

JEAN-CLAUDE SAGOT est à la fois professeur des universités et responsable du pôle de recherche ergonomie et conception des systèmes (Ercos) de l'université de Bourgogne-Franche-Comté. Dans ses activités de recherche comme dans son enseignement, il place l'opérateur au centre de la conception de nouveaux outils et systèmes de travail.

« Mettre l'humain au centre de la conception »

Vous êtes responsable du pôle ergonomie et conception des systèmes (Ercos), que vous avez créé en 2005 au sein de l'université de technologique de Belfort-Montbéliard (UTBM) et qui a été transféré en 2017 à l'université de Bourgogne-Franche-Comté. Sur quoi travaillez-vous ?

Jean-Claude Sagot. Ercos est une équipe pluridisciplinaire composée aujourd'hui de 24 personnes : 14 enseignants-chercheurs – en physiologie humaine, en biomécanique, en psychologie cognitive, en design industriel, en mécanique et en informatique – et une dizaine de techniciens, d'ingénieurs et d'étudiants en thèse. En associant sciences humaines et sociales, sciences de la vie et sciences pour l'ingénieur, nous conduisons des recherches sur la façon d'intégrer le facteur humain dans la conception de produits, d'outils et de systèmes de travail, en s'appuyant sur l'ergonomie. Nos travaux visent à développer des connaissances, des méthodes et des outils permettant une conception de produits et de systèmes innovants en nous interrogeant notamment sur leur valeur pour l'homme en termes de sécurité, de santé, de bien-être mais aussi d'efficacité dans les interactions.

Pour ce faire, nous travaillons en partenariat avec des entreprises et des institutions en France et en Europe. Nous intervenons dans des secteurs variés... nous avons notamment mené des projets avec Groupe PSA, Renault, Alstom, la SNCF, la RATP, Thalès, Airbus Helicopters, General Electric, EDF ou encore Hermès et Décathlon pour ne citer que les entreprises les plus connues.

Qu'entendez-vous par « valeur du produit pour l'homme » ?

J.-C. S. On remarque que la conception de la plupart des nouveaux produits mis sur le marché aujourd'hui, que ce soit des objets à usage domestique ou professionnel, est davantage centrée sur la technologie ou le design que sur l'humain. Cela aboutit à des objets très bien pensés du point de vue technique et esthétique, mais qui ne répondent pas aux usages réels. C'est avec cette logique que, pendant des années par exemple, les congélateurs, pourtant moins souvent ouverts, étaient placés

dans la partie haute des réfrigérateurs et que l'on devait se baisser pour attraper les denrées quotidiennes rangées dans les compartiments les plus bas. Autre exemple : les télécommandes munies de dizaines de boutons pour des fonctions que l'on n'utilise presque jamais démontrent bien qu'intégrer des options juste parce que la technologie le permet n'est pas la bonne stratégie pour créer des produits pratiques et adaptés aux attentes, aux besoins et aux caractéristiques humaines. Cette conception technocentrée est aussi à l'œuvre pour les outils et les postes de travail, ce qui explique en partie l'explosion des troubles musculosquelettiques (TMS). D'où l'intérêt de s'interroger sur la valeur de l'outil ou du système pour l'homme dont je parlais précédemment. Cela consiste à remettre l'humain au centre du processus de développement d'un produit. Ainsi, ce dernier est adapté à l'utilisateur qui n'a plus à subir de contraintes en termes de gestes, de postures, d'efforts... pour simplement s'en servir.

Ce changement de paradigme est d'autant plus d'actualité que commencent à arriver dans les entreprises de nouvelles technologies qui modifient la façon de travailler. La robotique collaborative, par exemple, qui implique une coopération homme-robot. Si l'on veut que ces technologies soient vraiment utiles à l'opérateur, qu'elles lui apportent une aide réelle, il est nécessaire de s'appuyer sur les points forts de chacun : l'opérateur apporte de la souplesse au système car il est le seul à pouvoir raisonner, anticiper et s'adapter aux imprévus.

Faut-il donc se méfier des avancées techniques ?

J.-C. S. Pas du tout. Ce ne sont pas les évolutions technologiques qui sont un problème en soi, mais la manière de les intégrer au cœur de la conception des produits et machines. Adopter une approche qui fait de l'humain, de ses caractéristiques et de ses comportements, le point de départ de tout processus de conception, c'est lui permettre de rester aux commandes, de contrôler la technologie et non l'inverse. L'humain est guidé par une loi universelle : celle de l'économie d'énergie. Ainsi, dans toutes nos actions, nous



© Gaël Kerbaol/INRS

Jean-Claude Sagot est à la fois professeur des universités et responsable du pôle de recherche ergonomie et conception des systèmes (Ercos) de l'université de Bourgogne-Franche-Comté.

cherchons des astuces, des raccourcis physiques ou cognitifs, nous permettant d'être encore plus efficaces, d'aller plus vite sans pour autant que cela nous coûte en termes de santé, de bien-être et de sécurité. Il est donc fondamental, pour que cette capacité, cette intelligence puissent s'exprimer, de laisser des marges de manœuvre dans toute organisation du travail. Elles permettent en effet à l'opérateur d'exister, d'affirmer son savoir-faire et de trouver ainsi une reconnaissance dans son emploi qui devient dès lors un métier. Il s'agit là d'articuler les relations homme-machine d'une manière qui ne soit pas dommageable pour la santé des travailleurs. Malheureusement, trop souvent, les concepteurs imaginent des procédures trop strictes qui leur paraissent plus sûres et efficaces mais qui finissent par être contre-productives, car ne correspondant pas aux compétences et aux bonnes pratiques des opérateurs.

Comment procédez-vous concrètement pour mettre l'humain au centre du développement de nouveaux produits ou outils ?

J.-C. S. Que ce soit pour la conception d'un objet de consommation courante, d'un outil ou d'un poste de travail, le point de départ est le même : il consiste en l'étude de la situation existante.

Propos recueillis par Katia Delaval et Damien Larroque

S'il s'agit d'un produit de grande consommation, nous nous intéressons aux produits existant sur le marché en décortiquant leur fonctionnement et la manière dont s'en servent les utilisateurs. Dans le cas d'outils ou de postes de travail, nous nous rendons en entreprise pour mener le même type d'analyse et d'étude. Quelles sont les difficultés rencontrées par les opérateurs ? Quelles sont les différences de comportement entre les individus ? Quels écarts entre le travail prescrit et le travail réel ? Si on s'intéresse à la conception d'une pince ergonomique, par exemple, on va se rendre compte que les opérateurs l'utilisent aussi comme marteau et la transportent dans leur poche. L'outil devra donc être robuste et répondre à ces usages. En complément, nous disposons d'une plate-forme baptisée Metrercos composée de toute une gamme d'appareillages mobiles qui nous permettent de réaliser des mesures sur site. Beaucoup d'entreprises qui font appel à nous cherchent des solutions de prévention des TMS. Par conséquent, ce que nous analysons le plus souvent sur le terrain, c'est l'organisation des tâches définies par les concepteurs au regard des activités réellement conduites par les opérateurs, en quantifiant les contraintes associées avec nos appareils de métrologie : gestes, postures, efforts,



ports de charge, bruit, températures, vibrations... Nous pouvons également mesurer des paramètres physiologiques. Nous avons par exemple conduit pour EDF une étude nécessitant le suivi des températures corporelles et de la fréquence cardiaque d'opérateurs que leurs missions amènent à être exposés à la chaleur (de 35 à 45°C). Son objectif était de déterminer des durées limites de travail mais aussi de définir des modèles de tenues de travail les plus adaptés à ces conditions extrêmes.

Toutes les données recueillies constituent la matière première à partir de laquelle nous établissons le cahier des charges qui définit le concept du futur outil ou poste de travail. C'est la première des quatre étapes nécessaires à l'élaboration d'un prototype.

Quelles sont les trois autres étapes de la démarche?

J.-C. S. La deuxième étape consiste à numériser le projet à l'aide de notre plate-forme Visioconcept. Il s'agit d'une maquette numérique 3D représentant tous les éléments de la situation de travail : l'opérateur, l'outil et l'environnement. Le groupe de travail, constitué d'opérateurs et de managers de l'entreprise ainsi que des membres de notre équipe, peut ainsi se réunir autour d'une table et chausser des lunettes 3D pour visualiser le projet sur grand écran. Une technologie immersive qui permet de mieux saisir la situation, d'identifier des points d'amélioration du concept et de faire des propositions correctives.

La troisième étape permet d'aller plus loin encore, en transférant le projet qui a évolué grâce à la maquette 3D, sur notre plate-forme de réalité virtuelle immersive nommée Prevercos. Cette fois, les opérateurs, les acteurs de la conception, vont pouvoir interagir avec le concept numérique 3D retenu afin d'identifier encore plus finement les éventuelles gênes, contraintes et défauts... L'objectif étant bien entendu de les corriger avant de passer à la quatrième et dernière étape, la fabrication d'un prototype fonctionnel qui peut être expérimenté et validé sur le terrain. Tout au long de ce processus de développement, nous faisons appel à la fois à des opérateurs chevronnés et à des novices, car la prise en main d'un nouvel outil peut être très différente selon l'expérience de chacun.

Cette manière de procéder présente l'avantage de favoriser les échanges entre les différents acteurs du projet, souvent de cultures et de formations très différentes, dès le début et sur toute la durée du projet. On aboutit ainsi à un produit bien mieux pensé pour son utilisation, car sa conception est restée centrée sur les attentes, les besoins et les caractéristiques des utilisateurs ciblés.

Comment sont financés les projets menés au sein d'Ercos?

J.-C. S. Les entreprises participent au financement des projets sur lesquels elles nous demandent de travailler. Nous favorisons les propositions por-

REPÈRES

- **DEPUIS 2017** : responsable du pôle d'ergonomie et de conception des systèmes (Ercos) à l'université de Bourgogne-Franche-Comté.
- **DEPUIS 2005** : professeur des universités en ergonomie au département ergonomie, design et ingénierie mécanique (Edim) qu'il a créé, au sein de l'université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM).
- **DE 2005 À 2016** : responsable du pôle d'ergonomie et de conception des systèmes (Ercos) du laboratoire Systèmes et Transports à l'UTBM.
- **1987** : enseignant-chercheur en ergonomie à l'UTC de Compiègne, détaché à l'antenne de Belfort-Montbéliard.
- **1987** : doctorat de physiologie humaine sur le sommeil et la thermorégulation au laboratoire de physiologie et psychologie environnementale de Strasbourg.
- **1980** : maîtrise en sciences et techniques en ergonomie à la faculté des sciences d'Orsay.
- **1978** : diplôme universitaire de technologie (DUT) en sécurité et environnement, Lorient.

tant sur des thématiques en résonance avec nos axes de recherche pour les faire avancer. Nous bénéficions également de financements institutionnels de la région Bourgogne-Franche-Comté, de l'État et de l'Europe, en répondant à des appels d'offres pour des projets spécifiques. C'est par exemple le cas pour un programme européen de développement d'un « serious game » actuellement en cours. Il a pour objectif de répondre à cet enjeu majeur que constitue la prévention des TMS en permettant à un opérateur de simuler de façon ludique des comportements gestuels, posturaux et musculaires compatibles avec sa santé dans le cadre de la réalisation de tâches de travail définies.

Comment transmettez-vous cette approche aux élèves-ingénieurs?

J.-C. S. Ma double formation m'a sensibilisé à ce que l'ergonomie peut apporter à la science de l'ingénieur. Dès mon recrutement par l'UTBM, j'avais en tête l'idée d'introduire cette discipline dans un cursus de formation d'ingénieurs en mécanique. Mon objectif étant de former des professionnels capables de faire le lien entre les ingénieurs, les designers et les ergonomes, qui ont souvent de grandes difficultés à se comprendre. Car même si depuis une quinzaine d'années, les entreprises ont pris conscience de la nécessité de mieux faire collaborer ces métiers, leurs différences culturelles ne simplifient pas les choses. Le cursus a finalement vu le jour en 2007 et, à l'heure actuelle, c'est toujours la seule formation d'ingénieurs en mécanique qui propose cette approche en France. Notre pays accuse d'ailleurs un retard significatif par rapport à d'autres pays européens, et aux États-Unis. Dès leur première année de formation, c'est-à-dire à un niveau bac+3, nos étudiants doivent s'atteler à la réalisation d'un projet en ergonomie donnant lieu à la rédaction d'un mémoire sur la conception d'un nouveau produit de grande consommation. Puis, en deuxième année, un autre projet porte sur la conception de situations de travail respectueuses de la santé tout en restant très performantes en termes de productivité. Nous les faisons travailler en groupe et ils ont accès aux différentes ressources d'Ercos (Metreercos, Visioconcept, Prevercos...) pour mener à bien leurs projets. Ils comprennent ainsi tout l'intérêt de mettre l'utilisateur au centre des réflexions sur la conception et intègrent cette démarche en quatre étapes. Non seulement leurs créations seront mieux adaptées aux besoins des consommateurs et opérateurs, mais elles participeront à la préservation de leur santé.

Apprendre aux futurs ingénieurs à placer l'humain au cœur du processus de conception a également l'avantage d'intégrer de manière très naturelle la dimension de santé au travail et de prévention des risques professionnels à leur apprentissage, ce qui peut se révéler à mon sens plus efficace que quelques heures consacrées à ces questions, parfois déconnectées du reste des cours. ■