

COMMENT CAPTER LE SAVOIR INCORPORE DANS UN GESTE METIER DU POINT DE VUE DE L'OPERATEUR ?

Sophie Le Bellu,

Doctorante en sciences cognitives,
EDF Recherche & Développement (R&D)

sophie.le-bellu@edf.fr , + 33 1 47 65 33 46

Saadi Lahlou,

Director, Institute of Social Psychology,
London School of Economics and Political Science; London UK.

s.lahlou@lse.ac.uk , + 44 (0) 20 7955 6795

Benoît Le Blanc,

Maître de conférence HDR,
Institut de Cognitique, Bordeaux

benoit.leblanc@idc-bordeaux.fr , + 33 5 57 57 47 92

Adresse professionnelle

EDF R&D, Bâtiment K1, 1 avenue du Général de Gaulle ★ BP 408 ★ 92141 Clamart Cedex

Résumé : Nous revisitons dans cet article, la problématique du compagnonnage métier traditionnel, en nous appuyant sur le cas d'Electricité De France (EDF). Les travaux présentés ici proposent une méthode de capture du savoir-faire incorporé dans les gestes métiers pour pouvoir les commenter, les archiver, les améliorer et les transmettre. Notre approche de recueil se base sur une vue de l'activité de l'opérateur à la *première personne*, couplée à un protocole de verbalisation *située et orientée but*. Deux expérimentations ont montré qu'il est possible d'établir une capture numérique de gestes professionnels. Nous proposons des pistes de mise en œuvre de ces techniques dans une perspective de capitalisation des connaissances-métier.

Mots clés : Geste professionnel, vision subjective, action située, verbalisation orientée but, caméra subjective (subcam)

Summary: This paper focuses on the relationship between experts and novices, grounded in research within Electricité De France (EDF), a large electricity industry company. We present a method for capturing the know-how embodied in professional gestures. The final goal is to support annotation, archival, enhancement, update, and transmission of know-how. Our approach is based on a *first person* view of the operator's activity, combined with a *situated* and *goal oriented* verbalization protocol. We describe our experiments and discuss the problems of digital capture of gestures in industrial context, the solutions we propose and the rationale for the specifications of our system. We provide research directions for implementing these techniques to capitalize professional knowledge.

Key-words: Professional gestures, subjective view, situated action, goal oriented verbalization, subjective camera (Subcam)

COMMENT CAPTER LE SAVOIR INCORPORE DANS UN GESTE METIER DU POINT DE VUE DE L'OPERATEUR ?

Les grandes entreprises du secteur industriel se sont développées sur la période 1950-1970 en ayant recours à des embauches massives. Le développement industriel associé s'est accompagné d'une constitution de connaissances et savoir-faire métiers. La transmission traditionnelle de ces compétences s'est souvent opérée par compagnonnage (Le Roux, 2006). Aujourd'hui, le vieillissement et le prochain renouvellement de cette population forcent certaines entreprises à mettre en place un système de diffusion massif des savoirs. D'une part, de nombreux jeunes devront être formés pour remplacer les experts partant à la retraite ; d'autre part, la mutation technologique va toucher un grand nombre d'opérateurs. Electricité de France (EDF) est dans ce cas. La Recherche et Développement (R&D) d'EDF a donc lancé un vaste programme de recherche pour améliorer en profondeur les systèmes de captage et de transmission du savoir-faire, en mettant à profit les nouveaux outils d'ethnographie numérique (Lahlou et al., 2009) et de travail collaboratif en ligne (Pea et al., 2004). Dans ce contexte, le présent article se focalise sur la problématique de la captation du geste expert.

L'étude et l'analyse des gestes techniques mettent en évidence la composante tacite des connaissances (Nonaka & Toyama, 2005 ; Nonaka & Peltokorpi, 2006), qui élargit la thématique de la gestion des connaissances au-delà des aspects liés aux systèmes d'information (Liao, 2003 ; Guo & Sheffield, 2008). La problématique est naturellement en lien avec les travaux développés autour des compétences (Lévy, 1999 ; Le Boterf, 2008 ; Vidal-Gomel, 2007).

La transmission des savoirs et des gestes professionnels (notamment d'opérateurs partant à la retraite) nécessite de capitaliser des savoir-faire, mais également de structurer cette expertise sous un format adapté pour une transmission facile et durablement accessible. La problématique de la formalisation des savoir-faire incorporés dans les gestes techniques est ainsi à l'intersection de l'analyse des compétences et de la question

didactique ; et c'est la raison pour laquelle le programme de recherche est mené conjointement avec les services de formation d'EDF.

Les outils numériques impliqués dans la captation du geste sont classiquement basés sur un processus de prise de vue et de prise de son (Goldman et al., 2007). La prise de vue « externe » est un moyen usuel de captation qui permet de saisir le geste dans son contexte. Une approche complémentaire consiste à saisir également le point de vue subjectif de l'acteur. Pour rendre compte de ce point de vue, il est possible d'utiliser une caméra subjective (subcam), c'est-à-dire située sur le sujet de l'action lui-même (Lahlou, 1998). Le point de vue de la caméra est alors celui de l'opérateur, de telle sorte que le spectateur aura la sensation de partager la perception visuelle de celui-ci. Cette prise de vue « à la première personne », participe à accentuer le processus d'identification à l'opérateur de la part du spectateur et apporte également une série intéressante d'améliorations sur la qualité de l'explicitation par l'opérateur de ses intentions lors de la restitution (Lahlou, 2006).

Le fait que l'œil suive naturellement la main qui agit, et se fixe sur les éléments utiles du contexte permet d'obtenir une image constamment centrée sur ce qui est le lieu d'action et/ou d'attention de l'opérateur. Ceci constitue potentiellement un progrès significatif par rapport à une prise de vue externe. Par ailleurs, en utilisant une subcam, le lieu du geste n'est jamais occulté par le corps de l'opérateur, comme cela peut se produire avec une prise de vue en caméra externe (Lahlou, 2006). La prise de son, située à proximité de la bouche, permet de bien entendre la voix et de lui donner la prééminence sur les divers bruits matériels. Elle permet également de capter un son assez proche de ce qu'entend l'opérateur ; dans bien des cas l'opérateur utilise des sons externes pour s'assurer de la bonne fin de son action (par exemple, bruit d'enclenchement ou de contact relais, de frottement, etc.). Cependant la mise en œuvre de la subcam dans ce type

d'application est nouvelle et pose un certain nombre de problèmes techniques que nous avons dû résoudre. La position, le port et l'acceptabilité de la subcam méritent d'être expérimentés et plusieurs solutions sont ici comparées ; deux d'entre elles ont été développées pour l'occasion et sont décrites en section 2.1.

Dans le déroulement normal du geste en situation, l'opérateur tend à appliquer des routines de façon inconsciente — plus l'expertise de l'acteur sera grande, plus le savoir mobilisé sera incorporé et donc utilisé de façon non consciente (Blanchard-Laville & Fablet, 2003). Différentes techniques ont été développées pour pallier ce point. On peut demander à l'opérateur de raisonner à voix haute pour décrire son cours d'action (Theureau, 1992), par exemple avec un protocole verbal (Bisseret et al., 1999). Les connaissances implicites (Nonaka & Takeuchi, 1995) sont cependant difficiles à « mettre en mots » ; le vocabulaire manque souvent aux opérateurs, ou s'avère inadapté pour exprimer leurs intentions. Pour forcer à verbaliser les éléments nécessaires à une analyse du geste, nous avons introduit une deuxième spécificité, faisant écho à la réflexivité induite dans et sur l'action (Schön, 1994), en nous basant sur la théorie russe de l'activité (Leontiev, 1975 ; Rabardel, 1995 ; Nosulenko, 2008 ; Nosulenko & Rabardel, 2007 ; Nosulenko et al., 2005). Cette approche conduit l'opérateur à expliciter ses buts et leur atteinte au fur et à mesure de l'exécution du geste en situation. Ce point sera détaillé en section 2.2.

Est-ce que la vidéo et les techniques numériques sont une réponse pertinente à la problématique de la captation du savoir-faire lié au geste ? Dans quelle mesure et comment opérer une telle captation ? Notre travail propose des solutions pour aborder le savoir incorporé dans les gestes professionnels. Le but visé est de mettre au point les moyens techniques de captation en situation, les protocoles de passation et les caractéristiques attendues sur les gestes à capturer.

Comme évoqués plus haut, les aspects méthodologiques seront développés dans la partie 2 (la technique de capture vidéo, puis le protocole de verbalisation). L'expérimentation menée est décrite en partie 3. Les résultats présentés en partie 4 reprennent les trois

aspects du travail : prise de vue, protocole de verbalisation et type de geste concerné. Les principales conclusions et perspectives de notre étude sont exposées en partie 5.

1 - METHODOLOGIE

La démarche présentée dans cette section est destinée à recueillir les aspects moteurs et la représentation que l'expert se fait de son geste, du sens qu'il lui donne. La procédure de recueil que nous proposons ici ne consiste pas en une simple « mise en boîte » de la scène par un film. Son originalité repose sur le dispositif de capture utilisé, la subcam, et sur le protocole de verbalisation associé. Pour réaliser le geste technique, nous avons fait appel à des experts-formateurs. Avant de devenir formateurs, ces personnes ont acquis une expertise de terrain qu'ils mettent ensuite à profit pour enseigner lors de stages ou de formations thématiques. Au sein du personnel EDF, ces instructeurs présentent ainsi l'avantage de cumuler une maîtrise du geste métier (ce sont des opérateurs) et une certaine facilité à en expliciter clairement les finalités (ce sont aussi des pédagogues). Dans la suite du texte, ces personnes seront désignées indifféremment *opérateurs* ou *formateurs*.

1.1 – Capture du geste : la subcam

La capture des aspects moteurs du geste passe par l'équipement physique de l'opérateur avec une subcam. L'objectif de la caméra est situé à hauteur des yeux de l'opérateur qui la porte. L'intérêt d'utiliser un tel outil dans le cadre de notre étude est de filmer le geste selon le point de vue de celui qui l'exécute (cf. figure 1), en réalisant une prise de vue la plus proche possible du couplage naturel œil-main. Ceci apporte une perspective innovante et semble-t-il plus riche d'un point de vue cognitif et pédagogique.

Le type de caméras, leur poids et celui de la batterie, la présence ou non de câbles, la nature et les caractéristiques du support, l'angle de la prise de vue, la résolution de l'image captée, le format d'enregistrement, sont autant de paramètres qui influencent l'acceptabilité du dispositif.

La subcam V2 (cf. figure 2a) a été conçue il y a une dizaine d'années pour étudier le travail de bureau (Lahlou, 1998). Elle dispose d'un capteur à basse résolution et d'un système

d'enregistrement déporté sur le corps, fonctionnant sur cassettes DV.



Figure 1 : point de vue subjectif

Les subcams V4 et V5 (cf. figures 2b et 2c) sont des prototypes dérivés de la V2 que nous avons spécialement mis au point au Laboratoire de Design Cognitif (LDC) d'EDF R&D pour une utilisation en milieu industriel, dans le but de répondre aux besoins inhérents à la capture des gestes techniques.

Pour la subcam V4, nous disposons d'un nouveau système d'enregistrement présentant un bon compromis de l'ensemble des critères repérés comme critiques : résolution, intuitivité, simplicité et ergonomie d'utilisation du dispositif, taille, poids, et prix. Elle dispose d'un capteur 704x480 pixels, d'un angle de vue de 90° et pèse 150g. Son système d'enregistrement pèse 130g et fonctionne sur cartes SD. Pour en faire une subcam respectant le concept « au plus près des yeux » mais adaptée à un usage en usine, nous avons réalisé le système d'attache de la caméra ainsi que le système de réglage de la prise de vue sur un casque de protection standard. Nous avons utilisé les encoches situées de chaque côté du casque pour venir y loger l'enregistreur et l'objectif. Le système de réglage, quant à lui, permet un réglage selon les 3 axes x, y et z (l'axe y permettant de pallier les différences

inter-individuelles de distance entre le sommet du crâne et les yeux). Pour cela nous avons détourné l'usage d'une rotule à 360° (support d'appareil photo) que nous avons couplé à une tige. Ceci permet non seulement un réglage à trois degrés de liberté pour le cadrage, mais également à trois autres degrés pour le positionnement par rapport à la tête de l'opérateur.

Une autre direction de développement était la mise au point d'une subcam disposant d'une résolution suffisamment élevée pour pouvoir déchiffrer les documents, claviers, écrans et autres indicateurs utilisés par l'opérateur, même dans des conditions d'éclairage médiocres. La subcam V5 (cf. figure 2c), co-développée avec la société Horus, est le premier prototype au monde de caméra Haute Définition (HD) embarquée sur un humain. Elle dispose d'un capteur HD 1900x1080 pixels, d'un angle de vue de 70° et est sensiblement plus légère que la V4. Son système d'enregistrement, beaucoup plus lourd que celui de la V4, dispose d'un menu fonctionnel très complet, et utilise des Memory Sticks pour l'enregistrement.



Figure 2a :



Figure 2b :



Figure 2c :

Subcam V2-lunettes

Subcam V4-casque

Subcam V5-bandeau

Notre étude a consisté à identifier en situation réelle, les spécifications techniques rendant possible la capture du geste, en testant et comparant l'acceptabilité des trois modèles de subcams présentés figure 2, pour en tirer les conclusions nécessaires à une acceptation à la fois technique et humaine. Le but étant à terme la fabrication et l'industrialisation d'un unique modèle de subcam regroupant l'ensemble des caractéristiques essentielles à une bonne captation du geste technique en milieu industriel.

1.2 - Extraction du savoir incorporé : le protocole de verbalisation

Il faut non seulement saisir le geste mais également le sens que lui en donne l'opérateur. Pour cela, une fois le formateur outillé (préparation physique), des consignes lui sont données pour « penser » son geste et en assurer une bonne verbalisation (préparation mentale). Cette préparation mentale consiste à mettre l'opérateur en situation réflexive sur son geste afin qu'il en fournisse la meilleure description possible, dans un format qui permette une modélisation cognitive du geste et ultérieurement une structuration de supports pédagogiques. Il a pour consigne non seulement de décrire son activité au fur et à mesure, mais encore (et c'est une spécificité de notre approche) d'annoncer ses buts oralement avant chaque action particulière, et leur atteinte. L'opérateur est laissé libre quant au choix de ce qu'il considère comme devant être commenté, et en particulier du niveau de finesse dans le découpage de son activité, ainsi que des moments où il considère que commence ou finit une action spécifique.

Quand l'opérateur se sent prêt à appliquer le protocole de recueil, l'enregistrement est lancé et le formateur est laissé seul pour réaliser et commenter son geste, de façon autonome. Durant cette phase, l'analyste veille au respect des consignes et à la qualité du matériel obtenu. A l'issue, un visionnage, sur place et avec l'opérateur, permet de vérifier que le matériel obtenu est exploitable. Il arrive que des prises de vue complémentaires soient nécessaires, en subcam ou en vue externe, pour éclairer des points mal filmés, ou manquants, au premier essai.

2 - EXPERIMENTATIONS

Les tests *in situ* ont eu lieu au cours de deux interventions dans l'un des centres de formation des métiers d'EDF. D'abord sur deux jours avec trois analystes de la R&D, deux formateurs métiers (F1 et F2) et leur responsable (FR). F1, F2 et FR ont été instrumentés pour la capture de gestes. 13 prises de vues ont été effectuées (soit environ 150 minutes de vidéo).

Nous avons testé les trois modèles de subcams (subcam V2-lunettes ; subcam V4-casque ; subcam V5-bandeau) et trois modalités de verbalisation (pas de verbalisation [V], Verbalisation Située « simple » [VS], Verbalisation Située orientée Buts [VSB]) sur quatre gestes techniques différents :

- Geste 1 (G1) : réalisation par un seul opérateur d'un geste rare (*embrochage d'une cellule 380V*) ;
- Geste 2 (G2) : réalisation par un seul opérateur d'une application de fiche manœuvre (*réglage à 10% d'ouverture en manuel du robinet 2GCT021VV*) ;
- Geste 3 (G3) : réalisation par un seul opérateur (*principes de réglage des cames sur un servo-moteur électrique*) ;
- Geste 4 (G4) : réalisation en binôme d'une situation de compagnonnage mobilisant un expert (G4a) et un novice (G4b) pour le diagnostic d'un matériel défaillant (*analyse locale du dysfonctionnement du robinet 2ARE243VL et remise en conformité*).

Le tableau 1 résume ces expérimentations.

La deuxième intervention s'est déroulée un mois plus tard, sur une journée. Elle a porté sur les gestes G1 et G2, avec les subcams V2 et V4, et a donné lieu à sept nouvelles prises de vues. Cette seconde série a permis de compléter et d'affiner les résultats que nous présentons dans la section suivante.

	G1	G2	G3	G4
FR			1. V5-bandeau [VS]	
F1	1. V2-lunette [V] 2. V4-casque [VS] 3. V4-casque [VSB] 4. V5-bandeau [VSB]	1. V4-casque [V] 2. V4-casque [VS] 3. V4-casque [VSB] 4. V5-bandeau [VSB]	2. V4-casque [VSB] 3. V5-bandeau [VSB]	Part 1 : explications G4a (F1) : V4-casque [VS] G4b (F2) : observe Part 2 : mise en application G4a (F1) : contrôle G4b (F2) : V4-casque [VS]
F2		5. V4-casque [VSB]		Part 3 : dépannage G4a (F1) : V4-casque [VS] G4b (F2) observe

Tableau 1 : vue synthétique des expérimentations

Critères Subcam	Support de fixation	Résolution du capteur	Angle	Réglage du point de vue	Ergonomie (simplicité, intuitivité)	Taille & poids	Support de stockage	Son	Luminosité
V2-Lunettes	-	-	+	+	-	--	--	-	-
V4-casque	++	-+	+	++	+	++	++	--	--
V5-bandeau	-	++	-	-	+	+	++	++	++

Tableau 2 : comparatif qualitatif des trois dispositifs subcams

3 - RESULTATS

Les résultats obtenus portent sur les caractéristiques des subcams, le protocole de verbalisation et les modalités du geste.

3.1 – La subcam

Le tableau 2 recense les critères identifiés comme critiques pour la mise au point et l'acceptabilité technique et humaine d'une subcam à usage industriel, pour la captation de gestes techniques. Il présente les résultats issus de la comparaison des trois dispositifs subcams, sous forme de valeurs qualitatives (-, -, ++, +, ++), sur la base de ces critères.

Les résultats montrent que l'association d'un objectif grand angle (cf. figure 3) à un bon dispositif de réglage de l'orientation du point de vue conditionne la qualité du matériel vidéo obtenu. Le bon cadrage consiste à établir un réglage permettant de visualiser les mains situées au centre du point de vue lorsque l'opérateur réalise le geste (comme sur la figure 1).

De plus, pouvoir lire directement sur la vidéo, ce que le sujet lit sur les écrans, les cadrans ou

la documentation papier (fiche de manœuvre, schémas électriques...) permet de tout saisir avec un unique dispositif de prise de vue. La technologie HD de la V5 le permet. Ceci a pour avantage de ne pas avoir à multiplier les instruments de capture et à revenir ultérieurement sur ces supports, ce qui est un avantage indéniable pour l'étape d'analyse. On gagne en temps, en richesse d'informations, et on évite les analyses multiples.

Pour réaliser un modèle optimal de subcam, permettant la captation du geste professionnel en milieu industriel, il est donc souhaitable de retenir le support casque, c'est-à-dire le système de fixation de la caméra sur le casque via les encoches, et le système de réglage du point de vue selon les trois axes expliqués dans la section 2.1, ainsi que le dispositif technique de prise de vue HD utilisé pour la V5. En bref, il s'agit de tirer parti du montage-casque, mais en utilisant un dispositif de prise de vue haute définition, tel que celui de la V5, et en y adaptant un objectif grand angle présentant une ouverture verticale de 90° minimum, mesure correspondant à la zone de manipulation des mains (cf. figure 3).

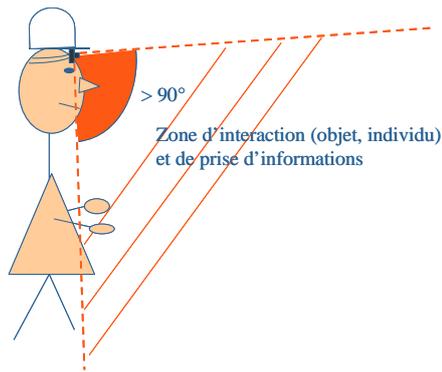


Figure 3 : angle de vue

3.2 – Le protocole de verbalisation

La deuxième hypothèse que nous souhaitons tester concernait les mécanismes d'explicitation du savoir-faire technique. En effet, voir le geste ne suffit pas pour le refaire ; il faut aussi comprendre comment et pourquoi il est mis en œuvre pour permettre son apprentissage.

Nous pensons que les commentaires, en situation, pouvaient être un moyen efficace d'extérioriser la connaissance tacite du geste. Nous avons donc testé et évalué la faisabilité, et l'efficacité de la méthode de verbalisation de la connaissance en situation, en comparant geste non commenté et geste commenté, lors de la prise de vue. Notre crainte était que la mise en œuvre de la procédure de verbalisation par l'opérateur puisse être une gêne à la réalisation du geste. D'après nos retours terrain, cela ne semble pas être le cas. Notons que le fait de commenter a pour conséquence naturelle de ralentir le rythme initial du geste, ce qui pourra faciliter l'apprentissage lors de la transmission du savoir. Par contre, le fait de simplement demander à l'opérateur de commenter ce qu'il faisait, a eu pour conséquence de faire ressortir non pas le savoir-faire lié au geste, mais plutôt les actions procédurales à appliquer pour réaliser le geste.

Nous avons alors introduit la composante « but » dans la consigne. En demandant à l'opérateur de préciser ses intentions au fil de son activité et d'expliquer comment il s'y prend pour les atteindre, on provoque en pratique une décomposition de l'activité conforme à la théorie de l'activité : actions et/ou opérations (segments automatisés d'actions) consistant à réaliser des tâches pour

atteindre des buts. Il mémorise alors les étapes du geste, les éléments conditionnant une mise en œuvre correcte, et se dote ainsi d'une image globale. Le respect de cette consigne de « verbalisation orientée but » est primordial, car c'est à partir des commentaires de l'expert que l'on pourra par la suite appliquer la théorie de l'activité pour permettre le découpage du geste.

Notons que la réussite de ce protocole est conditionnée par l'étape de préparation mentale de l'opérateur. Notre expérience montre que s'il est lancé directement sur le geste, il peut se sentir déstabilisé et désorienté. Il est donc très important de ne pas négliger cette étape de réflexion avant action. Au final, la comparaison des trois modalités de verbalisation montre que le fait de mobiliser et structurer oralement sa connaissance du geste avant et pendant l'action, en se basant sur les buts, a pour avantage de faire ressortir des éléments du savoir-faire qu'il serait difficile, voire impossible de repérer après coup, une fois le geste réalisé.

3.3 – Le geste

Au travers des scénarios filmés, mettant en scène des catégories de gestes très différents, nous avons pu identifier un certain nombre de dimensions du geste qui ont un impact direct sur la qualité des films obtenus. Le tableau 3 présente ces caractéristiques.

La séquentialité/linéarité du geste (séquence rigide sans choix vs arbre de décision foisonnant) et la granularité du geste dans les interactions opérateur-système, (geste fin – ex. appui sur boutons – vs geste ample – ex. manœuvre d'une grande clé) sont des critères directement liés au geste.

	Linéaire/Décisionnel (L/D)	Mono-/Pluri- (chiffre)	Granularité (Fin/Ample)	Déplacements (-/+)	Interactions verbales (-/+)
G1	L	1	F	--	--
G2	L	1	A	+ (verticaux)	--
G3	D	2	F/A	+	+
G4	L	1	F/A	-	--

Tableau 3 : caractéristiques des gestes

Le nombre d'opérateurs impliqué, le type de déplacements (verticaux vs horizontaux) et la composante verbale sont des modalités relatives à la situation et à ce que nous appelons les activités supports du geste. La démarche de capture ne s'applique pour le moment qu'à des gestes « simples » et effectués par un seul opérateur à la fois, tels que G1. Néanmoins, en l'état, elle est déjà considérée comme un progrès majeur par ses utilisateurs.

4 – DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces premiers résultats et retours dont nous disposons indiquent que le recours à la vidéo pour la captation numérique du savoir-faire en situation, associé à une structuration orale de l'activité cognitive du geste sous forme de buts, présente un potentiel indéniable. Cette approche permet de dépasser des difficultés liées à une formalisation des gestes de manière littérale ou symbolique (schémas statiques). Le protocole testé permet de bénéficier d'une vision étendue des interactions de l'individu avec son environnement de travail et d'un accès inédit aux pensées de l'opérateur. Le concept de « subcam-casque », destiné à un usage industriel, a émergé naturellement compte tenu des contraintes métiers des opérateurs (port du casque obligatoire, déplacements latéraux et verticaux nombreux...). Le but était de proposer un dispositif efficace en termes de résultats, simple et pratique à utiliser, le moins encombrant et le plus léger possible pour l'opérateur. Une fois fixée sur le casque, la caméra devient quasi-transparente pour celui qui la porte. Les opérateurs sont satisfaits et cette solution autorise l'utilisation de la subcam pour saisir des gestes rares ou imprévus ; il suffit pour cela de disposer à

proximité de chaque site de travail d'une caméra de ce type. En revanche, les contraintes liées à l'usage d'une vue subjective sont bien réelles:

- Bien que la tête soit un des éléments du corps le plus stable, elle n'est pas pour autant statique. Le fait que la tête ait des mouvements rapides (*balistiques*) produit parfois des images qui donnent le tournis à l'observateur. À regarder trop longtemps un film en subvue, une fatigue visuelle peut s'installer. Nous pallions ce problème en proposant un montage à partir des deux points de vue capturés en même temps : la vision subjective de l'opérateur et la vision externe du contexte.

- La subcam suit le mouvement de la tête et non pas celui des yeux. Il est donc possible que l'opérateur accompagne ses gestes de larges mouvements oculaires, plaçant son regard en dehors du champ de prise de vue. Ceci oblige à recourir à un objectif grand angle pour rattraper cet écart, mais l'emploi de capteurs présentant un angle vertical supérieur à 90° produit des images de faible résolution et avec certaines déformations axiales. Plus simplement, tant que nous sommes limités par les technologies existantes, il est possible de donner consigne à l'opérateur de garder un « regard central » et de bouger la tête pour changer d'orientation visuelle (pour lire, pour saisir un objet, etc.). Cette consigne s'est révélée viable en situation de réalisation de geste.

- Les subcams sont forcément un compromis entre taille et performance. Leurs dispositifs d'enregistrement présentent encore des limitations techniques qui peuvent s'avérer problématiques comme pour les scènes en faible luminosité ou pour les environnements fortement sonores. Sur ce point, notre

expérimentation n'a pas mis en évidence de réels palliatifs, mais la détection de ces problèmes pourrait être améliorée en utilisant un écran de visualisation à distance. Ceci autoriserait une analyse en cours d'enregistrement de l'image capturée, et du même coup cela rendrait possible des ajustements de cadrage par retour radio auprès de l'opérateur.

D'autres contraintes proviennent également de la réalisation du geste :

- Le fait d'employer un protocole de verbalisation en situation de travail, introduit un ralentissement général du geste. Ainsi le geste se retrouve plus explicite, mais ne reproduit pas le rythme et la vitesse réels de l'opération. Nous avons compensé ce point par une prise de vue supplémentaire, sans commentaire, effectuée à vitesse normale. Cette vidéo silencieuse permet de retracer la globalité de l'action et offre un matériel pédagogique complémentaire pour l'apprenant.

- La catégorie de geste influence directement le type de film à considérer. Une procédure arborescente doit être présentée sous forme de montage interactif, tandis qu'une procédure linéaire se montre facilement avec un film classique ; un geste fin nécessite un certain niveau de zoom tandis qu'un geste ample n'est bien vu qu'avec du recul, etc. L'illustration de certaines séquences pourrait utiliser la simulation numérique et l'animation 3D, en complément des images capturées.

- Enfin, le choix de l'opérateur influence fortement la qualité globale de la vidéo capturée. En ayant eu recours à des experts-formateurs, nous avons obtenu un bon compromis entre réalisation et explicitation du geste. Nous avons pu remarquer que des répétitions successives du même geste « entraînent » l'opérateur et améliorent de manière spectaculaire la performance. Mais quelles sont les parts relatives de ces paramètres sur la prestation finale : un expert-métier, un pédagogue non praticien ou encore un novice obtiendraient-ils des résultats satisfaisant avec le protocole de pensée à voix haute ?

Notre expérimentation apporte un plus quant à la possibilité de transmission d'un savoir-faire. Par rapport à une approche plus classique (de type observation avec annotation papier-

crayon, puis restitution, et enfin formalisation écrite), le coût lié à cette transmission est réduit en termes de ressources cognitives et temporelles. Le recours aux outils de capture subjective permet de s'abstraire d'un observateur extérieur, qui, même avec une présence discrète, incarne malgré tout une instance de contrôle. De fait, nous pensons que notre approche conserve une plus grande part de naturel dans le rapport du sujet à son activité. Cela ouvre à terme la possibilité de capturer des situations naturelles de type compagnonnage expert novice.

Nos expérimentations de nouveaux moyens de capture subjectifs, spécialement mis au point pour une utilisation industrielle, constituent une recherche-actions, selon le concept de réalité expérimentale développé au LDC (Lahlou et al., 2002). Les tests et leurs adaptations se font toujours en situation, dans les conditions les plus proches du réel, pour être certain de répondre aux attentes de l'utilisateur, ici des formateurs et apprenants. Nous revisitons ainsi la problématique de la capitalisation des connaissances au travers des nouvelles technologies et en nous focalisant sur la toute première étape qui consiste à capter le savoir, pour pouvoir ensuite mieux le transmettre. Les exploitations possibles de la capture du geste sont extrêmement larges : outil et support de remémoration, modes d'emplois, supports pédagogiques pour des formations, appropriation par un novice, entraînement à un geste rare, archivage de savoir-faire, etc. Il s'agit là d'une première approche de ce que l'on pourrait définir comme une encyclopédie de gestes-métiers.

BIBLIOGRAPHIE

- Bisseret, A., Sebillote, S., Falzon, P. (1999). Techniques pratiques pour l'étude des activités expertes. Chapitre 6 : La technique des protocoles verbaux. Octares Editions. Coll. Travail et activité humaine, dirigée par F. Daniellou, G. de Terssac & Y. Schwartz. 155p.
- Blanchard-Laville, C., Fablet, D. (2003). Travail social et analyse des pratiques professionnelles. Dispositifs et pratiques de formation. L'Harmattan Ed., Coll. Savoir et Formation. 2003. 212p.
- Goldman, R., Pea, R., Barron, B., Derry, S. eds. (2007). Video research in the learning

- sciences. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. 603 p.
- Guo, Z. & Sheffield, J. (2008). A paradigmatic and methodological examination of knowledge management research: 2000 to 2004. *Decision Support Systems* 44, 673–688.
- Lahlou, S. (1998). The subjective camera («subcam»): a new technique for studying representations in context. Fourth International Conference on Social Representations. Mexico, 8/1998. EDF-DER HN-51/98/017.
- Lahlou, S., Nosulenko, V., Samoylenko, E. (2002). Un cadre méthodologique pour le design des environnements augmentés. *Informations sur les Sciences Sociales*. Vol. 41, N 4, P. 471-530.
- Lahlou, S. (2006). L'activité du point de vue de l'acteur et la question de l'inter-subjectivité : huit années d'expériences avec des caméras miniaturisées fixées au front des acteurs (subcam). *Communications*, Nov. 2006, n°80: 209-234.
- Lahlou, S., Nosulenko, V., Samoylenko, E. (2009). La numérisation du travail. Théories, méthodes, expérimentations. Paris: Lavoisier, coll. EDF R&D, approx 350 p. in press.
- Le Boterf, G. (2008). Repenser la compétence. Pour dépasser les idées reçues : 15 propositions. Eyrolles, Editions d'Organisation, Coll. Ressources Humaines. 139 p.
- Leontiev, A.N. (1975). *Activité, conscience, personnalité*. Moscou: Editions du Progrès.
- Le Roux, D. (2006). Les processus sociaux de la transmission intergénérationnelle des compétences : le cas d'une centrale nucléaire. *Presses Universitaires de France, Sociologies Pratiques - N° 12*, 23-36.
- Levy, J-F. (2000). Etat de l'art sur la notion de compétences. Texte introductif au séminaire national Institut National de la Recherche Pédagogique (INRP), Département Technologies nouvelles et Education (TECNE), 26/06/2000, Paris. <http://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00000606/en/>
- Liao, S. (2003). Knowledge management technologies and applications—literature review from 1995 to 2002. *Expert Systems with Applications* 25,155–164.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How the Japanese Companies Create the Dynamic of Innovation*. New-York : Oxford University Press. Traduction française : *La connaissance créatrice. La dynamique de l'entreprise apprenante*. Bruxelles : De Boeck Université (1997).
- Nonaka, I., Toyama, R. (2005). The theory of the knowledgecreating firm: subjectivity, objectivity and synthesis. *Industrial and Corporate Change* 14(3): 419–436.
- Nonaka, I., Peltokorpi, V. (2006). Objectivity and Subjectivity in Knowledge Management: A Review of 20 Top Articles. *Knowledge and Process Management* Volume 13 Number 2, 73–82.
- Nosulenko, V. (2008). Mesurer les activités numérisées par leur qualité perçue. *Informations sur les Sciences Sociales*. Vol. 47, N3, P. 391-417.
- Nosulenko, V., Rabardel, P., eds. (2007). *Rubinstein aujourd'hui. Nouvelles figures de l'activité humaine*. Toulouse – Paris : Octarès - Maison des Sciences de l'Homme. 309 p.
- Nosulenko, V., Barabanshikov, V., Brushlinsky, A., Rabardel, P. (2005). Man-technology interaction: some of the Russian approaches. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, Vol. 6, N 5, P. 359-383.
- Pea, R., Mills, M., Rosen, J., Dauber, K., Effelsberg, W., Hoffert, E. (2004). The DIVER Project: Interactive Digital Video Repurposing. *IEEE Multimedia*, 11(1), pp. 54-61, Jan-Mar 2004.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies. Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris, Armand Colin.
- Schön, D.A. (1994). *Le praticien réflexif : à la recherche du savoir caché*. Traduit par J. Heynemand et D. Gagnon. Editions Logiques Montréal, Coll. Formation des maîtres. 418 p.
- Theureau, J. (1992). *Le cours d'action: analyse sémio-logique, essai d'une anthropologie cognitive située*. Sciences pour la

Communication Vol. 35. Bern,
Frankfurt/M., New York, Paris, 1992. 339 p.

Vidal-Gomel, C. (2007). Compétences pour gérer
les risques professionnels : un exemple dans

le domaine de la maintenance des systèmes
électriques. Le travail humain 2007/2,
Volume 70, p. 153-194.