

JOURNÉE « USINE DU FUTUR 2021 - 10 juin 2021 » -

Bilans et échanges prospectifs



Les travaux développés dans le thème « Usine du Futur » s’inscrivent dans le processus actuel dit de « digitalisation » des milieux productifs (4^{ème} révolution industrielle) notamment par le biais de la mise en œuvre de robots collaboratifs, de technologies numériques innovantes et des systèmes, méthodes de travail et de pilotage associés. Les premières travaux réalisés, présentés lors de cette journée, ont permis de développer de nombreuses collaborations entre les sciences de l’ingénieur (robotique, automatique, informatique, productive) et les sciences humaines et sociales (psychologie, ergonomie) ; la prise en compte du facteur humain apparaissant comme un axe essentiel. Trois sessions composées chacune de 4 conférences sont planifiées. Une table ronde animée par Arnaud BOCQUILLON (CIMES) permettra l’échange entre trois industriels : Pascal DUBUIS (INOPROD), David KACHICHIAN (AIA), et André PALLOTTA (MICHELIN) sur les évolutions envisagées. Cette journée permettra de faire un bilan et d’aborder les projets pour les prochaines années. Pour le thème, il s’agira de poursuivre la spécificité des travaux par des approches pluridisciplinaires pour la conception des postes de travail de l’usine du futur et d’élargir la problématique aux verrous relatifs à l’accompagnement des organisations destinées à accueillir ces changements. Cette volonté de mettre l’humain au centre est attestée par l’augmentation récente du périmètre du laboratoire commun FactoLab, adossé au thème, avec l’intégration du laboratoire ACTé (ergonomie, relations activité-santé-travail) et l’arrivée dans la communauté du Centre International de Recherche SITP du CleRMa (activités en lien avec le management durable).

Session 1 : Représentation des connaissances : 8h30 – 10h - Animatrice M. Izaute

8h30 – 8h50 : « Organisation et mécanismes de traitement des concepts abstraits » Dounia Lakhzoum (LAPSCO)

Il y a eu durant la dernière décennie une importante collaboration entre les sciences cognitives et la linguistique computationnelle concernant la représentation des concepts en mémoire. L'organisation du lexique mental représente en effet un phénomène très étudié par les deux disciplines qui ont su évoluer en parallèle mais il reste toujours des questions à élucider. Par exemple, plusieurs études ont démontré que les concepts concrets sont organisés selon la similarité sémantique tandis que les concepts abstraits sont organisés selon l'association verbale. Ces résultats ne sont pas systématiquement répliqués toutefois. La représentation des concepts abstraits pose également un challenge pour les deux disciplines. Ils ont longtemps été définis par un manque d'ancrage dans les systèmes sensori-moteurs. Les présents travaux introduisent deux bases de données normées permettant l'étude de la similarité sémantique et l'association verbale des concepts abstraits. Ces travaux permettent de mettre en évidence une logique d'organisation selon des gradients de concrétude. Des analyses de réseaux sémantiques démontrent l'organisation du lexique mental selon une structure « small-world ». Nous discutons des implications concernant l'organisation des concepts abstraits et plus généralement, l'intérêt qu'ils représentent pour les modèles computationnels.

De Deyne, S., Navarro, D. J., Perfors, A., Brysbaert, M., & Storms, G. (2019). The "Small World of Words" English word association norms for over 12,000 cue words. *Behavior research methods*, 51(3), 987-1006.

Lakhzoum, D., Izaute, M., & Ferrand, L. (2020). Semantic similarity and associated abstractness norms for 630 French word pairs. *Behavior Research Methods*, 1-13.

8h50 – 9h10 : « MROD : Manipulation Robotisée d'Objets Déformables » Adrien Koessler & Chedli Bouzgarrou (IP)

Dans le cadre du laboratoire partagé FactoLab, le projet CAP 20-25 MROD (Manipulation Robotisée d'Objets Déformables) vise à proposer des contributions sur l'automatisation du procédé de fabrication des pneus crus. L'objectif est de concevoir et piloter un système robotique capable de répliquer l'action de l'humain et de travailler en collaboration avec lui.

La représentation des connaissances est un verrou scientifique à deux niveaux dans ce travail :

- Au niveau du procédé, les opérations réalisées par l'humain sont décrites dans des termes spécifiques par des opérateurs qualifiés. L'enjeu est donc de formaliser cette connaissance afin de passer d'un vocabulaire humain à une description de l'état du système compréhensible par le robot.
- Au niveau du champ d'étude, nous nous plaçons dans le cadre de la manipulation d'objets déformables, qui est un domaine récent faisant appel à des méthodes et des outils très variés [1]. Afin de concevoir un système fonctionnel, l'expertise et la connaissance de la bibliographie sont primordiales. Il est donc intéressant de chercher à formaliser ces connaissances également.

Pour la description du procédé, nous présentons une méthode de modélisation classique (SysML) permettant de capturer les informations importantes et de les réutiliser [2]. Une telle modélisation a permis d'obtenir des résultats directement applicables, tels que le choix des capteurs et des actionneurs utilisés sur le système réel, ainsi que la définition du diagramme états-transitions utilisé par la supervision.

Dans un volet plus prospectif, nous présenterons également une méthodologie de conception d'un système robotique adapté à la manipulation d'objets déformables. Elle permet de valider les capacités d'un système en fonction des capteurs, actionneurs et programmes à disposition (« platform building ») [3]. Utilisable en phase de conception comme en phase d'exécution, elle se repose sur une

ontologie originale prenant en compte les spécificités des objets déformables et sur une méthode de planification permettant d'automatiser la résolution du problème de conception.

[1] Jose Sanchez et al. "Robotic manipulation and sensing of deformable objects in domestic and industrial applications: a survey". In : *International Journal of Robotics Research* 37.7 (2018), p. 688–716.

[2] Davide Brugali. "Model-Driven Software Engineering in Robotics: Models Are Designed to Use the Relevant Things, Thereby Reducing the Complexity and Cost in the Field of Robotics". In : *IEEE Robotics and Automation Magazine* 22.3 (2015), p. 155–166.

[3] Nico Hochgeschwender et al. "Declarative specification of robot perception architectures". In : *International Conference on Simulation, Modeling and Programming for Autonomous Robots*. October. 2014.

9h10 – 9h30 : « Experiments and intentions of uses during the design of a cobot » Fabien Coutarel (ACTÉ)

This project address following research question : how to assess future acceptance of technological design ? Many researches and empirical feedback show that good acceptability mesures durant the design process are usually followed by lower (or bad) acceptance in real world of ecological uses. The purpose of our research is to understand this contradiction and our postulate is as follows: the acceptability assessments are mainly carried out outside the context of use, and some decisive components of future acceptance are difficult to simulate. Our study aims to highlight these components.

To understand the dimensions of acceptability that can be fairly easily evaluated in an experimental context and those that pose problems we have integrated an experiment around the use of a new cobot, during a picking task. The cobot automatically follows the operator and carries the packages he has deposited on robot.

This experiment took place in 3 stages:

- First phase: learning the task of order picking with a manual trolley through the realization of 10 orders;

- Second phase: learning how to operate the robot by performing 1 command;

- Third phase: realization of 10 commands with the robot, with 7 commands that incorporated into the environment obstacles hindering the operation of the robot.

The evaluation of acceptability was carried out following these 3 phases using the UTAUT 2 questionnaire (Venkatesh, Thong and Xu, 2012). To give participants the opportunity to express explicitly their inability to answer a question, we changed the value scale by replacing the "neutral" box in the middle with "do not know how to answer".

Overall, the results show that the use of the robot leads to an evolution, mostly positive and less frequently negative, of the participants' acceptability, which reinforces the idea of the need to put in a situation of use the operator to better appreciate its future acceptance of the technology.

The results also show that acceptability decreases significantly when hazards that simulate real probable situations are introduced.

Otherwise, we also note that some important dimensions of acceptance (Bobillier-Chaumon, 2016) are difficult to assess through our experimentation, particularly the relational and identity dimensions, where people have more frequently meant that they were not able to answer.

These results may confirm the interest of experiments in measuring a number of variables, but also 2 needs :

- to integrate to experiments some hazards from experienced occupational difficulties

- to associate experimental conditions with conditions and / or methods which can integrate or simulate more satisfactorily relational and identity dimensions of human experience, such as case studies.

These perspectives could be major issues in the processes of acceptance of new technologies, and, so, to predict and, more precisely, to build this acceptance. If innovation is an invention that really change uses, innovation processes has to become subjective and social processes.

Bobillier Chaumon, M.E. (2016). Acceptation située des TIC dans et par l'activité : Premiers étayages pour une clinique de l'usage. *Psychologie du Travail et des Organisations*, 22 (1), 4, 21

Venkatesh, V., Thong, J.Y.L., Xu, X. (2012) Consumer acceptance and use of information technology : extending the unified theory of acceptance and use technology. *Forthcoming in MIS Quarterly*, 36 (1), 157-178

9h30 – 9h50 : « Proposition de méthodes d’optimisation pour les lignes d’assemblage reconfigurables et robotisées » Youssef Lahrichi (LIMOS, Axe ODPS)

L'usine du futur est un concept nouveau qui repose sur de nouveaux paradigmes de production en adéquation avec les nouvelles attentes des consommateurs réclamant désormais des produits personnalisables, tout en mettant à profit la puissance des robots et de l'internet des objets.

Les lignes de production ainsi conçues doivent être plus réactives de manière à pouvoir faire face rapidement au changement. Les lignes de production reconfigurables répondent très bien à cette problématique. La modularité, l'intégrabilité, la convertibilité et la scalabilité sont d'autant de caractéristiques clés de ces systèmes de production [1].

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés aux problèmes d’optimisation de deux types de lignes d’assemblage : les lignes reconfigurables et/ou robotisées. Au problème classique d’affectation des opérations aux stations de travail, de nouvelles décisions doivent être intégrées, notamment l’affectation des robots et/ou le séquençement des opérations. Nous avons proposé de nouveaux algorithmes pour résoudre ces problèmes, en particulier une approche de résolution originale, basée sur une technique appelée SPLIT et inspirée des problèmes de tournées de véhicules. Ces méthodes permettent d’optimiser divers objectifs indépendamment ou simultanément :

- Minimisation du coût de production ([2], [3])
- Minimisation du temps de production ([4])
- Minimisation de la consommation énergétique

Une étude expérimentale a été menée sur des instances de la littérature pour vérifier la pertinence de ces approches. Un gain important par rapport à d’autres approches de la littérature est démontré.

[1] Design of reconfigurable manufacturing systems: A NSGA-II Approach Using Multi-Objective Shortest Path Decoders. Koren, Yoram, and Moshe Shpitalni. *Journal of Manufacturing Systems* (2010), 29:4: 130 – 141

[2] A new split-based hybrid metaheuristic for the reconfigurable transfer line balancing problem. Y Lahrichi, N Grangeon, L Deroussi, S Norre. *International Journal of Production Research* (2021), 59:4, 1127-1144.

[3] A Balance-First Sequence-Last Algorithm to design RMS. A Matheuristic with performance guaranty to balance Reconfigurable Manufacturing Systems. Y. Lahrichi, L. Deroussi, N. Grangeon, S. Norre. *Journal of Heuristics, special issue on Matheuristics* (2021), 27:107–132.

[4] A Min-Max Path Approach For Balancing Robotic Assembly Lines With Sequence-Dependent Setup Times. Y Lahrichi, L Deroussi, S Norre, N Grangeon. 13th *International Conference on Modeling, Optimization and Simulation - MOSIM - Agadir* (Morocco) - 12-14 Novembre 2020.

Pause 10h- 10h30

Session 2 : Contrôle ou coordination de la main : 10h30 - 12h00 – Animateur Youcef Mezouar

10h30-10h50 : « Robotic motion coordination based on a geometric deformation measure »

M. Aranda, J.A Corrales, Y. Mezouar (Institut Pascal Axe ISPR)

In this work, we propose a novel approach to coordinate the motion of multiple robots based on the concept of deformation [1]. The core idea is to employ gradient descent on a cost function that represents a global measure of the deformation of the robot positions relative to a prescribed shape. Using this idea we propose a linear shape controller, that also incorporates a term modeling an affine deformation. We show that the affine term is particularly useful when the deformation to be controlled is large. We also propose controls for the other variables (centroid, rotation, size) that define the geometric configuration of the team. Importantly, these additional controls are completely decoupled from the shape control. The overall approach is simple and robust, and it creates closely coordinated robot motions. Being based on deformation, it is useful in several scenarios involving manipulation tasks: e.g., handling of a highly deformable object, control of an object's shape, or regulation of the shape formed by the fingertips of a robotic hand [2].

[1] Deformation-based shape control with a multirobot system. M. Aranda, JA Corrales, Y Mezouar - 2019 International Conference on Robotics and automation, 2019.

[2] Robotic manipulation and sensing of deformable objects in domestic and industrial applications: a survey. J Sanchez, JA Corrales, BC Bouzgarrou, Y Mezouar - The International Journal of Robotics Research, 2018.

10h50 – 11h10 : « Espace Péripersonnel et Intégration Multi-Sensorielle en situation de téléopération » Roman Josa, J-C Croizet, Cédric Bouquet (LAPSCO)

La téléopération de robots permet à l'humain d'augmenter et de transposer ses capacités d'action à distance pour assurer notamment des tâches touchant aux limites des robots autonomes. L'une des caractéristiques de la téléopération est qu'elle requiert de la part de l'opérateur une perception fine de son environnement et une adaptation aux nouvelles possibilités d'action offertes par la machine. Or, l'impact de la téléopération sur la manière dont l'opérateur perçoit son environnement immédiat et s'y adapte reste largement méconnu.

Grâce à une collaboration avec l'Institut Pascal et le FactoLab, nous tenterons de répondre à ces interrogations en nous intéressant aux représentations spatiales et aux représentations corporelles des individus en contexte de téléopération d'une main robotique. Plus particulièrement, nous étudierons les conséquences de la téléopération d'une main robotique pilotée à distance à l'aide d'un gant connecté sur la manière dont nous percevons notre espace proche – nommé espace péripersonnel – caractérisé notamment par un traitement spécifique de l'information. En effet, il est maintenant admis que les stimuli présents dans cet espace sont associés à un processus d'intégration multisensorielle spécifique. Ainsi un objet s'approchant de notre corps va activer non seulement des processus visuels mais aussi tactiles (Serino, 2019). Il semble donc important de comprendre comment la perception de notre espace péripersonnel peut être modifiée par la manipulation d'objets à distance. Le deuxième axe de recherche portera sur la capacité à incorporer au sein du schéma corporel un système de téléopération augmentant nos possibilités d'actions. Lorsque nous déplaçons une tasse à l'aide de notre main, nous sommes conscients d'être à l'origine de cette action tout autant que nous sommes conscients que le bras permettant cette action nous appartient. Ces deux notions définissent respectivement le sentiment d'agentivité et le sentiment d'appartenance (Mangalam et al., 2019). Ils sont essentiels pour assurer un contrôle moteur optimal de nos actions dans notre environnement. Toutefois, de nombreuses études ont montré qu'il est possible d'avoir l'illusion de posséder un membre artificiel supplémentaire (Ehrsson, 2012) ou bien de ressentir un haut niveau de contrôle vis-à-vis d'actions réalisées à distance à l'aide d'un outil (D'Angelo, 2018). Il s'agira alors de comprendre, à travers les sentiments d'agentivité et d'appartenance, comment la téléopération d'une main robotique peut influencer nos représentations corporelles.

Enfin, et de manière plus générale, ce projet aura pour but d'approfondir la connaissance des systèmes homme-robot et d'améliorer les performances d'utilisation d'un système de téléopération.

D'Angelo, M., di Pellegrino, G., Seriani, S., Gallina, P., & Frassinetti, F. (2018). The sense of agency shapes body schema and peripersonal space. *Scientific reports*, 11.

Ehrsson HH (2012). *The concept of body ownership and its relation to multisensory integration*. MIT Press, Cambridge, MA

Mangalam, M., Cutts, S. A., & Fragaszy, D. M. (2019). Sense of ownership and not the sense of agency is spatially bounded within the space reachable with the unaugmented hand. *Experimental Brain Research*, 237(11), 2911-2924. <https://doi.org/10.1007/s00221-019-05645-5>

Serino, A. (2019). Peripersonal space (PPS) as a multisensory interface between the individual and the environment, defining the space of the self. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 99, 138-159. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.01.016>

11h10 – 11h30 : « Congruent visuohaptic bimodality improves detection of defects » Flavien Thuaire, Clément Belletier, Matthieu Lutz & Marie Izaute (LAPSCO)

Quality control is often carried out by humans who are more accurate than a machine in discovering the many possible defects in complex objects. This task is often multisensorial because defects may be detected with touch, vision or both. Moreover, if employees use two senses, they can either focalize them or share them on different parts of the product to control. A recent theory integration

suggests that different sensory modalities may have their own independent (modality specific) resources but may rely on a central (supramodal) attentional system if their principal resources are exceeded. On the contrary, different sensory modalities may be focalized to exploit redundancies and complementarities provided by the different modalities to improve sensitivity (Alais et al., 2010), but information from the different modalities should be congruent to result in such improvement (Koelewijn et al., 2010). However, this model lacks empirical support in the context of the simultaneous use of visual and haptic modalities. Thus, the present research was designed to study visuohaptic sensitivity with the aim of improving methods for detecting defects on manufactured products for quality control. In two experiments, participants had to detect defaults in complex materials using vision, touch or both. In this last case, materials could be identical or not (the defect was present on only one of the two objects). The main result of these experiments is that when participants focalized their eyes and hands on the same materials, they were more accurate in detecting defects than with either their eyes or hands only. In other words, this study showed bimodal visuohaptic improvement in spite of the need to explore two objects instead of one in unimodal conditions. However, such an improvement occurs only if both modalities carry information. We hope these results will help to adapt visuohaptic methods of inspection in industry. For example, in quality control, industrials should examine the relative contribution of each modality for the detection of defects. If both modalities carry information, employees may be more accurate with focalizing vision and haptics. On the contrary, sharing vision and haptics on different parts of the product may lead to a decrease in defect detection.

Alais, D., Newell, F. N., & Mamassian, P. (2010). Multisensory processing in review: From physiology to behaviour. In *Seeing and Perceiving* (Vol. 23, Issue 1). <https://doi.org/10.1163/187847510X488603>

Koelewijn, T., Bronkhorst, A., & Theeuwes, J. (2010). Attention and the multiple stages of multisensory integration: A review of audiovisual studies. *Acta Psychologica*, 134(3), 372–384. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.03.010>

11h30 - 11h50 : « Industrie 4.0 et lunettes de réalité augmentée : quel impact sur la sécurité des opérateurs » Jérémy Matias, Clément Belletier, Matthieu Lutz, Laetitia Silvert, Marie Izaute (LAPSCO, Michelin)

Dans le cadre du Factolab (collaboration entre le LAPSCO et le Groupe Michelin) nous étudions la façon dont les lunettes de réalité augmentée (RA) vont impacter les mécanismes attentionnels des opérateurs, et leur faculté à percevoir de potentiels dangers dans un contexte industriel.

Plus précisément, nous nous intéressons à l'utilisation des lunettes de RA, lors d'une opération de mise en sécurité d'une machine. Cette opération consiste à couper les énergies (électriques, hydrauliques, etc.) afin de pouvoir réaliser la maintenance de cette machine en toute sécurité. L'utilisation des lunettes de RA a pour objectif de soulager la charge mentale d'un opérateur en "transférant" les informations à retenir en mémoire (i.e., les étapes de la procédure, l'itinéraire pour se rendre d'un poste à l'autre, etc.), en une information visuelle virtuelle, surimposée au monde réel (i.e., consignes à chaque poste, flèche directionnelle pour guider les déplacements, etc.). Dans ce cadre, les lunettes de RA opèrent un *transfert de charge*, d'une charge mentale en une charge perceptive (Lavie, 2010). Néanmoins, cette augmentation de la charge perceptive pourrait aggraver le phénomène de cécité attentionnelle, lequel se caractérise par le fait de ne pas percevoir consciemment, dans l'environnement réel, une information inattendue mais visible car notre attention est déjà focalisée sur d'autres informations (Mack & Rock, 1998). Ainsi, l'utilisation des lunettes de RA pourrait aggraver la cécité attentionnelle et ainsi nuire à la perception de potentiels dangers (e.g., un charriot élévateur en mouvement) ou d'informations importantes (e.g., signalisation d'un danger) pouvant impacter la sécurité de l'opérateur. Dès lors, ce projet vise à caractériser l'effet du transfert de charge opéré par les lunettes de RA, en termes de cécité attentionnelle. Nous conduisons actuellement une étude dans un contexte semi-écologique, pour laquelle les participants doivent suivre une procédure de mise en sécurité d'une machine et se déplacer d'un poste de travail à l'autre dans une salle expérimentale. Pour certains participants, la procédure est affichée au format papier et nécessite de retenir les différentes informations (i.e., étapes, postes, instructions). Pour l'autre groupe de participants, les lunettes de RA indiquent le prochain poste de travail auquel se rendre, guident leurs déplacements dans la salle et affichent les instructions directement sur place. A plusieurs moments, nous testons leur perception pour des stimuli inattendus potentiellement dangereux (i.e., vidéo d'un charriot élévateur menaçant de les percuter, pictogrammes signalant un potentiel danger électrique à un poste de travail) ou neutres (i.e., une image de lampe de chevet) afin de contrôler le rôle de la valence des informations inattendues. Les résultats préliminaires de cette étude seront présentés et discutés lors de cette conférence.

Lavie, N. (2010). Attention, Distraction, and Cognitive Control Under Load. *Current Directions in Psychological Science*, 19(3), 143–148. <https://doi.org/10.1177/0963721410370295>

Mack, A., & Rock, I. (1998). *Inattention blindness*. MIT Press.

PAUSE DEJEUNER – 12h15 – 13h45

14h – 15h : Table Ronde animée par Arnaud Bocquillon

AIA : David KACHICHIAN, Adjoint au sous-directeur technique - Responsable Unité de Production C130

INOPROD : Pascal DUBUIS, Président

MICHELIN : André PALLOTTA, Directeur recherche avancée procédé

Pause 15h- 15h30

Session 3 : Démarche de conception – Animatrice : Sylvie Norre

15h30 – 15h50 : « Design and Optimization of a Dextrous Robotic Finger: Incorporating a Sliding, Rotating, and Soft-Bending Mechanism While Maximizing Dexterity and Minimizing Dimensions »

A. Pagoli, F. Chapelle, J.-A. Corrales-Ramon, Y. Mezouar, and Y. Lapusta (Institut Pascal AXES M3G/ISPR)

In this presentation, we introduce a new soft finger with a pneumatic-actuated movable joint that is optimized and characterized in terms of the degrees of freedom (DoF), workspace, and fingertip force [1]. The finger consists of one soft link as the body and the bending pneumatic joint as the actuator. Due to the additional translation and rotation movement capabilities of the joint, carried out by two stepper motors, the finger can bend in any direction while having different lengths, thanks to a configurable bending point. This results in more dexterity for the finger when dealing with a target inside its 3D workspace by increasing the number of configurations it can use to reach the target and exert force. The finite element method (FEM) and the Nondominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) algorithm [2] are used to optimize the joint geometry and so maximize the bending angle and minimize the joint dimensions. Furthermore, the variations of each design parameter and consequent effects on the optimization objectives are analysed.

[1] Design and Optimization of a Dextrous Robotic Finger: Incorporating a Sliding, Rotating, and Soft-Bending Mechanism While Maximizing Dexterity and Minimizing Dimensions. A Pagoli, F Chapelle, JA Corrales-Ramon, Y Mezouar, Y Lapusta. IEEE Robotics & Automation Magazine 27 (4), 56-64.

[2] A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, and T. Meyarivan, IEEE transactions on evolutionary computation, vol. 6, no. 2, pp. 182–197, 2002.

15h50 – 16h10 : « Analyse de l’apport de la situation de collaboration capacitante lors de l’implémentation de « nouvelles » technologies en industrie » Compan, N., Coutarel, F., Brissaud, D., & Rix-Lièvre, G. (ACTÉ)

La reconfiguration des postes de travail dans l’industrie 4.0, par l’introduction de nouvelles technologies, conduit trop souvent à une dévalorisation du travail humain. Concevoir des situations où l’humain expérimente une augmentation de sa capacité d’action est un enjeu majeur pour une intégration efficace des nouvelles technologies.

Au sein de l’industrie 4.0, de nombreuses technologies transforment radicalement les processus et les activités de travail. Certaines technologies sont mises en œuvre par « technopush », avec une faible considération pour l’être humain. Le « facteur humain », qui est très différent selon les auteurs, est donc largement identifié comme un facteur de succès ou d’échec des implémentations technologiques.

Une analyse de la littérature issue d’un champ relativement large (ergonomie, psychologie, anthropologie...) nous a permis de catégoriser ces « facteurs humains ». Basée sur l’approche instrumentale (Rabardel, 1995) et l’environnement capacitant (Falzon, 2005), nous proposons une définition d’une « situation de collaboration capacitante » (« Enabling collaborative situation », ECS) qui permettrait aux individus, lorsqu’ils utilisent la technologie de :

1. Apprendre une nouvelle façon, plus performante, d’effectuer les tâches.
2. Augmenter le nombre de possibilités et de manières de faire disponibles.
3. Ajuster les attributs du couple Homme-Machine en fonction de la situation.

Nous cherchons à étudier, expérimentalement, la pertinence de cette approche. Cette étude vient donc en complément de plusieurs analyses que nous avons pu faire sur le terrain.

Cette étude est effectuée au sein du FACTO-LAB et en partenariat avec l’entreprise Michelin et le laboratoire LAPSCO. Il s’agit de simuler une opération de LOTO, pour Lock Out Tag Out. Le LOTO est une activité de consignation où l’objectif est d’isoler certaines parties des machines afin de pouvoir effectuer des opérations de maintenance.

Pour cela, nous avons simulé deux scénarios, un classique avec un mode opératoire papier et un autre assisté de lunettes de réalité augmentée. Ce que nous étudions, du point de vue de la situation de collaboration capacitante, est l’analyse du processus de changement, l’évolution de la situation. C’est donc pour cela que nous avons souhaité faire nos mesures en intra-groupe afin que chaque sujet ait une situation antérieure sans technologie avec laquelle il puisse comparer sa propre situation. Afin de

rendre la situation « davantage » capacitante nous manipulons divers paramètres (les marges de manœuvre, la transparence opérative et les possibilités de conception continuée dans l'usage).

Les aspects que nous cherchons à étudier sont donc l'intention comportementale, le sentiment de satisfaction générale, la performance réelle, l'utilité perçue, les stratégies opératoires, la marge de manœuvre, la conception continuée dans l'usage, la transparence opérative.

Les nouvelles technologies sont l'avenir du travail. Cependant, pour être humaines et efficaces, ces futures situations de travail devront permettre le développement de l'activité de l'opérateur. Nous devons fournir des critères de conception relatifs aux processus de conception (place des acteurs et type d'autonomisation) et relatifs aux situations futures souhaitables.

Falzon, P. (2005). Ergonomics, knowledge development and the design of enabling environments. *Proceedings of the Humanizing Work and Work Environment HWWE'2005 Conference*, December 10-12 Guwahati, India ; 1-8.

Rabardel, P.: Les hommes et les technologies; approche cognitive des instruments contemporains, 195 (1995).

**16h10 – 16h30 : « Détection d'activité pour l'analyse vidéo de la vue subjective avec suivi oculaire »
A. Gerardeaux (Institut Pascal, Axe ISPR - Équipe ComSee, en collaboration avec le LAPSCO et Michelin)**

Le problème visé par le projet EyeTrack est celui de la détection et la reconnaissance de l'activité d'une personne à partir des données issues d'un dispositif d'oculométrie portatif (Lunettes avec mesure physiologiques mais aussi caméra frontale filmant les activités avec une vue à la première personne). La méthode développée utilisera essentiellement les données vidéos mais pourra également faire usage du point de fixation du regard.

Il existe plusieurs façons d'aborder ce problème. Dans le projet EyeTrack nous avons décidé de faire l'hypothèse qu'une activité peut être identifiée à partir de la succession des détections d'objets caractéristiques des actions ou étapes de l'activité. Ainsi, dans l'application visée les activités sont supposées suffisamment différentes pour que les détections d'objets suffisent à les identifier. La détection d'objet nous amène donc vers des approches dites "par apprentissage".

La plus grande partie des travaux traitent des vidéos prises avec une caméra fixe filmant une personne en activité, souvent devant un fond uniforme et donc sans distracteurs visuels (un état de l'art assez complet est disponible dans [Zhang et al. 2019]). Cette situation ne correspond pas à notre application. La problématique qui nous intéresse concerne des vidéos prises à la première personne, qui se retrouve dans la littérature scientifique sous le nom "Egocentric activity recognition". On peut noter qu'un dataset (EPIC-KITCHENS, [Damen et al. 2018]) a été publié récemment pour aller dans ce sens.

[Damen et al. 2018] Damen, D.; Doughty, H.; Farinella, G. M.; Fidler, S.; Furnari, A.; Kazakos, E.; Moltisanti, D.; Munro, J.; Perrett, T.; Price, W.; and Wray, M. Scaling egocentric vision: The epic-kitchens dataset. In ECCV 2018 [Zhang et al. 2019] Hong-Bo Zhang, Yi-Xiang Zhang, Bineng Zhong, Qing Lei, Lijie Yang, Ji-Xiang Du, and Duan-Sheng Chen, A Comprehensive Survey of Vision-Based Human Action Recognition Methods, In Sensors 2019

16h30 – 16h50 : « Faire face aux enjeux du travail du futur : les apports de la notion de situation et de la théorie de l'enquête » P. Bégie & P. Mathieu (ClerMa, axe Alter-Management, Potentiel Humain, Innovation)

Depuis le début de la décennie, l'attention est portée sur « l'industrie du futur », en particulier « l'usine du futur ». Dans le cadre d'un projet de recherche pluridisciplinaire, nous nous interrogeons sur les transformations digitales et les perspectives à même de favoriser l'émergence de nouveaux modèles du travail. Pour investiguer ce phénomène, nous proposons une approche articulée à une configuration singulière que nous nommons, suivant Girin (2016) et Journée & Raulet-Croset (2008), « nouvelles situations de travail ». Nous abordons ainsi la manière d'appréhender les incidences, pour les acteurs de terrain, de ces transformations digitales.

Notre propos consiste à revenir sur une notion déjà travaillée en management – la situation – et à l’articuler finement avec le cadre épistémologique de la théorie de l’enquête (Dewey, 1938) afin d’adopter une grille de lecture intégrative (Lorino, 2020). Nous argumentons en effet en quoi la réactualisation de ces notions permettrait de rendre compte du travail de mise en ordre des éléments nouveaux induits par les transformations digitales que les acteurs concernés accomplissent dans leurs pratiques ordinaires.

Dewey J. (1938), *Logic: The theory of enquiry*, Henry Holt and Company, trad. Fçse. (1993). *Logique : La théorie de l’enquête*, PUF Paris.

Girin J. (2016), *Langage, organisations, situations et agencements* (eds) Chanlat J-F, Dumez H. et Breton M. Québec, Presses de l’Université Laval.

Journé B. et Raulet-Croset N. (2008), Le concept de situation: contribution à l'analyse de l'activité managériale en contextes d'ambiguïté et d'incertitude. *M@n@gement*, 11(1), 27-55.

Lorino P. (2020), *Pragmatisme et Etude des Organisations*. *Economica*.