion de complexité pour décrire les caractéristiques intrinsèques des situations (la quantité et la qualité des variables, relations, opérations, concepts, marges de précision spatio-temporelle, risque etc...) impliquées dans la réalisation de la tâche. Par difficulté, nous entendons le rapport sujet-tâche. Ainsi une tâche de même complexité peut être de

niveaux de difficulté différents pour des sujets ayant des niveaux de compétences différents.

Les situations de simulation peuvent s'analyser du point de vue des composants par lesquels nous décrivons les situations et des articulations entre ces derniers. Trois modes de décomposition de ces composants et de leurs relations peuvent intervenir dans la transposition : découplage, découpage et focalisation. D'autre part, la transposition peut porter sur les niveaux de traitement, sur le dispositif opérationnel, et sur les tâches elles-mêmes.

IV.1. MODES DE DECOMPOSITION : DECOUPAGE, DECOUPLAGE, FOCALISATION

Les situations de formation ne pouvant pas traiter de la complexité globale des situations de travail⁶, car le degré de difficulté serait trop grand pour les apprenants, les dispositifs de formation ont depuis toujours utilisé des décompositions de la complexité. Nous caractériserons trois modes de décomposition comme procédés de transposition. Les **découpages**, correspondent à des finalités particulières et définissent des éléments partiels de la situation portant sur différents composants : il peut s'agir des objets de l'action, des tâches, des systèmes d'acteurs. Ainsi, le simulateur pleine échelle utilisé pour la qualification à un type d'avion conserve les objets de l'action de pilotage et systèmes de contrôle / commande, mais découpe des sous-tâches de décollage, atterrissage, traitement d'incidents répertoriés. Le système d'acteurs en jeu dans la formation est le seul équipage.

Les méthodes de découpage partie-tout ou d'apprentissage *global* versus *fractionné* relèvent de ce mode de transposition. Elles ont eu pour but de répondre à l'objectif de décomposer la complexité des situations de référence pour amener l'apprenant progressivement à la maîtrise de la totalité (Bainbridge, 1989a; Patrick, 1992; Frederiksen & White, 1989). On trouve dans la littérature différentes modalités de découpage : par système / sous-systèmes pour l'acquisition des systèmes complexe (Bainbridge, 1989b), par tâches / sous-tâches -certaines sous-tâches étant communes à la réalisation des différentes tâches (Frederiksen & White, 1989); par catégories de données et de processus à manipuler (Bisseret, 1995).

Cela dit, il est rare que les découpages soient faits selon une dimension unique. Pour l'acquisition des compétences dans le contrôle d'un micro-monde (Fortress game) Frederiksen et White (1989) proposent une double décomposition basée sur l'analyse des compétences des sujets experts en termes de buts stratégiques suivis par ces derniers. Un premier axe de décomposition est basé sur les stratégies expertes pour réussir la tâche d'ensemble, le deuxième axe est basé sur la nature des habilités à acquérir (perceptivo-motrices, conceptuelles, procédurales, stratégiques, etc.) au service

⁶Sauf dans le cas de la formation sur le tas où l'apprenant est d'emblée immergé dans la complexité des situations de travail

des stratégies définies dans la décomposition. Ainsi la séquence de formation est composée de modules (sous-jeux) dont l'objectif est d'entraîner les apprenants à développer des compétences orientées par les buts stratégiques visés dans leurs différentes composantes. En d'autres termes, l'objectif ici est d'essayer de maintenir dans chaque module la complexité de la tâche globale - au moins en terme de contexte - et de centrer l'activité de l'apprenant sur les éléments à acquérir. L'apprentissage sur la base de cette décomposition comparé à l'apprentissage global apparaît plus efficace, notamment en matière de transfert à des tâches similaires.

Le découpage paraît nécessaire, mais si on ne prend pas en charge la complexité de la tâche globale à tous les niveaux, les apprentissages restent trop spécifiques aux situations découpées. C'est ainsi que Bisseret (1995) souligne les limites des découpages en unités trop restreintes et propose de faire appel à des processus de découplage et de focalisation par le biais des sous-tâches ou tâches annexes que la situation de simulation prend en charge.

Le **découplage** d'un sous-système de la situation d'ensemble, supprime - ou éventuellement limite - les interactions de ce sous-système avec le système d'ensemble. Le découplage concerne les fonctions, la structure, l'espace et la temporalité des sous-systèmes. Il a nécessairement lieu au niveau de la décontextualisation inhérente à la situation de simulation par rapport à la situation de travail. Dans la formation sur simulateur pleine échelle dans le domaine de l'aviation, le sous-système de l'équipage et du contrôle aérien est découplé de ses interactions internes à l'avion (avec le personnel de cabine, les passagers...), et externes à l'avion (aéroport, compagnie,..). Dans le domaine de la conduite de centrale nucléaire, on rencontre également des situations de simulation qui se caractérisent par des procédés de découplage; il s'agit notamment des simulateurs de fonctions qui isolent des sous-systèmes et visent la maîtrise de ceux-ci. Toute la question est de savoir représenter quels sont les gains et les pertes d'un tel découplage en fonction des compétences visées.

La **focalisation** centre l'intervention de formation sur une composante particulière de la relation sujet / situation, qui constitue l'objet propre du contrat didactique. Alors que les processus de découplage et de découpage interviennent dès la conception de la simulation, le processus de focalisation intervient essentiellement dans la conduite de la simulation. Par exemple, dans le cas du travail collectif, la focalisation peut se déplacer au cours de la formation de la performance globale sur la tâche, vers le processus même de coordination, comme c'est le cas dans le LOFT (Line Oriented Flight Training), ou des formations du type " mise en situation " dans le domaine nucléaire.

IV.2. NIVEAUX DE MODELISATION

Les niveaux de modélisation concernent à la fois des objets à contrôler (l'environnement à gérer) et des systèmes matériels de médiation (système de

contrôle / commande). On peut analyser les simulations en termes de fidélité fonctionnelle et physique des simulateurs utilisés et de hiérarchie de traitements souhaitée pour la formation.

Pour la plupart des simulations de situations de référence qui n'impliquent pas de rapport dynamique direct du sujet et de l'objet de l'action, les objets à contrôler sont simulés dans un programme informatique et la question de fidélité se pose pour la simulation des systèmes de contrôle / commande, médiateurs de la prise d'information et de l'action. La fidélité physique et la fidélité fonctionnelle concernent respectivement la conservation, dans le processus de transposition, des propriétés définies aux niveaux physiques et celles du niveau fonctionnel, dans la hiérarchie proposée par Rasmussen (1986). En fait, même lorsque la situation de référence implique la perception directe, les simulations qui "présentent seulement l'information cruciale pour les habiletés cibles" s'avèrent plus efficaces à un moindre coût (Lintern & Liu, 1991, p. 401).

La transposition des objets perçus (même indirectement à travers les systèmes de contrôle / commande) en objets conçus contribue aux processus de conceptualisation, dans les cas où ces objets conçus sont implémentés dans un dispositif qui les rend observables et manipulables. Dans le cas de la gestion de haut-fourneau et dans celui de la plasturgie, Samurçay (1995) et Samurçay et Pastré (1995) ont ainsi montré le rôle de l'implémentation de concepts pragmatiques (niveau du conçu) pour former les opérateurs à la conceptualisation du fonctionnement du système et développer des connaissances de contrôle (diagnostic et anticipation). Leurs études ont mis en évidence le rôle producteur que jouent, d'une part, l'aide à la conceptualisation offerte par les possibilités "d'envisonnement" de ces concepts (devenus ainsi observables et manipulables) et, d'autre part, la médiation accomplie au travers d'un système symbolique, constitué sur la base des invariants conceptuels et stratégiques qui relèvent du savoir de référence⁷ élaborés par ou avec la communauté professionnelle.

Dans la formation à la gestion d'environnements dynamiques ouverts, le problème de la simulation des objets et de la médiation se pose différemment (Samurçay & Rogalski, 1992; Rogalski, 1995b). Les solutions souvent retenues consistent, soit en des scénarios "papier-crayon", soit en l'utilisation de systèmes informatiques schématisant l'évolution spatiale et implémentant les contraintes d'usage des moyens. La modélisation des sujets en interaction étant beaucoup plus problématique (Brehmer et al., 1991), les co-acteurs doivent être joués par des acteurs humains. La question de la simulation informatique de telles situations ouvertes pose des problèmes redoutables, à la fois du point de vue de la modélisation du processus en jeu dans le travail collectif et du point

⁷Nous avons défini les savoirs de référence comme des catégories d'objets et traitements communs à des pratiques efficaces. Ils permettent de passer de situations de vécus hic et nunc à des concepts et méthodes qui permettent de les représenter et d'en imaginer de possibles (Rogalski & Samurçay, 1994).

de vue des changements de niveaux de traitements impliqués par le processus de médiatisation hiérarchique (Rogalski, 1995a, 1997).

Dans tous les exemples évoqués, les effets des niveaux de modélisation retenus dépendent de la conservation des "invariants fonctionnels critiques", soulignée par Lintern & Kim comme une des clés de l'efficacité de la formation (1991, p. 416). Il faut souligner cependant une limite de la formation via des situations de simulation dès lors qu'elles introduisent une très grande abstraction et surtout une diminution de la variété d'indices disponibles dans les situations réelles - ce qui est particulièrement le cas en ce qui concerne les environnements dynamiques ouverts. Les travaux de Klein sur la prise de décision rapide, en particulier dans le traitement des feux de forêt (Klein, 1989; Klein et al., 1985), ont conduit à identifier chez les experts une forme de prise de décision par reconnaissance immédiate du type de situation et de l'action à conduire, et non pas par construction analytique sur la base de variables conceptuelles. On conçoit mal comment une telle expertise pourrait être formée à partir de simulation à base symbolique ou conceptuelle. Une question analogue concerne les limites de simulation des objets d'action pour former des sujets à affronter des crises⁸ ou des "épisodes cosmologiques" où "l'univers n'apparaît plus rationnel, le sens de ce qui arrive et les moyens de reconstruire ce sens s'effondrant simultanément" (Weick, 1993, p. 633).

IV.3. TRANSPOSITION DU DISPOSITIF OPERATIONNEL

La transposition de la place des acteurs peut être abordée sous l'angle de la médiation de la prise d'information et d'action sur des objets de l'action. Elle ne s'y limite pas. Dans le domaine de l'aviation, les analyses d'accidents comme les études expérimentales sur simulateur, ont mis en évidence la nécessité de formation à la gestion collective des ressources de cockpit. Lorsque la visée dominante est la qualification sur un nouveau type d'avion et l'utilisation collective des systèmes, les autres acteurs avec lesquels l'équipage est en interaction (personnels en cabine, contrôle aérien, compagnie, autres avions, etc.....) sont absents (découplage) ou simulés par l'instructeur.

Le contrôle du caractère intrusif dans l'activité peut être un moyen de formation, par exemple, si l'instructeur simule une intervention du contrôle aérien en cours d'exécution d'une *check-list* pour stimuler / évaluer les processus de contrôle partagé, qui est une question clé de l'activité collective dans le cockpit. L'évolution de l'activité en cours de formation⁹, d'une part, et la pertinence de l'évaluation par l'instructeur de la capacité d'un équipage à passer sa qualification en vol réel, d'autre part, témoignent d'acquisitions comme de difficultés, qui ne sont pas liées au fait qu'il y a simulation et

⁸C'est cette notion forte de crise qui est utilisée dans l'étude du risque et de la décision dans un cadre organisationnel

⁹Possibilité d'explication par des processus généraux, validation par la théorie, comparaison de problèmes en simulation et dans les rapports d'incidents et d'accidents.

non situation réelle. C'est le cas en particulier du problème du contrôle partagé (Rogalski & Samurçay, 1994b; Rogalski, 1996) et du rapport de l'équipage avec les automatismes (Plat, 1996, 1997) : les problèmes tiennent à des processus indépendants du caractère simulé de la situation et se retrouvent dans des analyses de situations de vol réel, en particulier des analyses d'incidents et accidents (Rouse et al, 1992, p. 1306).

La prise en compte de l'ensemble des déterminants de l'organisation sociale peut-être particulièrement importante et productive dans le cas de systèmes complexes comme le nucléaire, où une organisation complexe à plusieurs niveaux hiérarchiques composée d'acteurs jouant des rôles fonctionnels différents et impliqués dans le traitement d'incidents imprévus à haut risque (Jansen et al., 1989). Dans un tel cas, la composante clé de la simulation est la présence effective de l'ensemble des acteurs pour contribuer à la construction de représentations réciproques sur les fonctions. Les "exercices de cadres" répondent à de tels objectifs en formation continue (ils peuvent aussi être conçus pour évaluer le fonctionnement du système organisationnel et de communication). Il en existe peu d'études à notre connaissance.

IV.3. TRANSPOSITION DES TACHES

La transposition des tâches met en jeu plusieurs dimensions de la situation de référence : l'empan de la tâche proposée au sujet en situation de simulation, la difficulté de la tâche pour le sujet, la forme d'évaluation de la réalisation de la tâche disponible pour le sujet, les variables temporelles.

Empan de la tâche proposée au sujet :

A un pôle de la transposition on peut entraîner à l'exécution des procédures élémentaires (unité minimale significative) ; s'agissant du pilotage d'avion, cela peut être par exemple l'exécution de check-lists ou l'entrée d'une loi de vol. A l'autre pôle, on simule la mission complète, c'est le cas du Line Oriented Flight Training (LOFT) dans le domaine de l'aviation. L'empan de la tâche peut être intermédiaire, et concerner une phase de la mission d'ensemble dans une situation nominale, par exemple l'atterrissage à vue, ou incidentelle, par exemple le traitement d'un feu moteur au décollage. De nombreux travaux ont discuté du choix concernant l'empan de la tâche en termes de stratégies de formation (Lintern, 1991).

Difficulté de la tâche pour le sujet :

La transposition sur cette dimension peut être minimale : on présente au sujet en formation une tâche la plus similaire possible à la tâche cible. On peut, au contraire, adapter la difficulté de la tâche au plus près du niveau du sujet (formation adaptative - *adaptive learning*). Lintern souligne que l'avantage de la formation adaptative n'est pas toujours avéré, et que les manipulations de la difficulté modifient la nature même de la tâche d'une manière qui interfère avec l'acquisition des compétences visée pour la tâche cible (*criterion task*). Toutefois une étude de Trollip (1979) citée par Patrick (1992)

montre l'efficacité du couplage d'une formation adaptative et d'un retour à l'activité sous la double forme de la comparaison entre le produit dynamique de l'activité attendue et d'une analyse des erreurs produites et des raisons possibles.

Forme d'évaluation de la réalisation de la tâche par le sujet.

La simulation ouvre un éventail de choix aussi bien sur l'évaluation de la performance que sur celle de l'activité. La focalisation sur des phases de la tâche ou des composantes critiques de l'activité est un moyen de contrôle de complexité de la tâche qui lui permet de conserver les interactions fonctionnelles. Bisseret et Enard ont ainsi élaboré, pour la formation individuelle au contrôle aérien, une méthode (MICUP : Méthode d'interaction constante entre unités programmées) qui met en oeuvre un tel principe de focalisation (Bisseret & Enard, 1993). Des propositions analogues sont présentées par Gaddy (1992) pour la formation collective. Les simulations utilisées dans la formation à l'activité collective (officiers de la Sécurité civile) organisent d'ailleurs une focalisation sur le flux de communication, dans un dispositif opérationnel contrôlé et simulé par l'instructeur dans ses composantes périphériques (Antolin, 1997).

Transposition des variables temporelles de la tâche

Un autre ensemble de variables de la transposition didactique des situations de référence en situations de simulation est celui des variables temporelles. Celles-ci ne sont pas des variables libres par rapport à la simulation de l'environnement et des systèmes de contrôle / commande. Elles sont par ailleurs liées aux possibilités de retour d'action et d'évaluation "en ligne" de l'activité. L'analyse proposée par Eyrolle et al. (1996) sur la manière dont les variables temporelles sont prises en compte dans les simulations montre l'ampleur des problèmes posés par la modification de ces variables. En formation, les possibilités de gestion didactique du temps sont fortement contraintes dès la conception des simulateurs. Un élément moins souvent évoqué est celui de la prise en compte en simulation du temps long dans l'activité. En effet des composants de la compétence tiennent à l'activité du sujet portant sur son rapport aux situations de référence (modification des objets d'action, élaboration d'instruments, activités de prévision, activités d'auto-formation), cette activité s'exerçant pour partie sur le long terme.

V. CONDUITE DES SITUATIONS DE SIMULATION

Comme nous l'avons précisé plus haut, les situations de simulation ont été jusqu'ici très peu étudiées du point de vue de leur fonctionnement et notamment du point de vue de l'activité de l'instructeur¹⁰. Toutefois, les rares études montrent que les choix et les décisions de l'instructeur dans sa conduite de situations de simulation

¹⁰Ceci est vrai également dans le domaine de la didactique des disciplines où l'analyse de l'activité de l'enseignant est un domaine de recherches récent qui vise à produire des connaissances sur les compétences des enseignants et sur leur formation.

peuvent avoir des effets importants sur la nature des compétences construites par des apprenants (Wagemann & Percier, 1995). Par ailleurs, si on considère l'activité de l'instructeur comme celle d'un gestionnaire d'environnement dynamique, il devient légitime de réfléchir aux types d'aide qu'on peut lui apporter pour améliorer la qualité de son activité. Cette question s'avère aujourd'hui d'autant plus importante que dans le domaine professionnel, les instructeurs sont souvent des professionnels avant d'être formateurs et ont peu d'outils à leur disposition pour construire des modèles de fonctionnement cognitifs des apprenants.

La situation de simulation et l'instructeur jouent, avec des fonctions différentes, des rôles de médiateur¹¹ entre, d'une part, les apprenants et, d'autre part, les objets et procédures de la situation de référence que ceux-là doivent s'appropriier pour construire leur compétence. L'instructeur, quant à lui, gère ce processus de construction en prenant de l'information sur la situation d'une part et de l'activité du stagiaire de l'autre. Ses moyens d'action portent à la fois sur les variables de la situation et sur les rapports qu'il fait établir à l'élève avec les objets de son action.

Ainsi on peut présenter l'activité de l'instructeur schématiquement comme dans la figure 2.

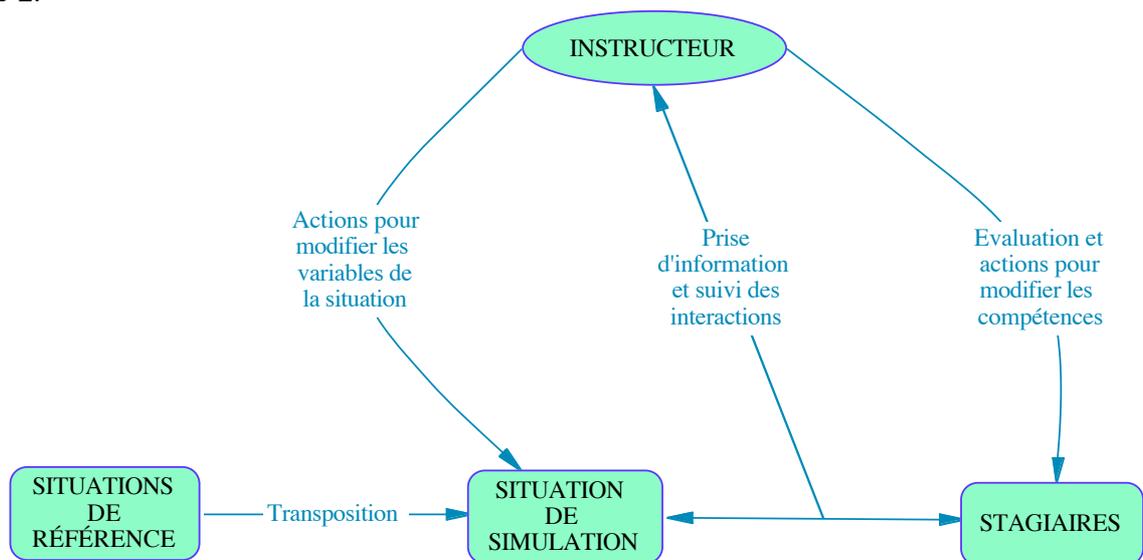


Fig.2. - Schéma de la médiation sujet / situation de simulation via la l'instructeur. L'activité de l'instructeur est représentée comme celle d'un gestionnaire d'environnement dynamique.

Mediation of the subject / simulated situation relationship through the trainer. The trainers' activity is represented as a case of dynamic environment management.

Suivant cette modélisation, l'instructeur prépare en principe ses séances de simulation en fonction : des connaissances des difficultés et obstacles que les apprenants sont susceptibles de rencontrer dans ce type de situation (connaissances qu'il a acquises par sa propre expérience ou par les résultats d'analyses qui ont pu être faites

¹¹La médiation est utilisée ici au sens de Vygotsky ou de Bruner.

ailleurs); des représentations qu'il a des caractéristiques des apprenants (ces derniers peuvent en effet différer en fonction de leur niveau de qualification générale et de leur degré de familiarité avec le contexte de travail). Dans la conduite même de la situation, il régule ses interventions en fonction des informations qu'il relève en temps réel sur le déroulement de la situation. Autrement dit, en cours de séances l'instructeur développe une activité de diagnostic sur la nature des problèmes rencontrés par les apprenants et intervient en temps réel ou différé soit sur leur activité, soit sur les variables de la situation. C'est en ce sens qu'il a besoin d'avoir des aides spécifiques pour le diagnostic et pour la remédiation.

V.1. MEDIATION DANS LES DIFFERENTES PHASES DE L'ACTIVITE CONSTRUCTIVE

L'exploitation des situations de simulation ne se réduit pas à la gestion dynamique du déroulement de la situation. On peut distinguer avec Pastré (1997) trois moments critiques dans la conduite des situations de simulation:

-avant la séance (briefing) : cette phase est souvent finalisée par la construction des connaissances nécessaires à la maîtrise de la situation qui sera traitée par les stagiaires dans la situation de simulation proprement dite. C'est également dans cette phase que se fait la dévolution du problème¹² et se négocie le plus souvent le contrat didactique, c'est à dire l'activité attendue par l'instructeur.

-pendant la séance : la gestion en temps réel de la séance. Ici il s'agit de construire des compétences opérationnelles en situation. Cet apprentissage repose sur l'idée qu'en transformant le réel, le sujet modifie ses représentations et son organisation de l'activité, en orientant ses représentations par l'action. C'est également à travers cette activité que se construit ce qui relève des connaissances dites sensibles.

-après la séance (debriefing) : il s'agit de la phase où l'apprentissage s'effectue à travers l'analyse de la situation et de l'activité " vécues ". C'est le moment où les mécanismes de prise de conscience et les activités réflexives sur l'activité passée sont sollicités pour la construction de compétences.

Les activités de l'instructeur et de l'apprenant sont de nature différente dans ces différentes phases ; il en est de même des supports qui peuvent être utilisés. A notre connaissance il n'existe pas d'études systématiques qui questionnent les modalités de construction et de gestion de ces différentes phases en relation avec les compétences construites par les apprenants.

Toutefois comme l'ont identifié Wagemann & Percier, (1995), on peut repérer deux grandes logiques de conduite (qui correspondent rarement à des choix raisonnés) de situation de simulation par les instructeurs. Schématiquement, dans la première logique l'activité de l'apprenant dans la situation simulée est assimilée à l'activité de

¹² Les notions de dévolution de problème et de contrat didactique sont utilisées ici au sens de Brousseau (1990).

production : l'objectif est alors de conduire les situations de simulation au plus près des situations de production (en empêchant les erreurs, en guidant les activités de l'apprenant au plus près, en se centrant sur les procédures prescrites, en obligeant de faire comme si on était dans l'activité réelle, ...). Paradoxalement cette logique peut être renforcée par la fidélité technique du simulateur. La deuxième logique consiste à considérer l'activité de l'apprenant en situation comme une activité d'apprentissage, mais avec des représentations diverses sur la dite activité. Ainsi on peut repérer différentes modalités que nous développerons plus loin.

En ce qui concerne les séances de briefing, on peut signaler¹³ deux grandes modalités : les briefings qui sont orientés par la connaissance et ceux qui sont orientés par l'action. Dans le premier cas, les séances consistent à transmettre des connaissances générales considérées comme sous-jacentes à l'activité (cours sur les phénomènes, les automatismes, modèles de calcul des valeurs de variables etc.) : la séance proprement dite peut alors être considérée comme le lieu d'application de ces connaissances. Dans le second cas, l'accent est mis sur la préparation par les stagiaires des séquences d'action qui seront mises en oeuvre pour le traitement des tâches simulées; cette préparation peut être réalisée à des niveaux de détails très variés et avec des exigences de conformité plus ou moins grandes vis à vis des procédures prescrites. Dans le premier cas l'apprenant peut très bien ne pas dériver des connaissances théoriques des procédures et règles d'action pour ; dans le second cas la forte procéduralisation peut constituer un obstacle pour la conceptualisation.

Même si certains résultats de la littérature permettent d'affirmer que l'explicitation de la procédure précédant l'activité améliore la qualité de l'activité réalisée, on ne sait pas très bien si cette amélioration porte sur l'exactitude des procédures mises en oeuvre (car il y a eu un processus de mémorisation juste avant) ou sur la construction d'un système d'attente permettant à l'apprenant une meilleure anticipation et une meilleure mise en relation entre ses actions et leurs effets.

On peut raisonnablement penser que les séances de briefing devraient fixer comme but de faire construire aux apprenants des systèmes d'attentes orientés par le repérage des situations critiques (au sens de difficultés rencontrées dans la réalisation de ce type de tâche et pas seulement au sens des situations à risques éventuelles qui peuvent se produire dues à la dynamique propre du processus). Ainsi, l'activité de préparation de l'action dans des situations de formation (par opposition aux situations de production) doit être orientée non pas par l'évitement des problèmes mais par leur compréhension et leur analyse.

¹³ A partir des observations réalisées par nous lors de formation dans des situations de simulation dans les domaines de pilotage d'avion et de conduite de centrale nucléaire.

Les phases sur lesquelles il y a eu le plus d'analyse est celle de stratégies de guidage des situations de simulation par les instructeurs et les problèmes d'exploitation des séances de debriefing.

V.2. FORMES DE GUIDAGE DANS LA CONDUITE DE SITUATIONS DE SIMULATION

L'analyse de l'activité de l'instructeur dans la conduite de situations de simulation est un domaine de recherches récent qui commence juste à produire des résultats. A partir des analyses qui ont été menées et en cours dans différents domaines (aviation, conduite de machine dans la marine, conduite de centrale énergétique et gestion de crise) on peut dégager plusieurs catégories invariantes de l'activité globale de l'instructeur (Rogalski & Samurçay, 1994b; Wagemann & Percier, 1995; Rogalski & Antolin, 1997). Globalement l'activité de l'instructeur est répartie entre trois grandes catégories d'activités : la gestion didactique de la séance (apport de connaissance et de savoir, contrôle des acquis et guidage de l'activité de l'apprenant), gestion de la simulation elle-même (activités qui portent sur la modification des paramètres de la situation elle-même) et la gestion de l'activité propre (gestion de la temporalité des séances, du contrat institutionnel etc...). Bien entendu le détail et l'importance relative de ses activités peuvent varier sensiblement en fonction des caractéristiques de l'activité visée par la formation, du degré d'automatisation des simulateurs, du profil des apprenants, etc. D'après ces résultats il apparaît également que l'organisation de l'activité de l'instructeur dépend de plusieurs variables¹⁴ liées :

- au profil professionnel de l'instructeur analysé en deux dimensions : type (professionnel de terrain vs professionnel théoricien) et expérience dans l'activité de formation (expérimenté vs débutant);
- au profil professionnel des stagiaires (issus du rang vs issus de formation technique);
- aux phases de la formation (début-fin, avant, pendant et après les séances d'action);
- à la nature de l'aide apportée pour la structuration de la tâche (orientée états du système vs procédure de traitement).

Ainsi on constate que le profil professionnel de l'instructeur a un effet sur la façon dont il gère les situations de simulation : une plus grande expérience opérationnelle est caractérisée par une plus grande autonomie laissée à l'apprenant (moins de guidages de l'activité de celui-ci) qui éventuellement favorise l'apparition des erreurs. En revanche les instructeurs débutants ont tendance à agir rapidement sur l'activité des apprenants de manière à ne pas se retrouver dans une " situation imprévue " du point de vue de l'évolution de la situation. Ainsi comme souligne Percier (in Wagemann & Percier,

¹⁴ Toutes ces variables n'ont pas été identifiées, ni étudiées dans toutes les études; elles correspondent à une liste non exhaustive de l'ensemble des éléments observés.

1995) plus l'incertitude de la situation augmente plus les instructeurs ont tendance à piloter directement le simulateur; dans ce cas l'instructeur lui-même est guidé par une activité de diagnostic de la situation qui lui laisse peu de temps pour interagir avec l'apprenant, qui lui, n'est pas en mesure de suivre le raisonnement de l'instructeur. De même une plus grande expérience opérationnelle conduit les instructeurs à mieux se représenter les erreurs éventuelles des apprenants notamment si ces derniers ont un profil " issu du rang " et donc à mieux ajuster leurs interventions. Ainsi les interactions avec les élèves-opérateurs " issue du rang " donnent lieu à des taux d'évaluation de l'activité plus importants que les élèves " avec formation technique " qui eux sont davantage questionnés sur leurs connaissances et représentations. En revanche, il apparaît que certains instructeurs avec expérience opérationnelle, à cause de leur déformation professionnelle, ont tendance à apporter des aides orientées davantage par la réussite de l'action que par la compréhension de celle-ci.

L'organisation des activités de l'instructeur dépend également des phases de la formation. Ainsi, les activités de gestion didactique sont plus importantes au début de la formation et ce sont les activités de gestion de la simulation qui prennent plus d'importance vers la fin de la formation. Nous avons montré par ailleurs que cette organisation était corrélée avec l'amélioration de la qualité des activités des stagiaires au cours de la formation (Rogalski & Samurçay, 1994b).

Wagemenn et Percier (1995) dans l'analyse des activités tutorielles dans la conduite simulée de machine de navire ont mis en évidence plusieurs stratégies de régulation mises en oeuvre par les instructeurs : directe, pro-active, rétro-active et analytique. Les stratégies pro-active et rétro-active sont mises en oeuvre essentiellement dans la gestion des erreurs. Mais il apparaît que les instructeurs travaillent essentiellement avec des modèles empiriques du fonctionnement des stagiaires qui font obstacle pour le développement des assistances appropriées; leur tendance générale consiste dans la plupart des cas à intervenir rapidement pour des raisons de rentabilité des heures de simulateur. Là on retrouve des éléments qui relèvent de la gestion de l'activité propre des instructeurs.

Les séances de debriefing, bien qu'encore peu étudiées d'une façon systématique, constituent une étape cruciale dans le fonctionnement des situations de simulation. C'est dans cette phase que l'apprenant construit, par des mécanismes de prise de conscience, une part importante de sa conceptualisation de la situation d'action. Pour cela il a besoin à la fois de se remettre dans le contexte de l'action et se distancer de celle-ci. Quels moyens ont les instructeurs pour assister cette activité? Comment se reconstitue la mémoire des situations d'action pour l'apprenant et pour l'instructeur de manière à devenir objet de conceptualisation? Nos propres observations en cours montrent que ce qui pose problème ce ne sont pas tant les difficultés liées à l'évocation de l'action que

sa description conceptuelle et opérationnelle en relation avec des classes de situation¹⁵. Cette difficulté conduit d'ailleurs plus d'un instructeur à utiliser les séances de debriefing pour re-développer des connaissances théoriques sur le système ou les automatismes sans relations évidentes pour l'apprenant avec la situation d'action singulière qu'il vient de vivre.

V.3. AIDES POUR LE FONCTIONNEMENT DES SITUATIONS DE SIMULATION

Dans la plupart des études réalisées, les entretiens et l'analyse de l'activité de l'instructeur montrent que très peu d'aides sont disponibles pour les instructeurs dans la réalisation de leur tâche. Bien entendu il faut penser ici davantage à un système d'aides qu'à des aides ponctuelles particulières. De même elles peuvent être plus ou moins supportées par l'informatique.

Peu d'analyses existent sur les aides à l'activité tutorielle. Wagemann et Percier (1995) ont comparé deux types d'aide écrite pour la structuration de la tâche avec l'hypothèse que celles-ci avaient un effet sur la structuration des connaissances et l'autonomie des apprenants. Une première aide (A1) organisait la tâche de l'élève selon un format du type séquence d'actions " faire A, faire B ", tandis que le deuxième type d'aide (A2) exprimait la tâche en termes d'états et de but à atteindre " faire A pour atteindre le but état E qui a comme indicateur la valeur V_0 de la variable V ". Les résultats montrent en effet que l'aide A2, bien qu'elle augmente les possibilités d'erreurs, conduit les élèves-opérateurs (notamment ceux qui ont un profil " formation technique ") à une meilleure conceptualisation de la situation (aussi bien en termes de représentations du système que de la qualité du contrôle). En revanche, avec ce type d'aide, l'activité de l'élève devient plus difficile à suivre pour les instructeurs à cause de sa plus grande ouverture en termes de situation et renforce chez certains instructeurs des stratégies de guidage direct et de prise en main du contrôle de la situation. Il est également important de souligner la résistance d'une partie non négligeable des instructeurs à l'utilisation de l'aide du type A2 qui est considérée non compatible avec l'activité professionnelle. Bisseret (1995) souligne également le refus de certains instructeurs à utiliser certains supports externes construits pour la formation pour ces mêmes raisons.

Les aides pour les conduites de séances de debriefing font crucialement défaut, comme il est signalé par Doireau et al. (1995) et elles correspondent à un vrai besoin exprimé par les instructeurs. Des tentatives de développement de telles aides existent (cf. Norros & Hukki, dans ce numéro) : elles consistent à fournir à l'instructeur un cadre de l'analyse de l'activité observée en situation d'action. Cette approche a des parentés avec celle développée par Rabardel & Six (1995), qui consiste à former les acteurs de la formation (tuteur et apprenant) à une méthode d'auto-analyse du travail pour améliorer

¹⁵ D'où selon nous une des limites des méthodes d'entretiens d'explicitation dans la formation initiale.

la qualité de l'activité tutorielle : les résultats semblent indiquer que l'appropriation d'une telle méthode conduit les formateurs à une meilleure explicitation de leur activité et les apprenants à être plus actifs et plus précis dans les questions qu'ils adressent à leur tuteur. En effet, on voit bien qu'il s'agit là de mécanismes de prise de conscience et de supports à l'activité réflexive. Mais il faudrait certainement que nous ayons davantage d'éléments sur les conditions d'appropriation et d'utilisation de tels outils pour mieux définir leurs caractéristiques et efficacité pour l'activité tutorielle.

VI. CONCLUSION

Dans cet article nous avons présenté un cadre de réflexion sur les situations de simulation en situant les simulateurs comme des outils parmi d'autres et en se centrant sur deux aspects essentiels qui caractérisent les situations de formation : le processus de transposition des situations de travail en situations didactiques et la conduite de celles-ci par les instructeurs. Nous avons développé l'idée que la qualité des situations de simulation était assurée par la qualité de cette transposition et celle de l'activité tutorielle et pas seulement par les caractéristiques techniques des simulateurs comme artefact. Dans de nombreux domaines que nous avons passé en revue, notamment dans ceux où l'activité est caractérisée par la conduite des systèmes technologiques complexes et hautement automatisés, nous avons pu constater que le développement des simulateurs est guidé davantage par une logique d'évolution technologique que par une logique de l'utilisation. Cela conduit les prescripteurs et les concepteurs à se focaliser essentiellement sur des problèmes de fidélité fonctionnelle et technique au point de négliger dans de nombreux cas de munir les simulateurs des outils d'aide élémentaires pour l'instructeur (fonction trace, possibilité de gel, possibilité d'accélérer ou de ralentir le déroulement de scénarios, possibilité de visualiser en parallèle les paramètres cruciaux du système et ceux modifiés par les actions des apprenants, etc.). On peut dire que dans ces cas-là, les simulateurs servent de support essentiellement pour l'activité fonctionnelle (comme les systèmes réels dans des situations de référence finalisées par l'activité productive) et la gestion de l'activité constructive, qui est essentielle dans la formation, reste entièrement à la charge des formateurs. S'ajoute à cela une " illusion de transparence " : on a tendance à considérer que plus le modèle ressemble à la réalité plus il facilite son appropriation. Une solution alternative, celle que nous avons tenté de problématiser dans cet article, consiste d'une part à élargir les cadres d'analyse de développement des compétences professionnelles (qui sont encore trop prisonniers des paradigmes de comparaison novice-expert et de description des erreurs) à l'analyse d'un ensemble plus complexe où les variables de la transposition didactique choisie et les interactions avec l'instructeur jouent un rôle décisif dans la nature des compétences construites par les apprenants, et d'autre part, de concevoir des outils (aussi bien théoriques que matériels) pour aider l'activité tutorielle. L'identification, l'analyse et la

description des obstacles et difficultés rencontrées par les apprenants pendant les situations de simulation constitue une première étape de cette démarche. L'intégration de ces résultats par les formateurs dans la conception et la conduite de situations de simulation en est une seconde.

REFERENCES

- Allen, J.A., Hays, R.T., Buffardi, L.C. (1986). Maintenance training simulator fidelity and individual differences in transfer of training, *Human Factors*, 28(5), 497-509.
- Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risques*. Paris: PUF.
- Bainbridge, L. & Quintanilla, S. A. R. (Eds.). (1989). *Developing skills with information technology*. Chichester : Wiley & Sons.
- Bainbridge, L. (1989). Cognitive processes and training methods : a summary. In L Bainbridge & S.A.R. Quintanilla (Eds.). (1989). *Developing skills with information technology*. (pp. 177-192). Chichester: Wiley & Sons.
- Bainbridge, L., (1989). Development of skill, reduction of workload, In L.Bainbridge, S.A. Ruiz Quintanilla (Eds.), *Developing skills with information technology* (pp.87-116). Chichester : Wiley & Sons.
- Béguin, P. & Weill-Fassina, A. (1997). De la simulation des situations de travail à la situation de simulation. In P. Béguin & A. Weill-Fassina (Eds.) *La simulation en ergonomie : connaître, agir et interagir* (pp. 5-28). Toulouse : Octarès.
- Bisseret, A. & Enard, C. (1993). Le problème de la structuration de l'apprentissage d'un travail complexe. Une méthode de formation par interaction constante des unités programmées (MICUP). In J. Leplat (Ed.), *L'analyse du travail en psychologie ergonomique*. (pp. 91-121). Toulouse: Octarès.
- Bisseret, A. (1995). Représentation et décision experte : Psychologie cognitive de la décision chez les aiguilleurs du ciel, Toulouse : Octarès.
- Brehmer, B. & Allard, R. (1991). Dynamic decision-making: the effects of task complexity and feedback delay. In J. Rasmussen, B. Brehmer, & J. Leplat (Eds.) *Distributed Decision Making: Cognitive models for cooperative work* (pp. 319-347). London: Wiley & Sons.
- Brehmer, B. Leplat, J., Rasmussen, J. (1991). Use of simulation in the study of complex decision making. In J. Rasmussen, B. Brehmer, & J. Leplat (Eds.) *Distributed Decision Making: Cognitive models for cooperative work* (pp. 273-386). London: Wiley & Sons.
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique : le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 9(3), 309-336.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Doireau, P., Poisson, R., Moulin, M. & Grau, J.-Y. (1995). *Le transfert d'entraînement : Revue de la littérature*. Tome 1. Rapport de recherche n° 95-15, Juin 1995, IMASSA-CERMA.
- Donchin, E., Fabiani, M., & Sanders, A. (Eds.) (1989). The learning strategies program: An examination of the strategies in skill acquisition. Special issue, *Acta Psychologica*, 71, (1-3).
- Eyrolles, H., Mariné, C., & Mailles, S. (1996). La simulation des environnements dynamiques : intérêts et limites. In J.-M. Cellier, V. De Keyser & C. Valot (Eds.), *La gestion du temps dans les environnements dynamiques* (pp. 103-121). Paris: PUF.
- Frederiksen, J.R. & White, B.Y. (1989). An approach to training based upon principle task decomposition, *Acta Psychologica*, 71, 1-3, 89-146.
- Gaddy C.D., W. J. A. (1992). Team skills training in nuclear power plant operations. In S. R. Swezey & E. Salas (Eds.), *Teams. Their training and performance*. (pp. 379-396). Norwood: Ablex Publishing Corporation.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Grau, J.-Y., Doireau, P., & Poisson, R. (ce volume). Utilisation des simulateurs et problèmes de transfert de compétences des situations simulées aux situations réelles de travail dans le secteur militaire. *Le Travail Humain*,
- Hoc, J.-M. (1996). *Supervision et contrôle de processus. La cognition en situation dynamique*. Grenoble: PUG.
- Jansens, L., Grotenhuis, H., Michiels, H. & P., V. (1989). Social organizational determinants in nuclear power plants : operators training in the management of unforeseen events. *Journal of Occupational Accidents*, 1 (1), 121-129.
- Klein, G. A. (1989). Recognition-primed decisions. *Advances in Man-Machine Systems Research*, 5, 47-92.

- Klein, G. A., Calderwood, R. & Clinton-Cirocco, A. (1985). *Rapid decision making on the fire ground* (ARI Technical Report No 513 767 2691). Klein Associates Inc.
- Kluwe, R.H. (1996). Acquisition of knowledge in the control of a simulated technical system, *Le Travail Humain*, 60, 61-85.
- Leplat, J. (1989). Simulation and simulators in training : some comments, in L. Bainbridge and R. Quintanilla (Eds.) *Developing skills with information technology* (pp. 277-291). Chichester : Wiley & Sons.
- Lintern, G. (1991). Instructional strategies. In J.E. Morrison (Ed.), *Training for performance. Principles of applied human learning* (pp. 167-192). London: Wiley & Sons.
- Lintern, G. & Liu, Y. T. (1991)c. Explicit and implicit horizons for simulated landing approach, *Human Factors*, 33(4), 401-417.
- Marescaux, P.J., & Luc, F. (1992). An evaluation of the knowledge acquired at the control of a dynamic simulated situation through a static situation questionnaire and a "teaching back" debriefing. In F. Daniellou, & Y. Queinnec (Eds.), *Designing for everyone* (pp. 1673-1675). London: Taylor & Francis.
- Moray, N., Lootsteen, P. & Pajak, J. (1986). Acquisition of process control skills, *IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics*, 16 (4), 497-504.
- Norros, L. (1989). Simulation in industrial work training. In L. Bainbridge & S. A. R. Quintanilla (Eds.), *Developing skills with information technology* (pp. 315-327).
- Nosulenko, V., Samoylenko, H. & Parizet, E. (1996). Evaluation and verbal comparison of noises produced by car engines. *International Journal of Psychology*, 31, 3-41.
- Pastré, P. (1994). Variations sur le développement des adultes et leurs représentations, *Education Permanente*, 119, 33-63.
- Pastré, P., (1997). Didactique professionnelle et développement. *Psychologie Française*, 42, 1, 89-100.
- Patrick, J. (1992). *Training: Research and Practice*. London: Academic Press.
- Patrick, J. (1993). Cognitive aspects of fault-finding. Training and transfer. *Le Travail Humain*, 56, 187-209.
- Percier, M. & Wagemann, L. (1991). *Analyse des différentes conceptions d la formation sur simulateurs*. Ecole Nationale de la Marine Marchande de Nantes, Département Simulateur Machine, n° 05-1991.
- Plat, M. (1996). *Les interactions pilotes / automatismes, en formation dans les cockpits d'avion A320*. Mémoire de Maîtrise, Université Paris 8.
- Rabardel, P. & Six, B. (1995). Outiller les acteurs de la formation pour le développement des compétences au travail, *Education Permanente*, 123, 33-46.
- Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction*. Amsterdam: North-Holland.
- Rogalski, J. (1995)a. From real situations to training situations: Conservation of functionalities. In J.-M. Hoc, P.C. Cacciabue, & E. Hollnagel (Eds.) *Expertise and Technology. Cognition ad Human-Computer Cooperation* (pp. 125-139). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Rogalski, J. (1995)b. Former à la coopération dans la gestion de sinistres. Elaboration collective d'un dispositif d'actions. *Education Permanente*, 123, 47-64.
- Rogalski, J. (1996). Co-operation processes in dynamic environment management: Evolution through training experienced pilots in flying a highly automated aircraft. *Acta Psychologica*, 91, 273-295.
- Rogalski, J. (1997). Simulations : fonctionnalités ? validité? In P. Béguin & A. Weill-Fassina (Eds.), *La simulation en ergonomie: connaître, agir et interagir* (pp. 55-76). Toulouse: Octarès.
- Rogalski, J. & Antolin, P. (1997). Training in open dynamic environment management: The case of operational management in public safety. *SMC'97. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 2 (pp. 1867-1872). Orlando, Fl: IEEE.
- Rogalski, J. & Samurçay, R. (1994).a Modélisation d'un savoir de référence et transposition didactique dans la formation de professionnels de haut niveau. In G. Arsac, Y. Chevillard, J.-L. Martinand & A. Tiberghien (Eds.) *La transposition didactique à l'épreuve* (pp. 35-71). Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Rogalski, J. & Samurçay, R. (1994)b. *Acquisitions de compétences dans la gestion collective des ressources de cockpit automatisé*. Rapport Technique de Contrat DGAC / CNRS-Université Paris8.
- Rouse W.B., Cannon-Bowers J.A. & Salas E. (1992).The role of mental models in team performance in complex systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 22 (6), 1296-1308.
- Samoylenko, H., McAdams, S. & Nosulenko, V.N. (1996). Systematic analysis in verbalizations produced in comparing musical timbres. *International Journal of Psychology*, 31 (6), 255-278.

- Samurçay, R. (1995). Conceptual models for training. In J.-M. Hoc, P.C. Cacciabue, , & E. Hollnagel (Eds.) *Expertise and Technology. Cognition ad Human-Computer Cooperation* .(pp. 107-124). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Samurçay, R. & Pastré, P. (1995). La conceptualisation des situations de travail dans la formation des compétences, *Education Permanente*, 123 (2), 13-32.
- Samurçay R. & Rogalski J. (1992). Formation aux activités de gestion d'environnements dynamiques : concepts et méthodes, *Education Permanente*, 111, 227-242.
- Shepherd, A., Marshall, E. C., Turner, A. & Duncan, K. (1977). Diagnosis of plant failures from a control panel : a comparison of three training methods. *Ergonomics*, 20 , 347-361.
- Trollip, S. R. (1979). The evaluation of a complex computer-based flight procedures trainer. *Human Factors*, 21 , 47-54.
- Valot, C., Grau, J.Y. & Amalberti, R. (1993). Les métaconnaissances : des représentations de ses propres compétences. In A. Weill-Fassina, P. Rabardel, & D. Dubois (Eds.), *Représentations pour l'action* (pp. 271-293). Toulouse: Octares.
- Wagemann, L. & Percier, M. (1995). *Contribution à l'étude de la formation à la gestion de processus continus. Le cas de l'entraînement sur simulateur machine des élèves officiers de la marine marchande.* Thèse de Doctorat, Paris : EPHE.
- Weick, K.E. (1993). The collapse of sensemaking : The Mann Gulf disaster. *Administrative Science Quarterly*, 38, 628-652.

RÉSUMÉ

Ce texte propose un cadre de réflexion sur le processus de formation professionnelle en situation simulée et sur l'exploitation didactique des simulateurs. Avec l'argument que la qualité des situations simulées ne peut pas se réduire à la fidélité technique des simulateurs, deux axes nouveaux sont proposés pour l'analyse et pour la conception des situations de simulation : la transposition didactique et les stratégies de conduites des situations par les instructeurs.

Par « transposition didactique » on désigne le processus par lequel les situations de référence sont transposées pour devenir des situations de simulation à visée didactique en conservant plus ou moins certaines fonctionnalités de celles-là. Trois dimensions de la transposition sont distinguées quant à la décomposition de la complexité des situations de référence : découpage, découplage et focalisation. La décomposition consiste en l'isolation des sous-tâches spécifiques que les sujets doivent maîtriser avant la complexité de la tâche globale. Le découplage consiste en la suppression totale ou partielle des interactions entre les sous-systèmes et le système. La focalisation consiste en la centration de la formation sur une composante particulière de la relation sujet / situation. Les effets de chaque mode de transposition sont discutés en relation avec la nature des compétences visées par la formation.

Les niveaux de modélisation des différents éléments de la situation de référence sont discutés et le dispositif opérationnel est identifié comme une dimension difficile à transposer. La transposition des tâches est analysée selon quatre dimensions : l'empan de la tâche, la difficulté de la tâche, les possibilités d'évaluation de l'activité par le sujet et les variables temporelles de la tâche.

L'activité de l'instructeur est analysée comme celle d'un gestionnaire de l'environnement dynamique avec l'hypothèse que ses stratégies de gestion des situations simulées ont des effets sur les compétences construites par les apprenants. Différentes phases de cette gestion sont discutées : avant, pendant et après les séances. Les différentes formes de guidage que les instructeurs utilisent dans la conduite des situations simulées sont analysées pour réfléchir sur les spécifications des aides qu'on pourrait apporter au fonctionnement des situations de simulation.

Mots-clés : Simulateurs, Situations simulées, Formation, Transposition didactique, Activité de l'instructeur, Gestion d'environnement dynamique.