


- 
13. La bonne solution passe d'abord par l'analyse du besoin
  15. Mettre l'innovation à la portée des petites entreprises
  16. Tous réunis autour de la table
  18. La prévention se niche dans les détails
  21. Intégrer le facteur humain à toutes les étapes
  22. L'IA permet de voir loin
  24. Imaginer la livraison du dernier kilomètre sans manutentions

# L'innovation au service de la prévention

*De plus en plus, les entreprises développent ou acquièrent des solutions innovantes pour améliorer les conditions de travail de leurs salariés. Mais est-ce la garantie de produits ou procédés efficaces et sûrs ? Cette finalité vertueuse ne dispense pas de faire l'analyse du besoin, de mobiliser toutes les parties prenantes pour s'assurer que la technologie est bien adaptée à la situation réelle, et de veiller à son intégration et son suivi.*

# La bonne solution passe d'abord par l'analyse du besoin

**AOÛT 2024**, Haute-Savoie. Alors que Météo France a lancé une alerte canicule, des ouvriers s'affairent sur un chantier d'immeubles d'habitation, près d'Annemasse. Pour supporter la chaleur, ils adaptent leurs horaires, bénéficient de pauses supplémentaires, mais ils testent aussi un gilet doté d'un textile innovant, conçu pour évacuer la transpiration et réduire la température corporelle.

Dans une entreprise de chauffage urbain, où les salariés sont aussi exposés à des températures élevées lors d'interventions sur des canalisations souterraines, c'est un autre type de vêtement rafraîchissant qui a été expérimenté : un modèle à huit poches, dans lesquelles sont glissés des sachets de billes de polymères et d'eau congelées. Pour une efficacité de deux heures, d'après le fabricant. Dans ces deux cas, la promesse de conditions de travail améliorées est alléchante...

Ces dernières années, de plus en plus d'entreprises acquièrent ou développent des équipements, procédés ou aides techniques inédits, intégrant pour certains des nouvelles technologies (IA, réalité virtuelle, textile intelligent...), dans le but affiché d'améliorer la santé et la sécurité des salariés. « Depuis une décennie, on assiste à un changement de paradigme : les jeunes actifs ont aujourd'hui plus d'attentes et d'exigences sur leurs conditions de travail, remarque Jean-Claude Sagot, professeur émérite de l'Université technologique de Belfort-Montbéliard. Les entreprises sont

désormais plus soucieuses de concevoir des produits centrés sur l'opérateur. »

Mais que valent ces innovations estampillées « prévention » ? Reprenons l'exemple des gilets rafraîchissants : sur le papier, ils semblent apporter plus de confort aux salariés. Mais leur bénéfice a-t-il été évalué ? Concernant le second modèle, celui-ci pèse moins de 2 kg, mais au bout de deux heures de travail, ne constitue-t-il pas une contrainte physique supplémentaire pour le travailleur ? Pour que l'innovation serve réellement la prévention, il convient de respecter certains principes.

## Des déplacements de risques

D'abord, gare aux miroirs aux alouettes : la parole des fabricants ne garantit pas l'efficacité du produit, ni même sa sécurité. Et comment s'assurer qu'une innovation destinée à réduire ou supprimer des risques n'en crée pas de nouveaux ou ne les déplace pas ? En septembre 2023, l'INRS mettait ainsi en garde les entreprises contre l'utilisation de nouveaux procédés de nettoyage, mettant en œuvre de l'eau ozonée.

Là aussi, en théorie, ces équipements et dispositifs semblent vertueux : avec un produit de nettoyage généré à la demande, en quantité juste nécessaire, et une molécule active, l'ozone, qui se dégrade rapidement et totalement en une autre sans nocivité pour la santé, l'oxygène, ce dispositif semble supprimer tous les

risques liés au stockage et à la gestion des résidus des produits de nettoyage habituels. Mais, en pratique, pas si simple. « Les effets possibles d'expositions répétées à de faibles concentrations d'ozone et éventuellement à d'autres substances formées lors du procédé de génération de l'eau ozonée soulèvent des interrogations pour la santé des travailleurs », avertissait Annabelle Guilleux, experte d'assistance-conseil en prévention des risques chimiques à l'INRS.

La première question à se poser est celle du besoin. « Certains employeurs qui font de la veille technologique peuvent être séduits par l'attrait de la nouveauté

## L'IA NE PEUT SE SUBSTITUER À L'HUMAIN

Grâce à sa capacité à analyser en temps réel des données multiples (météo, cadence, présence de personnel et équipements sur un chantier...), l'IA semble avoir le potentiel pour participer à la prévention des risques professionnels. Mais comme pour toute innovation, une démarche structurée s'impose avant d'intégrer cette solution. « Certaines entreprises cherchent à collecter le maximum de données possibles, mais elles doivent se demander ce qu'elles peuvent en faire et en quoi cela répond à un besoin », précise Jean-Christophe Blaise, responsable de laboratoire à l'INRS. Se pose aussi la question de la fiabilité et de la maturité de la technologie. « Tenir compte de l'évolution technique et adapter la prévention en fonction des progrès techniques, c'est l'un des neuf principes généraux de prévention, cela semble donc intéressant de tester l'IA sur ce sujet, poursuit-il. Pour autant, il est essentiel de considérer cette solution comme un outil au service du préventeur, et non comme un remplaçant. Une caméra connectée ne peut se substituer à un coordinateur SPS sur les chantiers. »

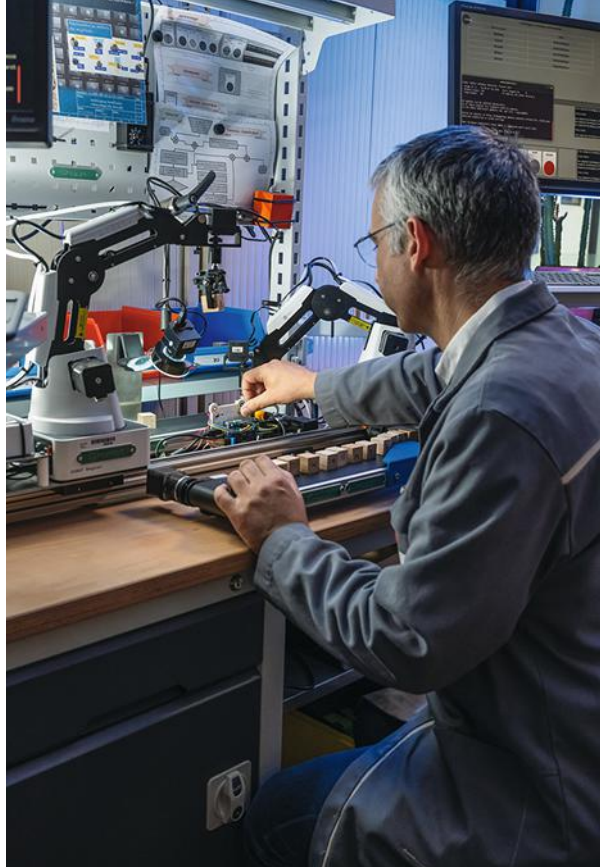
>>>

et acquérir des solutions pour donner à l'entreprise une image de modernité. En particulier, dans le secteur du BTP, les TPE-PME sont tentées de s'inspirer des solutions innovantes utilisées par les majors, en pensant que c'est un gage de confiance. Mais le problème est pris à l'envers : il ne s'agit pas d'opter pour une nouvelle technologie et de voir ensuite à quoi elle peut servir, mais de se demander quel est son besoin et voir si ces innovations peuvent y répondre », conseille Mohamed Trabelsi, responsable développement et projets spécifiques à l'OPPBTB.

Supprimer un problème de port de charges, réduire des positions contraignantes, trouver un outil d'aide à la détection des situations à risques pour assister les préventeurs... Une fois le besoin dûment caractérisé, vient l'étape du choix de la solution. Différents cas de figure sont possibles : celle-ci peut être soit acquise par l'entreprise auprès d'un fabricant, soit développée en interne par l'intermédiaire du service recherche & développement s'il existe, soit co-conçue avec une entreprise extérieure.

### Vérifier l'adaptabilité

Il existe aujourd'hui des « lab » ou « incubateurs », à l'instar du Lab Santé-prévention BTP, co-fondé par l'OPPBTB, en partenariat avec différents acteurs du secteur, et animé par la société Impulse Partners, qui mettent en relation des entreprises avec des start-up développant des solutions de prévention des risques professionnels. « Dans tous les cas, l'acquisition ou le développement de la solution requiert la mise en place d'un groupe multidiscipli-



© Gaëlle Kerbaol/INRS/2024

naire, impliquant toutes les parties prenantes, en particulier les opérateurs, pour s'assurer que le produit ou le procédé soit adapté aux situations de travail réelles », insiste Jean-Christophe Blaise, responsable de laboratoire à l'INRS. Comme pour toute innovation, il convient également de procéder à une nouvelle évaluation des risques, qui conduira à l'actualisation du DUERP si la solution est adoptée.

« Opter pour une nouvelle machine ou un nouveau procédé induit des risques inhérents à la solution, mais aussi de nouvelles interactions avec les utilisateurs, susceptibles de modifier tout une situation de travail et d'avoir des répercussions sur l'ensemble de la chaîne », précise-t-il. Ainsi, dans le BTP, la préfabrication de murs de briques se développe notamment pour supprimer une partie des risques de chutes de hauteur

📷 Dans ses laboratoires de Nancy, l'INRS étudie l'impact éventuel des intelligences artificielles sur les fonctions de sécurité des machines.

sur les chantiers. Mais ce nouveau process exige de réfléchir aux mesures de sécurité à mettre en œuvre lors du transport de ces ouvrages et de leur installation via des engins de levage sur le chantier final, sans oublier la formation des différents intervenants.

À l'instar de toute arrivée de nouveaux équipements de travail ou de modification de l'organisation de l'activité, l'étape de l'intégration de la nouvelle solution n'est pas non plus à prendre à la légère. Une phase de test en conditions réelles est nécessaire afin de trancher entre différents modèles, si c'est une acquisition, ou bien d'apporter des améliorations par itérations s'il s'agit d'un développement.

« Il peut être utile de mener une expérimentation sur un temps donné, trois à cinq mois par exemple, auprès d'un nombre restreint d'opérateurs pour évaluer son efficacité à répondre au besoin. À l'issue de cette période d'essais, la solution peut être déployée, des corrections peuvent être apportées ou la solution abandonnée », suggère Mohamed Trabelsi. Cette phase de tests peut aussi permettre d'identifier les connaissances et les compétences à acquérir pour que le salarié s'approprie sans risque ce nouvel équipement ou procédé, et d'affiner ainsi le contenu de la formation qui sera ensuite prodiguée aux salariés.

Dernière étape, essentielle, la mise en place d'un suivi, s'appuyant sur des indicateurs relatifs à l'entreprise (accidents du travail, absentéisme...), et à l'activité (changements techniques, humains et organisationnels...). Mais aussi des indicateurs liés au ressenti des salariés (apparition de gêne physique, satisfaction...). « À chaque étape de la démarche, il peut être intéressant de se faire accompagner ou de demander conseil à des experts de la prévention comme les Carsat-Cramif-CGSS, l'INRS, les organisations professionnelles... », ajoute Jean-Christophe Blaise. Il n'y a pas de bonne ou mauvaise solution, seulement des solutions adaptées ou non, et la démarche à mettre en place pour s'en assurer nécessite du temps. » ■ C. S.

### En savoir plus

- NOUVELLES technologies d'assistance physique (exosquelettes, robots...). Comment réussir leur intégration ?, brochure INRS, ED 6531
- RÉUSSIR l'acquisition d'une machine ou d'un équipement de travail, brochure INRS, ED 6231
- « OPÉRATIONS de nettoyage et de désinfection. L'INRS met en garde contre les procédés utilisant l'eau ozonée », actualité INRS, septembre 2023
- « EFFICACITÉ d'un gilet rafraîchissant sur les astreintes cardiaque et thermique lors du travail à la chaleur », article paru dans la revue *Références en santé au travail*, n°174, juin 2023.
- « L'INTELLIGENCE artificielle au service de la santé et sécurité au travail : enjeux et perspectives à l'horizon 2035 », article paru dans la revue *Hygiène & Sécurité du Travail* n°269, décembre 2022.

À consulter sur [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)

# Mettre l'innovation à la portée des petites entreprises

*Stéphanie Bigeon-Bienvenu est la responsable du Lab Santé-Prévention BTP, porté par la société Impulse Partners. Cet accélérateur d'innovations a pour objectif de mettre en avant des solutions créées par des start-up au service de l'amélioration des conditions de travail sur les chantiers. Elle nous explique comment il fonctionne et ce qu'il peut apporter aux PME du secteur.*

## Travail & Sécurité. Comment a été créé le Lab Santé-Prévention BTP ?

**S. B.-B.** Au départ, il y a l'identification d'un besoin par l'OPPBTP et trois autres acteurs de la filière – CCCA-BTP, ProBTP et SMA – d'accélérer l'innovation sur le sujet de la prévention des risques professionnels. Nous avons donc co-fondé, en 2018, cet accélérateur d'innovations, qu'Impulse Partners a été chargé d'animer. L'idée est de détecter des solutions innovantes pour améliorer les conditions de travail sur les chantiers et de mettre en lien les start-up avec les entreprises du BTP. Si les grands groupes, comme Bouygues, Vinci ou Eiffage, disposent de ressources en interne pour faire ce travail de veille, voire pour développer des solutions, le lab vise avant tout à répondre aux besoins des entreprises de taille plus modeste, qui constituent la majorité des entreprises du BTP.

## De quelles solutions s'agit-il ?

**S. B.-B.** Nous en avons identifié plusieurs types. D'une part, tout ce qui peut garantir la bonne santé des compagnons (hygiène, alimentation...), mais aussi les équipements susceptibles de les assister pendant la mise en œuvre du chantier, comme les aides techniques au port de charges, les exosquelettes, la robotique... Nous nous intéressons aussi à ce qui a trait à l'organisation du chantier, soit en phase de conception, soit en phase de réalisation, notamment les nouveaux modes constructifs ou les solutions liées à la digitalisation. L'IA, par exemple, en combinant les données du chantier (effectif, type de maté-

riel, quantité...) et des éléments extérieurs (conditions météorologiques, accélération du planning...), est capable de les interpréter et d'alerter si besoin, si elle détecte les conditions d'un accident ou presque. Aujourd'hui, le lab rassemble plus de 80 solutions.

## Comment sélectionnez-vous les start-up ?

**S. B.-B.** Ce n'est pas parce qu'une start-up déclare que sa solution peut limiter les risques qu'elle intègre le lab. Nous faisons au préalable un travail de qualification, en lien avec nos partenaires, experts en prévention: nous analysons la solution proposée, déterminons à quels risques elle répond, ses bénéfices, les technologies utilisées, et nous nous assurons qu'elle a déjà été testée. Nous privilégions en effet des solutions ayant atteint un certain niveau de maturité car, dans le secteur du BTP, si on veut que les acteurs innovent, il faut que la solution puisse être déployée rapidement et facilement. Il y a aussi la question du coût: elle doit être accessible et offrir un retour sur investissement rapide, si l'on souhaite que des PME s'en emparent.

## Comment se fait le lien avec les entreprises du BTP ?

**S. B.-B.** Nous organisons des événements quatre fois par an, au cours desquels quatre à six solutions sont présentées aux acteurs du marché. Les partenaires du lab diffusent aussi l'information à leurs adhérents du secteur. Nous proposons, en outre, régulièrement, des retours d'expériences: une entreprise et une start-up viennent

raconter comment la nouvelle solution a été mise en place, les bénéfices constatés et les éventuelles difficultés rencontrées sur le terrain. Chaque solution est classée par type de cas d'usage et par situation de travail: est-ce que cela concerne l'amont du chantier, sa réalisation, ou la phase de maintenance ou d'entretien? Est-ce que cela s'adresse à ceux qui travaillent sur la partie gros œuvre, second œuvre ou finition? Est-ce que ces solutions permettent de réduire ou de supprimer les risques électriques, de chutes de hauteur, de TMS ?

## Pouvez-vous donner des exemples d'innovations ?

**S. B.-B.** Outre celles déjà évoquées (exosquelettes, IA...), l'une des start-up du lab développe un robot capable de nettoyer ou peindre des façades sans qu'un opérateur n'ait à monter sur un échafaudage, supprimant ainsi les risques de chutes de hauteur. Nous avons aussi détecté, dans le domaine de la formation, diverses solutions basées sur la gamification, et des EPI innovants, comme des semelles chauffantes, en fonction de la température extérieure. ■ **Propos recueillis par C. S.**

## REPÈRES

*Impulse Partners est une société spécialisée dans l'innovation, dans les secteurs de la construction, de l'industrie et des énergies. Créée en 2011, elle anime une vingtaine de « labs », centrés chacun sur une thématique spécifique (économie circulaire, limitation de l'impact environnemental, digitalisation, performance...). Le Lab Santé-Prévention BTP a vu le jour en 2018.*

*Sekurit Service, entreprise spécialisée dans la fabrication et la distribution de vitrage automobile de remplacement, et le centre France Pare-Brise de Genas (Rhône), ont travaillé main dans la main pour développer un nouvel équipement destiné à réduire le port de charges, lors des opérations de changement de pare-brise.*

## Tous réunis autour de la table

**CHAQUE MATIN**, du lundi au samedi, les techniciens du centre France Pare-Brise de Genas, près de Lyon, réceptionnent des pare-brises neufs, en provenance de leur fournisseur, Sekurit Service. L'un après l'autre, ils les installent sur une table de pose pour les inspecter minutieusement et vérifier l'absence de rayure ou de défaut avant la mise en stock. Puis, ils s'attellent au remplacement des pare-brises endommagés sur les véhicules qui leur ont été confiés.

Après avoir prélevé un vitrage neuf, retour à la même table de pose: ils ôtent le boudin de protection tout autour du pare-brise, en nettoient une première face au chiffon, fixent trois ventouses pour faciliter son transport, le retournent, nettoient l'autre face, appliquent une couche de primaire d'accrochage pour favoriser l'adhérence de la colle, puis déposent soigneusement la colle le long des arêtes, au pistolet électrique. Préparation terminée.

Jusqu'à l'année dernière, cette succession d'opérations se faisait sur une table de pose classique, sorte de tréteaux métalliques en X sur lesquels le vitrage était disposé à plat. Un poste de travail à l'origine de postures contraignantes. « Avec cet équipement, il y avait beaucoup de reflets sur le

*verre, ce qui nécessitait de se pencher fortement pour l'inspection. Les retournements demandaient aussi beaucoup d'effort, notamment avec les pare-brise de large envergure »,* détaille Murielle Rignol, gérante du centre.

Mais, désormais, fini le port de charges, et les techniciens se tiennent droits tout au long de l'opération: l'équipe dispose d'une nouvelle table ergonomique. Un équipement pourvu d'un système de roulettes et d'encoches, sur le dessus, qui permettent de faire glisser le pare-brise, de le bloquer et de le retourner sans effort, mais aussi de le placer verticalement pour faciliter son inspection. Du sur-mesure, fruit de plusieurs mois de collaboration entre Sekurit Service et le centre France Pare-brise de Genas.

### Rencontres opportunes et visions partagées

Tout a commencé par un alignement des planètes. En 2021, Sekurit Service, spécialisée dans la fabrication et la distribution de vitrage automobile de remplacement, crée une branche dédiée aux accessoires destinés aux poseurs. « C'est un domaine où il y a peu d'innovations et, parallèlement, le marché de la pose connaît une forte rotation de personnel et un

*manque d'attractivité »,* constate alors Laura Ostin, responsable de cette activité, baptisée One-stop-shop. En 2022, elle recrute un ingénieur recherche et développement, et décide d'aller observer les conditions de travail dans des centres France Pare-Brise, mais aussi des agences du réseau européen Glassdrive.

Ces deux réseaux de franchisés, tout comme Sekurit Service, font partie de la même entité mère,

« Pour moi, la santé et la sécurité des salariés sont une priorité. »

Saint-Gobain. « Chacun utilisait une méthode et des gestes différents, observe-t-elle. Mais, à toutes les étapes – inspection, collage, remise sur véhicule... –, nous avons identifié des difficultés. En particulier lors des retournements de pare-brises. Nous avons étudié cela avec des ergonomes: avec la position de porte-à-faux, même si les vitrages pèsent moins de 25 kg, cela fait supporter au dos du technicien une charge équivalente à 210 kg. D'où notre idée de déve-



### MURIELLE RIGNOL, gérante du centre France Pare-Brise de Lyon Genas

« Chaque année, je priorise des améliorations à réaliser en santé et sécurité au travail. Nous avons ainsi agrandi la porte de l'atelier pour pouvoir faire entrer les poids lourds et travailler en sécurité, à l'intérieur, sur un échafaudage. J'ai aussi revu l'agencement de l'espace pour optimiser les déplacements et réduire le port de charges. Le stock en particulier a été rapproché de l'établi. Cette année, le sol a été refait pour supprimer les risques de glissade en cas de pluie, et le marquage au sol revu afin de mieux sécuriser la circulation des piétons. À chaque changement, je fais valider les plans par l'équipe avant de lancer les travaux. Enfin, nous suivons régulièrement des formations pour améliorer la communication et la cohésion d'équipe. »

lopper des équipements innovants, plus ergonomiques. »

Parallèlement, en 2023, un responsable marketing Sekurit Service se rend au centre de Genas pour faire remplacer le pare-brise de sa voiture de fonction. Pendant l'opération, il discute avec Khalid Assafi, le responsable de l'agence, qui lui fait part d'une idée naissante. « À 40 ans, après 20 ans à manipuler des pare-brises, on commence à ressentir les effets de ces tâches physiques, avec des douleurs dorsales. Je réfléchissais justement à créer une table de pose qui réduirait les contraintes. J'avais quelques idées... » Le client l'incite à contacter Laura Ostyn, et la collaboration débute.

Côté Sekurit Service, un comité technique européen composé d'ingénieurs et d'anciens poseurs d'autres pays, devenus commerciaux ou experts techniques, est

📷 Sept prototypes ont été nécessaires pour aboutir à une première version de la table qui a été alors envoyée en test à Genas, mais aussi aux Pays-Bas, en Estonie, en Finlande et en Allemagne.

créé pour développer le projet. Après une phase d'étude pour définir les spécifications de la future table, un premier prototype, en bois, est conçu, puis un deuxième en aluminium... À chaque fois, l'équipement est testé à Genas par Khalid Assafi, qui fait part de ses retours d'expérience et propositions d'améliorations. « Khalid est très créatif et, pour moi, la santé et la sécurité des salariés sont une priorité. Je trouvais donc intéressant qu'il fasse partie de ce projet », souligne Murielle Rignol.

### S'appuyer sur les retours de terrain

Au fil de ces allers-retours, l'équipement évolue. La table originelle est trop lourde pour être transportée facilement, les concepteurs optent donc pour une combinaison d'acier et de plastique. Progressivement, l'équipement

devient pliable, réglable en hauteur pour s'adapter à la taille du technicien, suffisamment résistant pour accueillir des pare-brises de poids lourds, sa stabilité est améliorée, la place des encoches et la taille des roulettes se précisent...

En tout, sept prototypes sont nécessaires pour aboutir à une première version de la table. Celle-ci est alors envoyée en test à Genas, mais aussi aux Pays-Bas, en Estonie, en Finlande et en Allemagne. « Au-delà de la table, on souhaitait mettre en place une standardisation de la procédure, reproductible dans tous les centres, avec un principe de base: une fois le pare-brise posé sur la table, le technicien n'a plus à le soulever », précise Laura Ostyn. Les retours de terrain entraînent à nouveau des améliorations.

Restait une dernière étape: l'évaluation. En septembre dernier, Sekurit Service fait appel à un cabinet d'ergonomes pour réaliser des mesures. Khalid Assafi est alors équipé de capteurs pour évaluer les contraintes au niveau du haut du corps lors de la phase de préparation, avec l'ancienne et la nouvelle table. Les résultats sont positifs: « Les sollicitations des épaules et des bras sont réduites de 40% », se réjouit Laura Ostyn. La fabrication est donc lancée...

Aujourd'hui, à Genas, la table de pose fait l'unanimité, comme en témoigne le technicien, Nasser Derouaz. « Même si j'ai 28 ans et que je suis en forme, pour moi c'est un soulagement. Je ne pourrais plus m'en passer. » Mais pour Laura Ostyn, l'innovation continue: « Nous sommes en lien avec des poseurs qui ont d'autres idées, notamment des aides techniques à la pose. » ■ C. S.



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS, 2024

## 4

c'est le nombre de salariés du centre France Pare-Brise de Genas : Murielle Rignol, la gérante, qui a racheté le centre en décembre 2020, Khalid Assafi, le responsable d'agence, et les techniciens Nasser Derouaz et Soufiane El Jafoufi.

## Jusqu'à 10

pare-brises par jour sont manipulés par les salariés, qui s'occupent aussi de réparer des impacts, de changer des vitres latérales de véhicules ou des phares.

## 10 à 25 kg

c'est le poids moyen d'un pare-brise. Mais les vitrages de poids lourds peuvent atteindre 35 kg. Pour transporter les pièces imposantes, les techniciens sont toujours à deux et peuvent aussi se servir d'un bras de pose.

# La prévention se niche dans les détails

*Comment gagner en productivité, être moins dépendant des intempéries et fabriquer et poser des murs en briques en toute sécurité ? En les préfabriquant en usine. Mais alors, c'est toute la chaîne qu'il faut analyser, depuis la fabrication jusqu'à la pose sur le chantier...*

**PRÉFABRIQUER** des murs de briques en usine, cela paraît simple sur le papier. Mais en fait, cela fait appel à une technologie innovante pour répondre aux nombreuses contraintes et, surtout, pour que la fabrication, mais aussi le transport et la pose se fassent dans des conditions de sécurité optimales.

Des éléments qu'a su appréhender très en amont l'équipe projet de Préfabric, une émanation du groupe Bouyer-Leroux, Scop de 550 personnes. Avec près de 5 millions de m<sup>2</sup> de briques produites chaque année, Bouyer-Leroux est l'un des leaders de la fabrication de briques en France.

📷 Les murs sont rangés et déplacés dans des box de transport. Sur les chantiers, ils seront déchargés selon un plan préétabli.



© Fabrice Dimer pour l'INRS/2025

En septembre 2015, la direction de la Scop souhaite se diversifier et lance un groupe de travail intitulé « relais de croissance organique à base de terre cuite ». Objectif : recueillir des idées pour les prochaines années. « *On ne devait rien s'interdire*, remarque Stéphane Yvars, ingénieur et chef de projet. *Et les propositions ont été nombreuses.* » Plus de 100 idées émergeront et seront soumises au Codir et aux managers de la Scop. Trois seront retenues. « *Avant tout, il fallait que cela soit innovant mais surtout que cela réponde à un marché*, insiste Stéphane Yvars. *Le projet de construire des murs en usine a donc reçu un accueil favorable, et il m'a été confié le pilotage en mode projet, avec un budget dédié pour explorer et prototyper...* »

L'idée directrice : fabriquer en usine des murs de briques, et les proposer en mode hors site pour l'habitat collectif, individuel ou des bâtiments industriels, afin de gagner en productivité et en sécurité. Parmi ses atouts : un mur en brique est moins lourd qu'un mur en béton, et s'avère être un meilleur isolant thermique pour

## UN ACCOMPAGNEMENT DE LA CARSAT

La Carsat Pays-de-Loire est intervenue à plusieurs reprises tout au long de ce projet, notamment en 2021 avant la phase de pré-industrialisation : « *Ces murs en briques préfabriqués présentent l'avantage d'imposer la présence d'une grue pour les opérations de levage, ce qui limite les manutentions sur le chantier et les risques de chutes de hauteur* », souligne Jean-Michel Bachelot, ingénieur-conseil. « *Nous avons pointé le fait qu'il fallait absolument des points de fixation sur le mur en briques*

*et trouver une solution pour que ces points d'ancrage aient une résistance suffisante, complète* Éric Liger, contrôleur de sécurité. *La solution semble avoir été trouvée avec les briques de fixation. De plus, sur les chantiers de maisons individuelles notamment, les pignons préfabriqués suppriment les opérations de rampanage, qui sont traditionnellement des actes de finition exposant les compagnons aux chutes de hauteur.* »

📷 Toutes les étapes du processus de fabrication des murs en briques jusqu'à leur livraison sur chantiers ont été analysées, pensées et organisées pour être réalisées dans le respect de la santé et de la sécurité des salariés.



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2025

la même épaisseur. Ensuite, pré-fabriquer des murs permet de moins exposer les compagnons sur un chantier aux chutes de hauteur, aux gestes répétitifs, au port de charge... Et même si les murs préfabriqués coûtent plus cher à l'achat pour l'entreprise, ils font gagner du temps de pose et nécessitent moins de main-d'œuvre spécialisée sur un chantier, tout en assurant la qualité d'ouvrage.

### Un accompagnement tout au long de la conception

« Dès le départ du projet, nous avons été contactés ainsi que l'OPPBTP par Stéphane Yvars qui souhaitait avoir des conseils techniques pour son projet afin

de prendre en compte en amont les risques professionnels, apprécie Jean-Michel Bachelot, ingénieur-conseil à la Carsat Pays-de-Loire dont dépend le siège de l'entreprise. *Il était à l'écoute, demandeur d'avis techniques.* » Ainsi, dès le stade de recherche et développement (R&D), le chef de projet affiche son souhait de limiter la pénibilité, prioriser le travail au sol pendant les opérations de déchargement des box, d'élingage des murs, de pose des garde-corps et des étais et, enfin, de retrait des élingues. « Nous voulions aussi limiter le recours à l'outillage à risque sur le chantier, je pense notamment aux opérations de découpe ou de percement, ainsi que les tâches en façade », remarque Stéphane Yvars.

La direction lui octroie 300 000 € qui seront investis sur l'un des sites de la Scop, à Saint-Marcellin-en-Forez, dans la Loire, pour réaliser les prototypes destinés aux premiers chantiers. Une aubaine pour le chef de projet car cela lui permettra de recueillir les premiers retours des utilisateurs afin de faire évoluer le process. En 2022, se pose la question de passer à la phase d'industrialisation. « Nous avons un grand bâtiment dans cette usine de fabrication de briques à Saint-Marcellin-en-Forez. Compte tenu de ses coûts énergétiques, nous étions en train de nous interroger sur sa viabilité », remarque Didier Jansen, le responsable du site. La Scop décide de poursuivre le travail et injecte 2,5 millions d'eu-

>>>

+ d'infos,  
des podcasts,  
des vidéos...  
à retrouver sur  
[www.travail-et-securite.fr](http://www.travail-et-securite.fr)

## LE PROJET PRÉFABRIC EN DATES

- **Septembre 2015**: lancement du groupe de travail « relais de croissance organique à base de terre cuite »
- **Janvier-février 2016**: sélection de trois projets, dont celui qui deviendra Préfabric
- **Mars 2016**: lancement du groupe de travail en mode projet
- **2016**: conception d'un atelier prototype, veille réglementaire, rencontres avec clients et organismes (INRS, Carsat, OPPBTP, SPST...), premiers prototypes et tests

- **2017-2021**: cahier des charges techniques et fonctionnelles, dépôts de brevets, nouvelles expérimentations en usine et sur chantiers
- **2022**: 1<sup>re</sup> certification Atex CSTB, premiers chantiers, cahier des charges nouvelle usine...
- **2023**: validation Codir et CA Scop pour investissement
- **2025**: demande de certification Atec (l'avis sur l'aptitude à l'emploi des procédés innovants de construction, formulé par un groupe d'experts représentatifs des professions)



## REPÈRES

## &gt; LA SCOP BOUYER-LEROUX EN CHIFFRES

- 550 salariés

- 165 millions d'euros (en vitesse de croisière)

- Leader en France pour la fabrication de matériaux en terre cuite pour la construction de murs et de cloisons

- Utilisation de l'énergie décarbonnée pour la fabrication de briques :
  - 40 % en 2018
  - 45 % aujourd'hui
  - 90 % en 2027, avec notamment l'installation de panneaux solaires sur ses sites et la cuisson à la sciure de bois

ros dans le projet qui sera baptisé Préfabric. Fin 2024, les premiers murs de briques sortent de ce site entièrement remodelé. Un vrai challenge pour l'équipe en place qui a connu l'ancien usage du site. « *Nous nous sommes formés, poursuit Didier Jansen. Nous étions tous partants.* » « *C'est très motivant, poursuit Stéphane Yvars. Mais c'est vrai que l'on a connu l'ascenseur émotionnel: on n'a rien lâché.* » D'autant qu'à l'heure où nous écrivons cet article, le secteur du bâtiment n'est pas particulièrement en forme.

Rios, télécommande en main, les déplace au pont roulant, au fur et à mesure de leur séchage. Tout a été pensé en amont: pour les amener sur les chantiers, la Scop a fait réaliser des box sur mesure que l'on peut charger sur des camions plateau standard. Des câbles de 3 m 50 de long sont introduites dans le mur de briques. Équipées d'un anneau à chacune de leur extrémité, elles sont fixées, sous le mur, à l'aide d'une platine de levage et d'une goupille afin de bien répartir le poids du mur et de caler la câblette. L'ensemble de

un plan établi avec le chef de chantier. Des briques de fixation, remplies de béton, sont identifiées sur chacun des murs, grâce à un coup de bombe fluo. Elles sont percées en usine à environ 1m90 de hauteur pour que les compagnons sur le chantier puissent fixer les étais depuis le sol et, si cela est possible, les éléments des garde-corps. « *De plus, on s'efforce de pré-usiner tous les accessoires, notamment ceux qui serviront à couler du béton d'autres ouvrages sur le chantier* », précise Stéphane Yvars.

Après l'analyse de faisabilité du projet, il faut environ deux mois pour passer de la commande à la livraison sur le chantier, le temps pour les équipes de Préfabric de réaliser les plans et le carnet de pose ainsi que les murs hors site. Pour réceptionner les murs Préfabric, les chefs de chantier sont formés à la logistique et à la sécurité par une équipe de la Scop. Les premières réalisations en bâtiment collectif ont eu lieu en 2022, et constituent pour le chef de projet autant de retours d'expériences: « *Nous sommes très attentifs à toute remarque nous permettant d'améliorer notre produit. Nous n'en sommes qu'au début, même si cela fait des années que nous travaillons dessus... Des années nécessaires pour valider chaque étape en R&D et sur le terrain, sans oublier toutes les certifications nécessaires à un projet d'une telle ampleur.* »

Si, comme l'espèrent les dirigeants de la Scop, les murs préfabriqués hors site en briques se développent, Bouyer-Leroux n'hésitera pas à construire de nouvelles usines, au plus près des sites de production des briques... et des futurs chantiers. ■ D. V.

## « Un de nos objectifs était de limiter le recours à l'outillage à risque sur le chantier. »

Les briques arrivent d'un site de production situé à 80 km. Une volumineuse machine, sur rail, permet à l'opérateur de découper – avec une aspiration des poussières à la source – les briques et de les placer les unes à côté des autres à l'aide d'un grappin créé spécialement pour limiter le port de charge. Puis un mortier mince – ou une colle rapide sans isocyanate nouvellement mise au point – est déposé. Une fois le mur finalisé (souvent d'une hauteur de 3 m), il est déposé sur des stabilisateurs à roulettes permettant de le déplacer facilement sans le soulever, et la machine peut commencer la fabrication d'un nouveau mur. Le bâtiment mesurant 144 m de long, jusqu'à 250 murs peuvent être stockés avant évacuation. Dans la pratique, Christophe

ce matériel est consigné et facile à retirer à même le sol pour être retourné en usine. Le long d'un mur du bâtiment de Saint-Marcellin-Forez, des consignes, s'appuyant sur des documents INRS, sont affichées pour évaluer l'état des câbles de levage revenant de chantiers afin de décider ou pas de les remettre dans le circuit.

### Faciliter les opérations sur les chantiers

Le box de transport, doté de potelets et de stabilisateurs escamotables, est manipulé à la grue sur le chantier ou au pont roulant dans l'usine. Pour faciliter leur transport, les murs préfabriqués n'excèdent pas les 4 m de long. Jusqu'à six box peuvent être transportés sur un camion: ils sont rangés et seront déchargés selon



### DIDIER JANSEN, responsable du site

« *À Saint-Marcellin-Forez, nous avions un site de production de briques jusqu'à récemment (2016). Ce site-là fonctionnait entièrement au gaz. Notre facture énergétique ayant explosé, nous avons décidé de fermer cette activité de fabrication de briques cuites<sup>1</sup> qui n'était plus rentable. Nous avons trouvé que la préfabrication de murs en briques constituait un beau challenge, une belle reconversion. Aujourd'hui, une dizaine de personnes travaillent pour ce type de produits. Nous avons tous dû nous former, et sommes sans cesse en discussion pour améliorer à la fois le produit et le process.* »

1. Sur l'un de ses sites de production, Bouyer-Leroux utilise depuis une trentaine d'années du bois, complétée par le biogaz issu du centre d'enfouissement technique (CET) sur l'un de ses sites. En parallèle, d'autres réflexions en cours afin de réduire encore la part d'énergie fossile utilisée pour la fabrication de ses produits en terre cuite.

# Intégrer le facteur humain à toutes les étapes

*Professeur émérite à l'Université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM), Jean-Claude Sagot souligne l'importance de placer l'humain au cœur de la conception de toute innovation. Un changement qui passe notamment par l'évolution de la formation des ingénieurs.*

## Comment l'innovation peut-elle participer à l'amélioration des conditions de travail ?

**Jean-Claude Sagot.** Il faut avant tout qu'elle réponde aux attentes des utilisateurs, à leurs besoins ainsi qu'à ceux de l'activité, et qu'elle soit adaptée à leurs caractéristiques (âge, taille...). Le processus de conception classique comprend un ensemble d'étapes – analyse des besoins, études préliminaires, études détaillées... Ce qui est fondamental, c'est d'intégrer le facteur humain à toutes ces étapes et ce, avant même d'élaborer le cahier des charges.

## Concrètement, qu'est-ce que cela signifie ?

**J.-C. S.** Si on prend pour exemple la conception d'un nouveau séca-teur : un concepteur mécanicien étudiera les produits existants, puis il cherchera à innover en termes de matériau, de structure, de poids, afin d'améliorer ses performances techniques. Dans une conception centrée sur l'utilisateur, il s'agira d'abord d'analyser les sécateurs sur le marché, d'observer et d'évaluer comment les gens les utilisent (postures, gestes, efforts, préhension...), mais aussi de connaître toutes les conditions d'usage possibles, par exemple si les opérateurs s'en servent comme marteau, les transportent dans leurs poches... L'environnement de travail sera aussi analysé, ainsi que toutes les phases du cycle de vie du produit (maintenance, entretien). On va tenir compte de tous ces aspects et identifier tous les problèmes qu'ils peuvent poser en santé et sécurité pour l'opérateur (TMS, etc.). C'est à l'issue de ces évaluations que des recommandations pour-

ront être faites, qui seront intégrées au cahier des charges et prises en compte aux étapes suivantes, lorsqu'il faudra définir de nouveaux concepts. Cela impose aussi d'effectuer des tests tout au long du processus, en conditions réalistes et réelles, pour toujours vérifier les conséquences des choix de conception sur la santé de l'opérateur.

## Cette approche est-elle répandue ?

**J.-C. S.** Traditionnellement, on a de bons « observateurs » (psychologues, ergonomes...), capables d'analyser des personnes en situation de travail et de mettre en lumière des problèmes de stress, de contraintes physiques, etc., mais avec parfois des difficultés à transformer leurs évaluations en recommandations exploitables pour le concepteur ; de l'autre côté, nous avons aussi de bons ingénieurs, capables de concevoir des solutions innovantes, fiables techniquement, mais qui ne connaissent pas l'utilisateur. Ces deux mondes doivent travailler ensemble. Aujourd'hui, cela évolue, notamment dans le secteur automobile ou aéronautique : les services marketing, recherche & développement, bureaux d'études et production, qui étaient cloisonnés, travaillent désormais en ingénierie simultanée via des groupes de projet.

Le changement passe aussi par la formation des ingénieurs. Les universités de technologie, de Compiègne, Troyes et Belfort-Montbéliard rapprochent les sciences pour l'ingénieur des sciences humaines. Elles recrutent des enseignants-chercheurs issus du monde du travail qui apportent

leur savoir-faire aux étudiants. À l'UTBM, par exemple, nous avons créé une formation en mécanique et ergonomie, qui répond à ce besoin.

## Globalement, que penser de l'apport des nouvelles technologies pour la santé et la sécurité au travail ?

**J.-C. S.** Robots, exosquelettes, IA... Souvent, les employeurs identifient des problèmes d'absentéisme, de TMS, et veulent des solutions clés en main, des produits sur étagères. Ils se tournent alors vers les nouvelles technologies. Mais là encore, il faut rester centré sur l'utilisateur. Beaucoup d'exosquelettes ont été rejetés par les opérateurs, car toutes les situations de travail n'avaient pas été prises en compte en amont. Et au lieu d'être une aide, le dispositif devenait une contrainte. Quant à l'IA, cela doit rester une base de données pour aider l'opérateur qui demeure aux commandes.

Les technologies numériques offrent d'autre part des possibilités inédites, en conception. Grâce à la réalité virtuelle, il est possible d'immerger un opérateur dans une future ligne de production, afin d'observer et d'analyser ses comportements, d'anticiper les dysfonctionnements et de trouver des solutions adaptées. Pour autant, cela ne remplace pas les tests en conditions réelles. La réalité révèle des imprévus. Et malgré les avancées des systèmes haptiques, qui permettent de simuler un ressenti tactile ou des retours de force, il est encore impossible de réellement simuler le poids d'une charge. ■ **Propos recueillis par C. S.**

## REPÈRES

• 2007, création d'une formation d'ingénieurs en « mécanique et ergonomie » à l'UTBM, qui associe ergonomie, design et mécanique afin de concevoir des produits esthétiques, fonctionnels et adaptés aux utilisateurs.

• 100 étudiants sont diplômés chaque année.

Le groupe BTP Spie batignolles et la start-up CAD.42 mènent actuellement à Marseille une expérimentation. L'objet de ce test ? Un boîtier connecté, accroché à une grue, capable de détecter les situations à risques. Explications.

## L'IA permet de voir loin

**TOUS LES SOIRS**, à 18h, le chef du chantier de construction du nouveau commissariat des 13<sup>e</sup> et 14<sup>e</sup> arrondissements de Marseille, dans les Bouches-du-Rhône, retrouve son encadrement pour un débrief sécurité. Sur l'ordinateur, s'affiche le plan du site, enrichi de pictogrammes, indiquant les situations à risques observées dans la journée. Chaque point est associé à une photo d'illustration, prise à une vingtaine de mètres d'altitude. L'œuvre d'un préventeur posté, huit heures d'affilée, en hauteur ? Non, le fruit d'une intelligence artificielle (IA). Depuis l'automne 2024, le groupe Spie batignolles, en charge du chantier, et la start-up CAD.42 expérimentent un dispositif innovant, dans le but d'améliorer la prévention des risques professionnels sur les chantiers.

Ce boîtier noir, pas plus grand qu'une tablette et épais d'une dizaine de centimètres, est fixé au crochet de la grue de 27 m qui surplombe le site. D'en bas, on le distingue à peine. Mais, sous son apparence discrète, il renferme un concentré de technologie : un appareil photo, une puce GPS, un capteur de poids... Le tout relié à un logiciel d'IA. « Dès qu'une charge est détectée sur le crochet, l'appareil photo se déclenche et prend des photos toutes les 50 secondes, ce qui permet d'obtenir une vision plongeante, à 360°, du chantier en activité », explique Ammar Herbi, le responsable innovation chez Spie batignolles<sup>1</sup>.

Ces clichés sont ensuite interprétés par l'IA, capable de détecter une douzaine de types de risques. Dans le cadre du test, le rapport, envoyé quotidiennement aux encadrants, se concentre uniquement sur cinq risques, considérés comme majeurs chez Spie batignolles : les chutes de hauteur ; la coactivité engins-piétons ; le basculement-renversement-effon-


drement ; le levage-élingage ; l'enfouissement-ensevelissement.

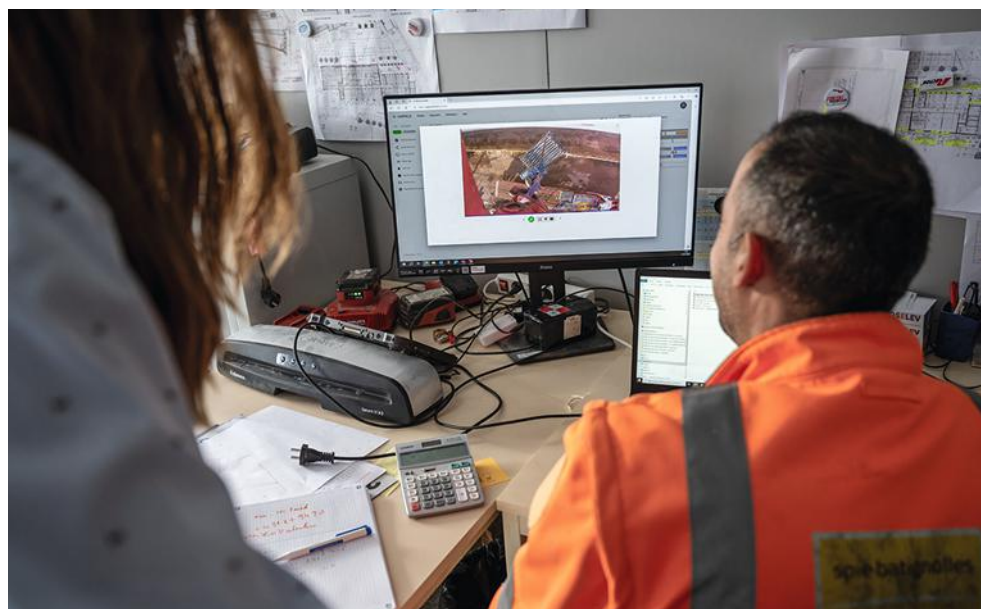
### Retours d'expériences et points de vigilance

En pratique, le chef de chantier peut s'appuyer sur ce rapport quotidien pour prendre des mesures correctives, si besoin. « Par exemple, l'IA avait décelé un manque de sécurité lors de l'opération de pose des prédalles, avec un risque de chute de hauteur, illustre Tiffaine Deparrois, conductrice de travaux. Cela nous a conduits à revoir immédiatement notre mode opératoire, en imposant l'installation de garde-corps, et en réexpliquant aux compagnons la bonne pratique à adopter. » Autre usage, les photos peuvent servir de support de sensibilisation, lors des « minutes sécurité » organisées le matin, à la prise de poste. « C'est plus concret et plus parlant qu'un discours, en particulier pour certains de nos compagnons, qui ne maîtrisent pas bien le français. »

Ces premiers retours d'expériences semblent positifs. Mais, avant sa mise en test, le projet a suscité des interrogations et fait émerger des points de vigilance, nécessitant l'aval de tous les acteurs. « J'ai d'abord présenté le projet à la direction générale de Spie batignolles, puis aux ressources humaines, afin de nous assurer que les aspects liés au RGPD<sup>2</sup> étaient respectés, explique Ammar Herbi. L'anonymisation des compagnons sur les photos, notamment, garantie par la prise de vue en hauteur et l'utilisation d'un algorithme de floutage, était indispensable, ainsi que la limitation de l'accès aux rapports, aux seuls encadrants du chantier. »

L'objectif étant de réaliser des tests sur différents sites, avant, éventuellement, de déployer la technologie, il a ensuite fallu trouver un premier chantier volontaire et convaincre le préventeur régional de Spie batignolles de l'intérêt de l'innovation. « Un autre passage obligé a été la présentation

 L'intelligence artificielle a la capacité d'analyser certaines situations à risques sur le chantier, en relation avec les photos prises par l'appareil tout au long des opérations.





© Gaël Kerbaol/INRS/2025

aux élus du CSE, de la zone sud-est, avec des exemples de photos et de rapports à l'appui, détaille Ammar Herbi. Ceux-ci ont validé l'idée du test. »

Dernière étape, l'acceptation sur le chantier. « Il fallait susciter l'adhésion des compagnons qui, au départ, redoutaient qu'il s'agisse d'un dispositif de surveillance, souligne Julien Godde, responsable prévention sud-est de Spie batignolles. Cela a nécessité une phase d'information et de pédagogie pour leur montrer que le but n'était pas de pointer des manquements, par exemple le non-port d'équipements de protection individuelle, mais de viser les mesures collectives. À partir de là, ils ont compris l'utilité pour leur sécurité. »

Sur le terrain, une vingtaine de compagnons s'attellent à terminer le gros œuvre du futur commissariat de la cité phocéenne. La livraison du bâtiment est prévue pour cet été. Au quotidien, les salariés ne prêtent pas atten-

Les limites du dispositif sont multiples, notamment, celle qui assujettit le déclenchement de la photo aux opérations de levage par la grue.

+ d'infos, des podcasts, des vidéos... à retrouver sur [www.travail-et-securite.fr](http://www.travail-et-securite.fr)

tion au boîtier. Seule contrainte: le changement de la batterie. « L'intégration du boîtier ne devait pas créer de risques supplémentaires, souligne Jean-Philippe Panaget, président de CAD.42. Nous avons travaillé sur l'autonomie de la batterie afin qu'elle dure une semaine complète et qu'elle puisse être ainsi changée, en toute sécurité, le lundi matin, avant la reprise de l'activité. Pour éviter la multiplication des manipulations, nous avons opté pour un système d'accrochage aimanté avec une câblette de sécurité que l'on peut décoller sans forcer à l'aide d'un matériel gonflable, sorte de cousin de déménageur. »

### Des limites

Côté encadrants, l'arrivée de l'IA n'a pas non plus changé les habitudes en profondeur. « Nous nous servons des rapports quotidiens comme d'un outil en plus, précise Tiffaine Deparros. Cela ne remplace pas notre organisation de la prévention, qui comprend le plan de prévention, des visites du préventeur régional, des visites sécurité mensuelles, des "minutes sécurité" sur des thématiques, ainsi que toutes les visites informelles quotidiennes du chef de chantier et des conducteurs de travaux, qui sont vigilants aux situations à risques. »

D'autant que le système a des limites. D'abord, il ne peut pas tout « voir ». Les prises de vue se déclenchant uniquement lorsque la grue est en charge, la journée de travail n'est pas documentée intégralement. Par ailleurs, au fur et à mesure de l'avancée des travaux, la caméra ne peut pas visualiser ce qui se passe dans les étages, ni sous certains angles de vue. « Il y a aussi la question

de la maturité de la technologie, note Jean-Philippe Panaget. Certaines situations détectées par l'IA sont encore des "faux positifs". L'interprétation des images par un préventeur reste nécessaire pour s'assurer qu'il s'agit bien d'une situation à risques. Cela permet d'affiner l'algorithme. »

En outre, tout n'est pas décelable par l'image, pointe Gaby Moudombi, contrôleur de sécurité à la Carsat Sud-Est: « L'absence de formation aux opérations d'élingage, un facteur pouvant favoriser la survenue d'accidents, ne peut pas être détectée par l'IA. Cet outil peut s'avérer un plus, en particulier sur les grands chantiers, car le préventeur ne peut pas avoir les yeux partout. Mais cela doit rester un complément, dans le cadre d'une démarche globale de prévention mettant en œuvre des mesures humaines, techniques et organisationnelles. »

Cette phase de test a également permis de mettre en lumière un autre usage potentiel des données statistiques et photographiques obtenues via l'IA: celles-ci pourraient servir de support de formation pour les nouveaux embauchés. CAD.42 a ainsi conçu un quiz, à partir de quelques photos, afin de mesurer leur niveau de connaissances en matière de prévention et de les sensibiliser aux situations à risques qu'ils sont susceptibles de rencontrer sur le terrain. Pour l'heure, les tests se poursuivent: fin janvier, un nouveau chantier, à Marcoussis, en Île-de-France, devrait être équipé du boîtier connecté. ■ C. S.

1. Ce mode de fonctionnement découle de la genèse du projet, lié au départ à des analyses d'utilisation de la grue, et aux limites d'autonomie de la batterie.

2. Règlement général de protection des données personnelles.

## UNE START-UP CONNECTÉE À LA PRÉVENTION

C'est l'une des premières start-up à avoir rejoint, en 2018, le Lab Santé-Prévention BTP<sup>1</sup>, qui encourage l'innovation dans le secteur du BTP. CAD.42 développe, outre le boîtier connecté en test sur le chantier marseillais, des dispositifs anti-collision, susceptibles d'équiper différents engins: nacelles, grues... « C'est utile s'il y a de la coactivité entre engins de levage, mais aussi lorsqu'il y a des hauteurs à ne pas dépasser, des zones interdites. Par exemple en cas d'intervention sous des lignes haute tension

ou bien à proximité d'aéroports », explique Éloïse Bouveret, chez CAD.42. Les compagnons peuvent aussi porter ce type d'équipement, qui les alerte par vibration et signal sonore en cas de risque de collisions engins-piétons. « Dans tous les cas, précise-t-elle, tous ces systèmes ne permettent pas d'intervenir sur l'engin, voire de le stopper. L'humain doit rester le décisionnaire. »

1. Lire l'interview page 15

# Imaginer la livraison du dernier kilomètre sans manutentions

Six entreprises se sont lancées dans un partenariat pour développer un dispositif de chargement/déchargement automatisé des poids lourds, qui réduit fortement les risques pour les chauffeurs lors des livraisons du dernier kilomètre. Un premier prototype est en cours de test et devrait mener à une deuxième version d'ici la fin de l'année.

**VU DE L'EXTÉRIEUR**, rien ne distingue la remorque de celle d'un poids lourd classique. Pourtant, à l'intérieur, tout est différent. « C'est un projet qui m'a fait passer quelques nuits blanches... », résume Éric Galland, responsable d'affaires chez Actemium, entreprise spécialisée dans la modification ou la fourniture de process industriels. En ces termes, il évoque le dossier qui l'occupe depuis près de trois ans : développer un système automatisé d'arrimage et de chargement et déchargement sans manutention manuelle.

L'idée initiale du dispositif est venue d'un constat de Fabrice Courtens, directeur projet en logistique urbaine chez Renault Trucks<sup>1</sup>. En accompagnant un chauffeur dans sa tournée, il prend conscience des contraintes multiples rencontrées dans le cadre de livraisons en ville. « J'étais là pour étudier ce qu'il y avait à améliorer dans l'agencement de la cabine

de conduite. En observant la réalité de terrain, je me suis aperçu qu'en milieu urbain, le métier de livreur est difficile : la circulation, les chargements et déchargements sur la voie publique, les relations avec les autres... sont autant de contraintes, remarque-t-il. Je me suis dit qu'il y avait des améliorations possibles. »

Sa réflexion est alimentée peu après en se rendant dans un pressing : le carrousel qui achemine les vêtements lui donne l'idée de ce qui pourrait être mis en œuvre dans le cadre des livraisons du dernier kilomètre... en remplaçant les vêtements par des rolls et le convoyeur fixe par un système embarqué. Mais de l'idée à la réalisation, il y a tout un chemin. Ayant déjà travaillé sur un précédent projet avec Actemium, il s'adresse à son interlocuteur pour lui soumettre son idée, avec un croquis réalisé à main levée. « J'ai dit à Fabrice qu'il n'était pas fou »,



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS/2024

À l'intérieur de la remorque, un système de rails transfère les rolls directement et de façon automatique à leur emplacement. Ici, l'opérateur est à l'intérieur de la remorque pour faire une démonstration.

sourit Éric Galland. À partir de là, la réflexion est lancée. Et, en août 2022, une première esquisse voit le jour.

« Notre rôle est de concevoir des convoyeurs pour des charges lourdes, donc le principe existait déjà, poursuit ce dernier. Ce qu'il fallait développer, c'était un système de manutention embarqué

## CORENTIN VIDALIE, responsable amélioration continue et décarbonation chez Jacky Perrenot

« Les hayons représentent un des facteurs majeurs de risque d'accident pour les conducteurs lors de livraisons en points de vente. La sortie et la mise au sol de la marchandise constituent une phase qui n'a pas fait l'objet d'évolution technique majeure ces 30 dernières années. Le deliver assist présente une rupture avec ce qui existe. Ce prototype supprime une grande partie des risques liés à la manutention en évitant au chauffeur d'accéder à l'intérieur du véhicule. Mais il présente aussi deux points

encore limitants. Le matériel embarqué est très lourd et limite la capacité utile qui peut être chargée. Et les rolls utilisés peuvent constituer un irritant pour les clients : ils utilisent souvent des supports de manutentions moins volumineux que les rolls qu'ils vont devoir stocker dans des points de vente où il manque toujours de la place. Les essais en cours vont permettre de tester la robustesse de l'ensemble du dispositif et l'acceptation par les acteurs sur le terrain. »

capable de supporter toutes les contraintes de la circulation. » Par quel dispositif déplacer des rolls entre une remorque et l'extérieur sans manutention manuelle ? Comment assurer la stabilité du convoyeur embarqué ? Des mois de réflexions ont donné naissance à un premier prototype. Deux translateurs et un élévateur, associés à un savant système de rails et de poulies, aident à déplacer les rolls et à les arrimer dans un compartiment précis de la remorque. Le livreur positionne un roll dans l'élévateur puis actionne ce dernier à l'aide d'une télécommande latérale.

### Livraisons du dernier kilomètre

Une fois le roll soulevé sans effort et posé à l'entrée de la remorque, une porte coulissante s'ouvre. Le translateur latéral prend alors les relais pour positionner le roll sur les rails internes, qui le déplacent ensuite dans la remorque jusqu'à l'emplacement prévu. Dans cette première version, jusqu'à seize rolls peuvent être embarqués, d'une dimension de 1100x720 mm pour une hauteur de 1750 mm. Et plus aucune intervention manuelle n'est nécessaire.

Dans le développement du convoyeur embarqué, il a fallu tenir compte du fait que le support bouge, avec des accélérations, des freinages, des virages. « Il fallait veiller au déplacement des charges, et assurer leur stabilité », explique Raphaël Cascarra, ingénieur automaticien chez Actemium. L'ensemble tient compte de la recommandation R515, « Utilisation des rolls et équipements mobiles ». L'assemblage du dispositif a eu lieu de décembre 2023 à fin juin 2024. En parallèle, un transporteur, Jacky

📷 Le dispositif est composé d'un automate complet qui supprime plusieurs risques liés aux livraisons du dernier kilomètre : chutes, manutentions, renversements de charges...

Perrenot, a été associé au projet à partir de novembre 2023 pour tester le dispositif en situation réelle. Un acteur de la grande distribution, Intermarché, s'y est également associé. Un partenariat qui permet d'avoir un regard à 360° sur le projet.

Les premiers tests sur le terrain ont été initiés en septembre 2024. Mais la véritable phase de tests en conditions réelles a débuté en février 2025, en vue d'apporter des retours pratiques et de suggérer des améliorations au proto-

permettrait un gain de place par rapport à l'armoire électrique, actuellement très volumineuse.

« Avec un tel dispositif, les manutentions sont simplifiées et sécurisées grâce à un automate complet, commente Éric Veretout, expert d'assistance-conseil à l'INRS. Chutes, suppression de certaines manutentions, renversements de charges... plusieurs risques sont ainsi supprimés dans le cadre des livraisons du dernier kilomètre. » Cet équipement réduit également les nuisances sonores,



© Grégoire Maisonneuve pour l'INRS / 2024

type dans une deuxième version. « Le concept a encore besoin d'évoluer, afin d'aboutir à quelque chose de très modulaire », estime Fabrice Courtens. Parmi les axes d'amélioration : réduire les dimensions des rolls et les rendre démontables ; s'orienter vers un système pneumatique et optimiser le nombre d'actionneurs, qui

véritablement gênantes lors des livraisons en milieu urbain. Les réflexions vont se poursuivre durant tout le printemps et l'été prochains en vue de présenter une deuxième version en novembre. ■ C. R.

1. Le projet a fait l'objet d'un partenariat entre six entreprises : Renault Trucks, Actemium, Jacky Perrenot, Frappa (carrossier), E.RE.C.A (bureau d'études) et Intermarché.

## 6,2 tonnes

c'est le poids de la charge utile sur la première version (V1), contre environ 11 tonnes en chargement classique. Il sera réévalué sur la deuxième version d'au moins 2 tonnes, les études sont en cours.

## 16 rolls

c'est la capacité d'embarquement de la V1 du prototype de camion. La version 2 en embarquera 28, avec une capacité de 480 kg par roll.

## 30 %

c'est le gain de temps sur les opérations de livraisons qui est estimé à terme avec ce système.