



**HAL**  
open science

# Robotique collaborative en milieu industriel, apports de l'ergonomie dans la transformation du travail : étude en industrie sidérurgique

Aurélien Adam, Tahar-Hakim Benchekroun

## ► To cite this version:

Aurélien Adam, Tahar-Hakim Benchekroun. Robotique collaborative en milieu industriel, apports de l'ergonomie dans la transformation du travail : étude en industrie sidérurgique. 13ème conférence internationale de modélisation, optimisation et simulation (MOSIM2020), 12-14 Nov 2020, Agadir, Maroc, Nov 2020, Agadir (en ligne), Maroc. hal-03192814

**HAL Id: hal-03192814**

**<https://hal.science/hal-03192814v1>**

Submitted on 8 Apr 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# ROBOTIQUE COLLABORATIVE EN MILIEU INDUSTRIEL, APPORTS DE L'ERGONOMIE DANS LA TRANSFORMATION DU TRAVAIL : ETUDE EN INDUSTRIE SIDERURGIQUE

Aurélien ADAM

CRTD - CNAM  
41 rue Gay-Lussac, Paris - FRANCE  
aurelien.adam.auditeur@lecnam.net

Tahar-Hakim BENCHEKROUN

CRTD – CNAM, équipe ergonomie  
41 rue Gay-Lussac, Paris - FRANCE  
tahar-hakim.benchekroun@lecnam.net

**RESUME :** Dans les milieux industriels à risque, la robotique collaborative fait partie des solutions technologiques permettant de concilier productivité et prévention des risques liés à la santé des opérateurs sur les postes de travail. Ces systèmes homme-robot sont de plus en plus étudiés dans l'objectif d'optimiser la compétitivité des industries. Basé sur un travail réalisé dans le cadre d'un mémoire de master professionnel en ergonomie, cet article rapporte l'apport des connaissances sur l'activité des opérateurs dans le développement d'une solution de robotique collaborative en milieu sidérurgique. Plus particulièrement, il s'intéresse à la démarche d'inclusion des opérateurs dans le développement d'un système technique à base de solutions cobotiques.

**MOTS-CLES :** Robotique collaborative, Schéma décisionnel, Ergonomie

## 1 INTRODUCTION

L'optimisation des postes de travail pour les entreprises est motivée par un double enjeu : dans un premier temps, il s'agit pour celle-ci de développer sa compétitivité en accroissant ses performances (moindre coût, production plus importante, meilleure qualité...) et dans un second temps, d'améliorer les conditions de travail de ses employés (réduction de la pénibilité, éviter les risques d'accidents, diminution des charges mentales...).

En ce sens, de nombreuses entreprises, s'appuyant sur de nouvelles technologies et les progrès techniques investissent dans des solutions automatisées afin de réduire les risques pour l'opérateur, notamment sur des postes à forte répétitivité et/ou avec une charge physique importante. Cependant, sur certains postes, il n'est pas possible de supprimer l'opérateur pour diverses raisons (trop de variabilité au poste, traitement cognitif des informations complexe...). C'est ainsi qu'une nouvelle voie technologique s'est ouverte : la robotique collaborative.

Comme le rapportent Bobillier-Chaumon & Dubois (2009), l'intégration d'une nouvelle technologie dans un système peut le bouleverser. C'est pourquoi il est nécessaire d'anticiper les changements que va engendrer l'arrivée de cette technologie dans le système actuel.

Il va donc être primordial de se pencher sur le facteur humain. En effet, ce dernier est souvent sous-estimé, ce qui a pour conséquence d'entraîner des difficultés et des échecs lors de conception ou d'implantation de nouvelles technologies (Monéger & al, 2015). Combien de fois l'humain a trouvé des parades pour contourner des difficultés face aux innovations. Si on garde un point de vue

orienté sur le travail, il suffit de prendre en exemple les opérateurs qui chuintent les sécurités, un compromis à risque qui permet d'atteindre leurs objectifs de productivité. En fonction de son savoir-faire, de son expérience, l'humain ne réagira pas de la même manière face à l'innovation. Il s'agit donc d'établir des systèmes complexes à partir de la singularité de chaque personne.

Nous allons donc chercher à montrer ce que peut apporter l'ergonomie dans le développement d'un système de robotique collaborative, au travers d'une étude de cas en milieu sidérurgique.

## 2 D'UNE APPROCHE PHYSIQUE A UNE GENESE DES CONNAISSANCES

L'intervention a eu lieu dans une usine fabriquant des tuyaux en fonte ductile. Le poste impacté par le développement d'une solution de robotique collaborative est le poste de canaliste. Il s'agit du cœur même de la production du site, puisqu'il est en charge de maintenir en état le système de coulée qui permet d'acheminer la fonte en fusion, du réservoir, appelé basket, à la machine à centrifuger (Figure 1).

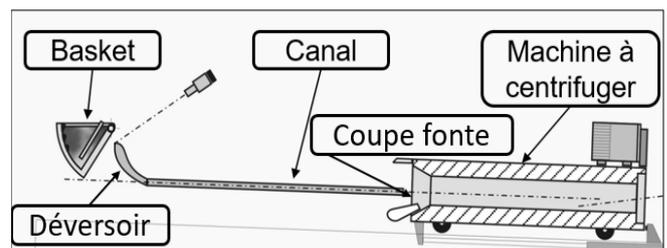


Figure 1 : Représentation schématique du système de coulée

La demande initiale formulée par l'ingénieur était la suivante : « Réaliser l'analyse de l'activité physique du poste de canaliste dans l'objectif de créer des connaissances pour instrumenter la future solution ». Ainsi cette demande était orientée principalement sur l'activité physique des opérateurs.

## 2.1 Comprendre les enjeux du projet

Dans un premier temps, plusieurs entretiens ont été réalisés auprès des différents acteurs du projet, afin de comprendre les attentes liées à ce projet. Le premier, réalisé avec l'ingénieur, précisait la nature de collaboration qui se ferait entre l'opérateur et le système, à savoir de la télé opération. De ces entretiens, deux axes principaux se sont dessinés : un premier axe orienté sur les risques importants auxquels sont exposés les opérateurs et un second sur la notion d'expertise des opérateurs. Ces deux points ne sont pas anodins dans un tel projet, puisque comme le souligne Moulières Seban (2017), « La télé opération est principalement utilisée pour les postes où l'opérateur est dans l'incapacité d'intervenir mais pour lesquels son expertise est nécessaire ».

## 2.2 Un poste à risques

Après une analyse approfondie des documents et données de la société, il s'est avéré que le poste de canaliste était le plus impacté de son secteur d'un point de vue des accidents du travail mais également des maladies professionnelles. Pour ce qui est des accidents, on dénombre principalement des brûlures, dues à la fonte en fusion, des corps étrangers dans les yeux (poussières, petits éclats de métaux) ainsi que des chocs (manutention d'outils). Pour ce qui est des maladies professionnelles, on recense essentiellement des surdités, des Troubles Musculo Squelettiques (TMS) ainsi qu'une cataracte.

Les analyses de l'environnement ont par ailleurs montré une exposition à un bruit ambiant de 97,1 dB, de fortes variations de luminosité et de températures, ainsi qu'une exposition à la silice cristalline (63% Valeur Limite d'Exposition Professionnelle).

## 2.3 La nécessité d'une expertise

Des premières observations sur terrain ont été réalisées lors de cette phase préliminaire de l'étude. Elles ont notamment été l'occasion de réaliser un chronogramme d'activité permettant de mettre en évidence la multitude de tâches réalisées par les opérateurs ainsi que l'absence totale d'une routine dans l'enchaînement de ces tâches. Cette variabilité dans l'enchaînement des tâches atteste d'un processus cognitif de la part des opérateurs amenant à une prise de décision pour réaliser ou non une tâche.

Ces premières observations terrains ont également permis de rendre compte d'une importante activité de surveillance des opérateurs. Des entretiens informels réalisés lors de ces premières observations ont mis en évi-

dence cette activité réflexive des opérateurs. En effet, les opérateurs expliquent qu'ils regardent systématiquement comment s'écoule la fonte, du basket à la machine à centrifuger, car il s'agit de l'élément principal révélateur du bon entretien des parties du système de coulée.

## 3 INTERET DE L'ERGONOMIE POUR LE DEVELOPPEMENT DE LA ROBOTIQUE COLLABORATIVE

### 3.1 La télé opération

Nous parlerons bien ici de collaboration et non de coopération. Ces deux termes se distinguent selon Rogalski (1994), bien qu'il les emploie dans un contexte de travail entre humains. Ainsi, dans le cadre d'une coopération, les acteurs vont se voir attribuer des tâches respectives afin d'atteindre un but commun, tandis que dans le cadre d'une collaboration, les différents acteurs se voient assigner une tâche commune pour atteindre un but commun. Au vu des scénarii proposés précédemment, les cas de figure de coopération et de collaboration sont envisageables.

En effet, la télé opération peut prendre différentes formes selon le degré de contrôle de l'opérateur. Bitonneau (2018) propose dans sa thèse trois formes de contrôle par l'opérateur :

- Direct, sans contrôle de l'opérateur, le robot n'effectue aucune action
- Partagé, le robot peut enclencher une série d'action à partir d'une commande de l'opérateur
- Supervisé, le robot dispose d'une certaine autonomie et l'opérateur s'assure du bon déroulé des actions.

On voit ainsi apparaître différents degrés d'autonomie pour le robot, néanmoins, l'opérateur conserve l'autorité dans les différents niveaux de décision. En effet, la télé opération a été principalement développée dans le milieu nucléaire afin de sortir les opérateurs de zones de travail hostiles. La nécessité de composer avec leur savoir-faire étant toutefois indispensable, il était impossible d'automatiser la tâche.

Dans le cadre de la mise en place d'une activité télé opérée, il convient donc d'étudier un système Homme-Robot-Tâche plutôt que d'étudier chaque entité individuellement. En effet, Moulières-Seban (2017) propose un modèle de la cybernétique auto-apprenant, dans lequel le couple Homme-Robot réagit à des informations appelées « Input » pour produire un résultat appelé « Output ». Ce modèle met en évidence une boucle rétroactive qui aura un effet sur la tâche, les procédés ou encore les objectifs qui nourrissent le système.

L'étude de ce système nous amène au point suivant et la notion d'acceptation de la technologie pour la situation de travail future.

### 3.2 De l'acceptabilité à l'acceptation de la technologie

La transformation d'une situation de travail en y implantant une technologie n'est pas toujours évidente. On rencontre souvent une certaine réticence de la part des opérateurs quant à leur possible substitution par une technologie, dans le cas présent un robot. Malgré que celui-ci est considéré comme collaboratif et qu'il n'aura pas vocation à remplacer l'opérateur, ce dernier sera influencé par deux formes d'acceptabilité<sup>1</sup> : l'acceptabilité pratique et l'acceptabilité sociale. L'acceptabilité est donc un indicateur antérieur à la situation future permettant d'estimer le degré d'acceptation futur de la technologie. L'acceptabilité pratique va alors faire référence au caractère pratique de la future situation de travail. La technologie sera-t-elle suffisamment flexible et adaptable afin qu'elle permette à l'opérateur d'atteindre ses buts de manière efficace et efficiente. Dans ce sens, Davis (1986) a développé un modèle appelé le Technology Model Acceptance, basé sur deux notions :

- L'utilité perçue (PU), qui est le degré de croyance d'une personne de l'apport d'un système pour améliorer sa performance
- La facilité d'utilisation perçue (PEOU), qui est le degré de perception que l'utilisation d'un système se fera sans effort

En complément, l'acceptabilité sociale à une approche plus socio-cognitive. Comment va réagir l'opérateur face à la technologie vis-à-vis de ses valeurs et de l'organisation au sein de laquelle il va évoluer. Humbert (2010) met en garde face au processus de résistance de certains opérateurs en réponse au changement. Il émet alors une liste de craintes récurrentes qui dépendent du contexte d'implantation de la technologie :

- **Changement de nature du travail**, un travail manuel peut se transformer en travail télé opéré entraînant une perte de plaisir de faire ;
- **Perte de statut**, un travail reconnu par son savoir-faire peut être dévalorisé par la réalisation de la tâche par un automate ;
- **Altération des relations interpersonnelles**, les deux points précédents peuvent avoir un effet plus importants si on les retrouve dans une organisation collective du travail ;
- **Perte de pouvoir**, l'opérateur n'a plus le droit d'agir de son plein gré
- Changement de prise de décision,

---

<sup>1</sup> « Valeur de la représentation mentale que se construisent les individus concernant un objet technologique. Volonté explicite de l'utilisateur de faire usage de la technologie » (Ozenne et al, 2018)

- **Incertitude des informations**, la mise en place de la technologie réduit voire supprime l'accès à certaines informations, essentielles pour l'opérateur ;
- **Remise en cause des compétences**, manque de compétences pour occuper un même poste qui dispose d'une nouvelle technologie.

Plus le niveau d'acceptabilité sera élevé, plus l'acceptation de la technologie sera simplifiée. L'acceptation est un processus dynamique effectif à partir du moment où l'opérateur interagit avec la nouvelle technologie. Afin de s'assurer que celle-ci soit optimale Bobilier-Chaumon & Dubois (2009) proposent deux niveaux d'analyse :

- L'anticipation qui est l'évaluation de l'utilisateur des coûts/bénéfices liés à l'utilisation de la technologie. L'opérateur se représente ainsi le système dans lequel il évoluera avec la technologie de manière abstraite.
- L'acceptation effective qui est une forme où l'utilisateur connaît déjà la technologie. Son acceptation va donc dépendre de l'expérience passée avec cette technologie.

Ses deux niveaux d'analyse placent l'opérateur au centre de la question. La question devient alors, comme le soulèvent Brangier et al (2010), quel est le processus cognitif mis en place par l'opérateur pour accepter la nouvelle technologie ; on parle alors d'acceptation opératoire.

### 3.3 Perspectives pour l'intervention

Cette brève revue bibliographique a pour objectif de montrer la complexité de la transformation de travail lorsqu'il s'agit d'y insérer une nouvelle technologie. Les notions d'acceptabilité et d'acceptation montrent que la transformation est un processus long qui nécessite de placer l'opérateur en son centre. L'aspect pratique pour ce qui est de l'atteinte de l'objectif et l'aspect socio-cognitif pour ce qui est de la perception de soi au sein de l'organisation sont les éléments déterminants de l'acceptation de la technologie.

Il sera donc indispensable d'inclure les opérateurs du début à la fin du projet, d'une part pour les faire adhérer au projet, et d'autre part pour assurer la pérennité du futur système de travail.

Il s'agit de ne pas tomber dans le « Men Are Better At – Machine Are Better At » (MABA-MABA) dont parlent Dekker et Woods (2002) qui tend à répartir les tâches au préalable alors qu'on ne sait pas encore comment va s'organiser l'activité future. Les futures fonctions de chacun, le robot et l'opérateur, doivent être définies à partir de l'analyse de la situation de travail actuelle et de la simulation du travail futur. La démarche ergonomique offre la possibilité de co-construire les solutions en faisant participer les opérateurs.

#### 4 UN TRAVAIL INDEPENDANT AU SEIN D'UNE ORGANISATION : UNE ACTIVITE RICHE PAR L'EXPERIENCE

Pour poursuivre l'étude, nous nous sommes basés sur la méthodologie proposée par Moulières Seban et al (2016), comme présentée sur la Figure 2. Ce modèle permet notamment de compléter le modèle proposé par Barcellini et al (2013), en étant plus spécifique à l'intervention présentée. Ainsi, l'ensemble des étapes listées ici permet de produire des connaissances sur l'activité qui seront nécessaires à l'ingénieur, pour concevoir la solution future. Dans le cadre de cet article, nous nous focaliserons sur l'analyse de l'existant, aboutissant au cahier des charges fonctionnel.

En effet, à ce stade de l'étude, l'ingénieur propose 3 scénarii possibles pour imaginer la solution future. Les premières observations ouvertes et les premiers entretiens exploratoires auront pour objectif de cibler le scénario idéal parmi les trois suivants :

- Scénario 1 : Quelques tâches réalisées avec le système ;
- Scénario 2 : Toutes les tâches réalisées avec le système avec une fiabilité inférieure à 100% ;
- Scénario 3 : Toutes les tâches réalisées avec le système avec une fiabilité à 100%.

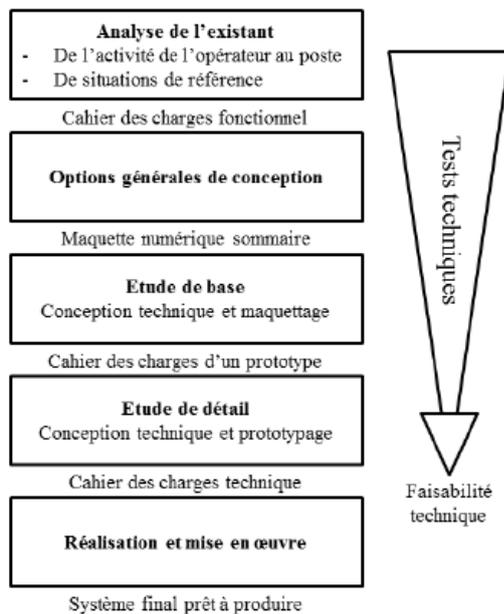


Figure 2 : Processus global de conception d'un système cobotique industriel

##### 4.1 Analyse des tâches du canaliste

Les fiches de poste et HSE ne sont que très peu exhaustives au regard du nombre de tâches observées et reportées sur le chronogramme. Ce manque d'informations officielles sur la prescription du travail des canalistes laisse penser qu'il existe une grande part d'activité informelle et beaucoup de gestion en situation de travail de la part des opérateurs.

De plus, les canalistes opèrent par deux pour une même machine. Ils se nomment « canaliste PAM » (CP) et « canaliste BLD » (CB). Afin d'augmenter la cadence de production, une machine à centrifuger dispose de deux canaux permettant d'acheminer la fonte du basket à la machine. Ainsi quand la coulée se réalise sur le canal PAM, le second canal (BLD) retourne à quai, près du canaliste du même nom, afin que celui-ci puisse réaliser ses tâches d'entretiens. Puis par translation, les deux canaux se décalent afin que le canal ayant servi puisse à son tour être entretenu, tandis que l'autre servira à la coulée.

Ainsi, chaque canaliste s'occupe d'un canal. En revanche, les tâches réalisées sur le basket ou sur la machine à centrifuger sont partagées entre les opérateurs. Par exemple, le CB intervient seul sur la machine à centrifuger, il interviendra pour mettre de la graisse au coupe fonte et décollera la fonte agglomérée sur la paroi à l'aide d'une perche en métal. Au niveau du basket, le CB écrème le basket (Figure 4), c'est-à-dire qu'il enlève la fonte impure à la surface du basket à l'aide d'une perche, tandis que le CP fait de même au niveau du bec du basket.

Les canalistes interviennent physiquement sur le canal, une fois que ce dernier est à quai. Cependant, l'activité des canalistes est continue, puisqu'ils observent la fonte pendant la coulée. Cette prise d'information leur permet d'estimer si le canal est en bon état et qu'aucune action n'est à mener ou, d'identifier les zones du canal sur lesquelles il doit intervenir. En fonction de l'anomalie repérée, il peut être amené à :

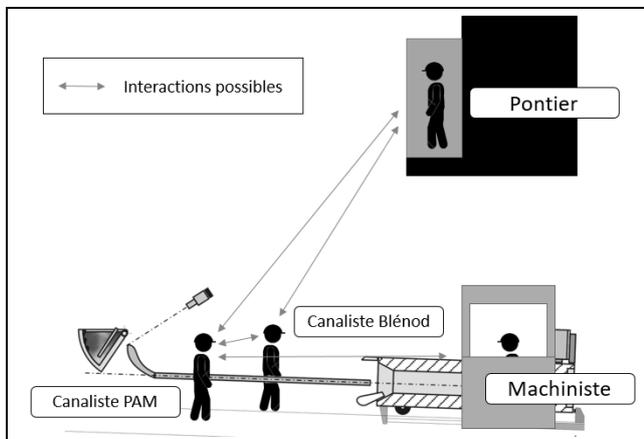
- Utiliser une barre à mine pour enlever un résidu de fonte collé dans le canal
- Utiliser un gant pour lisser les aspérités du noir dans le canal
- Gratter le canal avec une brosse en fer pour décoller une section de noir avant d'en remettre à l'aide d'un pinceau large.

Pour extraire les éléments décollés du canal par les opérations listées précédemment, chaque canaliste dispose d'un pupitre de commande situé derrière lui, lui permettant de commander le canal en mode manuel.

##### 4.2 Des communications nécessaires

Les canalistes travaillent en collaboration avec un machiniste (gère les paramètres de la machine) et un pontier (achemine la fonte au poste avec un pont roulant). Etant donné le bruit ambiant et les distances qui séparent les différents opérateurs, sans compter que le pontier est en hauteur dans une cabine fermée, les interactions se font principalement par gestes. Lorsque les canalistes interagissent entre eux ou avec le machiniste, ils s'interpellent par un cri avant de communiquer par geste. Pour ce qui est des communications avec le pontier, les canalistes l'interpellent par des gestes. De par l'implantation des

postes, le machiniste et le pontier ne peuvent communiquer directement. Le machiniste passe alors par l'intermédiaire du canaliste PAM pour transmettre une information au pontier comme l'illustre la Figure 3. Par exemple, lors des observations ouvertes, la machine a rencontré des difficultés à extraire un tuyau. Le machiniste a alors alerté le canaliste pour que celui-ci prévienne le pontier, afin qu'il ne remplisse pas le basket et ainsi éviter que la fonte refroidisse en attendant que le problème soit résolu.



**Figure 3 : Représentation des interactions entre les différents opérateurs**

#### 4.3 Résultats des entretiens exploratoires

Des entretiens ont été réalisés avec l'ensemble du personnel opérant sur le plancher de coulée (canalistes, machinistes et pontier). Ces entretiens ont notamment permis de valider le choix du scénario optimal pour la suite de l'étude. En effet, les verbatims relevés lors des entretiens ont mis en évidence la réalisation d'opérations impossibles à automatiser, voire pour lesquelles l'intervention physique de l'opérateur était indispensable.

Lors des entretiens, il a été identifié des systèmes de prise d'information-mobilisation de compétences propres aux opérateurs. Ces systèmes mettent en évidence l'expérience des opérateurs et la nécessité de les intégrer dans la conception de la future solution. Par exemple, l'une des tâches réalisées par le canaliste est de gratter le canal. Pour se faire, l'opérateur déclare : « *Je vois quand ça va coller, quand les baguettes collent dans le canal, quand la baguette ne tombe pas toute droite.* ». Pour cela, l'opérateur explique qu'il « *y a une façon de gratter* ». Ces verbatims, parmi tant d'autres justifient le choix du scénario numéro 1. De plus, ils suggèrent pour la suite de l'étude, d'intégrer les opérateurs afin d'identifier les informations nécessaires au déclenchement de l'action, ainsi que les spécificités techniques du futur robot pour qu'il puisse réaliser correctement les actions.

## 5 IDENTIFICATION DE LA TELE OPERABILITE DU TRAVAIL : VERS UNE TRANSFORMATION DE L'ACTIVITE

### 5.1 Entretiens de classement des tâches

A la suite de ces observations et de ces entretiens, de nouveaux entretiens ont été réalisés afin de classer les différentes tâches selon trois niveaux :

- Tâches automatisables, elles sont considérées par les opérateurs comme ne mobilisant pas de compétences particulières. L'ingénieur devrait réaliser des recherches en parallèle pour savoir comment les automatiser ;
- Tâches télé opérables, elles seraient réalisables par un robot, mais avec la réflexion de l'opérateur. Ces tâches vont faire l'objet d'entretiens en auto confrontation, pour formaliser des schémas décisionnels ;
- Tâches nécessitant l'intervention physique de l'opérateur, elles ne sont pas substituables à l'action physique des opérateurs. Pour ces tâches, il faudra identifier les modalités d'intervention de l'opérateur dans la zone.

Ces entretiens ont été réalisés avec 8 canalistes volontaires. Dans un premier temps, il leur était demandé de confirmer que la liste des tâches était exhaustive, avant de voir avec eux, s'ils estimaient que les tâches étaient automatisables, télé opérables ou nécessiteraient leur intervention physique.

Les résultats ont ensuite été croisés entre chaque entretien pour voir l'homogénéité des réponses avant d'être présentés aux opérateurs pour discussions et validation.

### 5.2 Formalisation de schémas décisionnels

Comme vu précédemment, les tâches considérées comme automatisables ont fait l'objet d'entretiens en auto confrontation. En effet, selon Six-Touchard & Falzon (2013) « *Les opérateurs expérimentés savent déployer une activité efficace, efficiente, pertinente mais n'ont pas conscience de leurs modes opératoires et des prises d'informations et de décisions qui les sous-tendent* » et l'entretien en auto confrontation est un outil permettant la verbalisation de l'activité cognitive des opérateurs.

#### 5.2.1 Méthodologie

Pour ce faire, la société TEA est intervenue avec la technologie Tobii® qui est un système de eye tracking. Ainsi, nous avons pu enregistrer des vidéos montrant ce sur quoi se porte le regard d'un opérateur en temps réel. Ces enregistrements ont duré deux heures. Cette durée a été déterminée car elle permet de prendre en compte l'ensemble des tâches, notamment une réalisée par les opérateurs seulement une fois toutes les deux heures.

Une fois les données vidéos récupérées, des séquences ont été sélectionnées, faisant références aux Situations d'Action Caractéristiques (SAC) qui ont pu être déterminées, à savoir les différentes tâches. Etant donné les contraintes de temps liées au contrat de stage, seulement quelques tâches ont pu être soumises aux entretiens, mais ont néanmoins permis d'identifier des spécifications pour la conception.

### 5.2.2 Résultats et repères pour la conception

Lors des entretiens, il était demandé à l'opérateur de verbaliser l'action qu'il visionnait sur l'écran. A partir de ces verbalisations il était possible de mettre en pause la vidéo afin de questionner de manière plus approfondie l'opérateur sur ses réflexions l'amenant à agir. Le schéma suivant (Figure 4) est le résultat de l'observation d'une séquence traitant d'une remise de noir dans le canal.

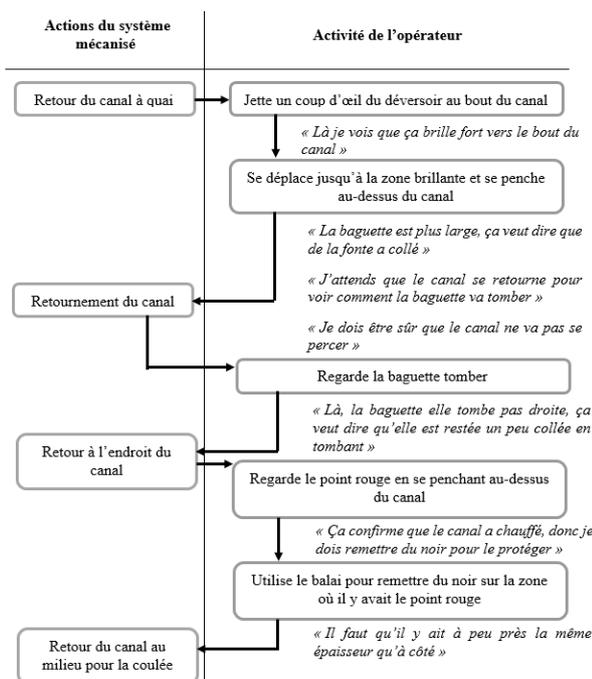


Figure 4 : Schéma décisionnel relatif à la remise de noir dans le canal

Garrec et al (2010) définissent la télé opération comme un « ensemble de techniques qui permettent à l'homme de transposer ses capacités d'action (observation, manipulation) en temps réel à distance grâce à des retours sensoriels ». Ce schéma décisionnel sert donc ensuite de base à l'ingénieur pour identifier des fonctions qui seront nécessaires lors de la conception de la solution collaborative. En effet, en fonction des actions réalisées par l'opérateur en phase de travail, associées aux différentes explications verbalisées et formalisées, il sera possible pour l'ingénieur de se construire des repères essentiels pour la conception. Par exemple, le cas étudié en Figure 6 suppose que l'opérateur puisse avoir depuis son poste de contrôle, une visibilité globale sur le canal, mais également qu'il puisse définir une zone précise sur laquelle il voudrait avoir une vue. De plus, il a besoin de pouvoir

observer la forme que prend la baguette lorsqu'elle tombe ainsi qu'il est la possibilité d'appliquer du noir sur la zone de son choix et en quantité voulue. Ces quatre points sont des éléments à intégrer au cahier des charges fonctionnelles du futur système.

## DISCUSSIONS

A partir d'une demande initiale orientée sur l'activité physique du poste, l'analyse des enjeux du projet a permis de réorienter l'intervention ergonomique. En effet, l'analyse du projet est la première phase de l'intervention ergonomique, tant elle permet de comprendre le projet, mais également de correctement l'orienter.

Ces connaissances empiriques sur l'activité de l'opérateur, générées par ces entretiens (Theureau, 2002), ont permis de définir des SAC. Ces derniers vont alors permettre à l'ingénieur, avec la participation des opérateurs d'anticiper les fonctionnalités de la future solution. Le rôle de l'ingénieur va alors être d'apporter ses connaissances techniques et technologiques qui vont pouvoir suppléer l'activité actuelle des opérateurs. Dans le cadre du projet de cobotique actuel, ces améliorations technologiques doivent être proposées par le concepteur en réponse aux différents schémas de raisonnement des opérateurs afin d'intégrer les futurs scénarii de simulation.

En tant qu'ergonome, l'un de nos rôles aura été d'accompagner au changement des représentations que peuvent avoir les opérateurs de leur future situation de travail. La démarche appliquée dans le cadre de ce projet, en expliquant les enjeux pour les canalistes (santé actuelle et travail futur) dès le début du projet, a permis de faire évoluer la représentation initiale qu'ils pouvaient avoir de l'installation d'un système robotisé au poste. Par un positionnement centré sur le travail et l'activité réelle mobilisée en situation, il a été possible de faire prendre du recul aux opérateurs sur leur poste. Il s'agit d'un procédé de production ancien, qui n'a peu ou pas connu d'évolution. La représentation d'une solution aussi innovante que celle-ci a pu paraître impensable pour les anciens. La démarche ergonomique participe aux processus de transition vers l'acceptation du changement.

Pour aller plus loin, la simulation de l'activité future va permettre de développer un langage commun aux deux parties pour faciliter l'acceptation du changement pour les opérateurs. De plus, cette démarche participative permet aux futurs utilisateurs de se familiariser avec la nouvelle technologie (Ozenne et al, 2018). La participation permet un apprentissage partagé (Kleinpeter, 2015) entre la technologie qui sera alors adaptée à l'activité de l'opérateur et l'opérateur lui-même qui pourra évoluer dans une situation, qui au lieu d'être subi, devient partagée.

La mise en place d'une nouvelle solution, au sein d'une nouvelle organisation permet de supprimer des déterminants qui étaient sources de contraintes pour l'activité de l'opérateur, mais peut aussi apporter d'autres contraintes qu'il va falloir anticiper (Moullières-Seban, 2017). En effet, du point de vue organisationnel, la maintenance, la révision, le réglage des bras télé opérés devra être prévue et fera partie de l'activité du plancher de coulée. Comment faire en cas de panne d'un des systèmes ? La zone sera-t-elle toujours adaptée pour que l'opérateur puisse travailler sans la machine ? Ces questions devront être anticipées afin que l'organisation ne soit pas source de contraintes.

## REFERENCES

- Barcellini, F., Van Belleghem, L. et Daniellou, F. (2013) Les projets de conception comme opportunité de développement des activités. In Falzon, P. (coord.) Ergonomie constructive. Paris PUF.
- Bitonneau, D. (2018). *Conception de systèmes cobotiques industriels : approche robotique avec prise en compte des facteurs humains : application à l'industrie manufacturière au sein de Safran et Ariane Group* (Doctoral dissertation, Bordeaux).
- Brangier, E., Hammes-Adelé, S., & Bastien, J. M. (2010). Analyse critique des approches de l'acceptation des technologies : de l'utilisabilité à la symbiose humain-technologie-organisation. *Revue européenne de psychologie appliquée/European Review of Applied Psychology*, 60(2), 129-146.
- Bobillier-Chaumon, M. E., & Dubois, M. (2009). L'adoption des technologies en situation professionnelle : quelles articulations possibles entre acceptabilité et acceptation ?. *Le travail humain*, 72(4), 355-382.
- Davis, F. (1986), A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results, *Doctoral dissertation, MIT Sloan School of Management, Cambridge, MA*
- Dekker, S. W., & Woods, D. D. (2002). MABA-MABA or abracadabra? Progress on human-automation coordination. *Cognition, Technology & Work*, 4(4), 240-244.
- Garrec, P., Measson, Y., Gelin, R., Friconneau, J. P., Desbats, P., & Riwan, A. (2010). Téléopération : les applications en zone contrôlée. *Techniques de l'ingénieur*, S7812 1-S7812 15.
- Humbert, P. (2010). Pilotage de la conception d'outils numériques. *Les cahiers du numérique*, 6(4), 49-75.
- Kleinpeter, É. (2015). Le Cobot, la coopération entre l'utilisateur et la machine. *Multitudes*, (1), 70-75.
- Monéger, F., Coutarel, F., Motak, L., Chambres, P., Izaute, M., & Dhome, M. (2015). Quelle pertinence des modèles de l'expérience utilisateur pour la conception d'une navette autonome ? In *Articulation performance et santé dans l'évolution des systèmes de production*, 125-133.
- Moullières-Seban, T., Bitonneau, D., Thibault, J. F., Sallotti, J., & Claverie, B. (2016). La Cobotique : un domaine pluridisciplinaire émergent utile à l'ergonome. *Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française*.
- Moullières-Seban, T. (2017). *Conception de systèmes cobotiques industriels. Approche cognitive Application à la production pyrotechnique au sein d'Ariane Group* (Doctoral dissertation).
- Ozenne, R., Terriot, K., Spirito, V., Laeuffer, C., Lhotelier, L., & Bernaud, J. L. (2018). Intention d'usage des nouvelles technologies dans le conseil en orientation : perceptions des professionnels et des bénéficiaires. *Le travail humain*, 81(2), 115-141.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le travail humain*, 367-386.
- Six-Touchard, B., & Falzon, P. (2013). L'auto-analyse du travail : une ressource pour le développement des compétences. *Ergonomie constructive*, 223-23.
- Theureau, J. (2002). L'entretien d'autoconfrontation comme composante d'un programme de recherche empirique et technologique. D. Lehénaff & C. Mathieu, *Expertise et sport de haut niveau, Actes des II èmes Journées Internationales des Sciences du Sport*.