

Vers de nouveaux usages des robots mobiles

D'abord utilisée en logistique de production avec pour finalités la réduction des coûts, l'amélioration de la qualité des produits et la rationalisation des flux à l'intérieur des usines, la robotique s'ouvre à de nouvelles applications dans les domaines de la construction, de la santé ou du nucléaire.

BA systèmes mobilise ainsi son savoir-faire acquis dans l'industrie pour répondre à de nouveaux besoins liés à la protection des êtres humains, à l'amélioration des gestes humains, à leur sécurisation et à l'automatisation d'activités dans des milieux hostiles. Pour répondre à ce défi de diversification, BA systèmes a adopté une organisation originale de son innovation reposant sur la mise en place d'une fonction spécifique, celle d'innovateur relationnel chargé de développer des liens externes, notamment avec les laboratoires de recherche et les utilisateurs.

Par Guy CAVEROT*

Depuis près de trente ans, BA Systèmes, une PME technologique bretonne de plus de cent personnes, conçoit, fabrique et entretient des robots mobiles industriels. Ces machines complexes, d'abord utilisées en logistique de production, s'invitent aujourd'hui dans des applications nouvelles : construction, santé, agriculture. La PME a choisi d'adresser ces nouveaux marchés grâce à une organisation originale de son innovation.

Cet article présentera d'abord les activités de robotique mobile dans le secteur industriel, puis les nouvelles activités de diversification dans ce domaine particulier de la robotique seront exposées en regard de la problématique managériale liée à l'innovation au sein d'une PME. Enfin, des perspectives sur l'évolution possible de l'usage des robots mobiles et sur les tendances observées dans ce domaine à travers le monde seront présentées.

LES ROBOTS MOBILES INDUSTRIELS

Les robots mobiles industriels sont des machines permettant de déplacer automatiquement des charges à l'intérieur des entreprises produisant des biens de consommation ou des équipements. Ces machines autoguidées sont équipées de systèmes de sécurité leur permettant d'évoluer à proximité des personnels. Communément appelés AGV (*Automated Guided Vehicle*), les robots mobiles industriels sont issus des technologies des chariots filoguidés, qui étaient très utilisés durant les années 1980. Ces machines permettaient jusqu'alors de répondre à des besoins de logistique. Aujourd'hui - grâce au développement des tech-

* BA Systèmes Rennes S.A.S.

nologies du guidage, de la mécatronique et des superviseurs - ces robots sont en mesure de répondre à de nouveaux besoins.

Répondre à des besoins de l'industrie en matière de logistique

L'utilisation des AGV dans l'industrie peut être séparée en trois grandes familles : la logistique de production, le stockage automatisé et les expéditions de biens. Cette typologie, bien établie depuis une vingtaine d'années dans l'industrie, présente l'avantage de permettre l'établissement d'une correspondance entre une application recherchée et des machines y répondant. L'utilisation des AGV s'inscrit dans une démarche d'automatisation des usines de production, la logistique étant souvent le dernier maillon de la chaîne à en bénéficier (voir le tableau 1).

Les applications relevant du domaine de la logistique ont pour fondements la réduction des coûts, l'amélioration de la qualité des produits et la rationalisation des flux à l'intérieur des usines. Pour des applications à hautes cadences (supérieures à 80 palettes par heure) et pour des fonctionnements en continu (24H/24), les AGV permettent de s'affranchir du coût élevé de solutions manuelles (avec des caristes et/ou des chariots). Pour ces applications recourant aux AGV, le retour d'investissement moyen est inférieur à 18 mois. L'amélioration de la qualité des produits est permise

grâce aux modes de commande des AGV, qui permettent de garantir l'intégrité des charges (accélération continue, vitesse constante, protection de la charge pendant son transfert). Ces choix sont faits pour des charges fragiles ou de grande valeur (fret aérien, médicaments, aliments, cosmétiques). En ce qui concerne les démarches d'amélioration continue visant à garantir le respect des délais de livraison aux clients, l'intégration d'AGV va permettre de rationaliser les flux de production et, parfois même, de donner leur rythme à des lignes de production (applications s'inscrivant dans le cadre du *Lean Manufacturing*).

Des besoins liés à l'hygiène ou à la sûreté sont également satisfaits grâce à leur utilisation dans l'industrie agroalimentaire, dans le nucléaire militaire, le fret « sensible » (valeurs, biens stratégiques) ou les stockages de données confidentielles (archives d'un pays). Dans ces applications, les robots mobiles garantissent la non présence de personnes susceptibles d'altérer, de voler ou de polluer les charges traitées.

L'offre de produits

Le produit : un système robotique complexe

Les systèmes de robots industriels sont des systèmes constitués de plusieurs éléments : la flotte de robots mobiles industriels, une installation de communication, des infrastructures de guidage, un superviseur et

Domaines d'applications	Exemples d'applications	Illustrations
Logistique de production	Transfert de charges entre des points d'entrées et des unités de traitement de ces charges. Dans le fret aérien, par exemple, entre les camions et les gares de préparation des palettes et entre les stocks et les docks de chargement des avions.	
Stockage automatisé	Stockage et déstockage automatisés de palettes ou de bobines dans des stocks dont la taille varie entre 300 et 10 000 emplacements. Dans la chaîne de production des biens, ces stocks sont intermédiaires ou finaux.	
Expéditions	Préparation grâce à des AGV de commandes sur palettes ou préparation des contenus de camions, sur leurs quais de chargement. Le chargement automatique des camions est aussi une tâche opérée par des AGV.	

Tableau 1.

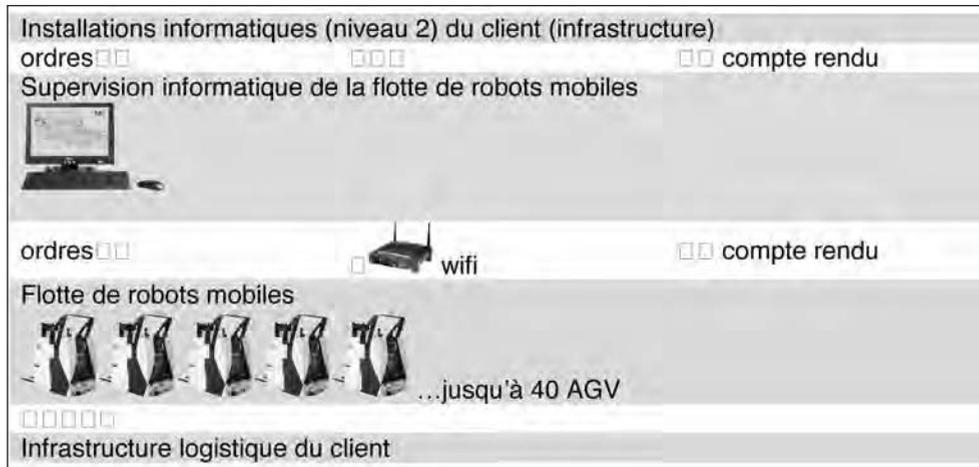


Tableau 2.

des interfaces de logistique. Ces éléments sont reliés entre eux afin de répondre à la fonction de transfert automatique de charges. Le système est également relié à l'installation informatique et logistique du client (voir le tableau 2).

Les AGV (Automated Guided Vehicles)

Les AGV (*Automated Guided Vehicles*) sont considérés comme des objets mécatroniques. Constitués d'une base mécanique formée d'un châssis et d'un outil (fourches, convoyeur) et d'un ensemble de compo-

sants électriques et électroniques, ils sont commandés et contrôlés par un ordinateur embarqué relié à un superviseur informatique par des ondes radio. L'AGV est une machine complexe dont les fonctions robotiques sont assurées par un système de guidage automatique (voir le tableau 3).

La supervision automatique des robots

Le système de supervision automatique est un système informatique permettant d'attribuer des missions de transfert de charges (par exemple, des palettes, des

Guidage automatique	Le guidage automatique est assuré grâce à un scrutateur Laser qui donne la position de l'AGV dans son espace d'évolution. D'autres capteurs, les codeurs, permettent de connaître le déplacement relatif de l'AGV entre deux pointages par le scrutateur Laser. Le guidage automatique par recalage Laser représente en Europe les trois quarts des installations. D'autres techniques de guidage (comme le filoguidage ou le recalage sur aimants) sont également utilisées.
Sécurité	Les AGV évoluent dans des zones fréquentées par des personnes. Ils doivent donc être équipés de capteurs permettant l'arrêt automatique du robot lorsqu'une personne se trouve à proximité. Ces capteurs sont aussi des scrutateurs Laser à nappe dont la zone de détection est paramétrable ou des capteurs radiofréquence (US, radar). La norme française EN-1525 relative aux chariots sans conducteur définit les règles de détection et d'arrêt des robots mobiles.
Energie	Les AGV sont des machines autonomes du point de vue énergétique. Des batteries d'une capacité variant de 120 à 800 ampères-heures sont embarquées sur la machine. Ces batteries sont soit rechargées (le robot se déplace automatiquement vers des plots de rechargement), soit échangées (une opération réalisée grâce à un robot). La technologie des batteries utilisées pour l'énergie des AGV est le plomb étanche.
Contrôle commande	<div data-bbox="399 1678 654 1973" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="702 1655 1436 1982">Un logiciel embarqué sur l'AGV permet de gérer les fonctions principales (de traction, de direction et de préhension) grâce à l'exploitation de données issues de capteurs et à la commande d'actionneurs (moteurs synchrones ou asynchrones, alimentés en 24 ou 48 volts). Un noyau logiciel embarqué temps réel permet de gérer certaines fonctions (comme le guidage automatique). Ce logiciel assure également la communication avec le superviseur. Cette photographie présente les différents composants sur le chariot automatique. La compacité de la machine permet d'assurer une circulation plus aisée au sein des ateliers de production ou des zones logistiques.</p>

Tableau 3.

bobines de papier, des containers...) aux chariots automatiques. Le superviseur permet de gérer la circulation de la flotte de robots, notamment dans les zones de croisement où des programmes informatiques améliorent la fluidité de cette circulation et augmentent ainsi la performance globale de l'installation. Le superviseur permet également de gérer les échanges d'informations avec les AGV et d'afficher, en temps réel, la position de ces derniers (synoptique). De nouveaux programmes sont associés à ce superviseur, comme par exemple les analyseurs, qui permettent de « rejouer » des configurations de fonctionnement afin d'améliorer les performances de l'installation.

L'offre de services

Le maintien des conditions opérationnelles

Associés à ces produits, des services sont proposés pour le maintien des conditions opérationnelles des systèmes robotiques à base d'AGV. Ces services consistent à réaliser de la maintenance, préventive et/ou corrective, et à proposer des services d'assistance technique en informatique. Les AGV présentent des taux de disponibilité opérationnelle importants (de l'ordre de 99,5 %) ; de plus, leur durée de vie moyenne est voisine de 30 000 heures. En conséquence, les opérations de maintenance doivent être menées par des équipes spécialisées et répondre à des niveaux de qualité élevés.

Les autres services

Les autres services proposés par l'entreprise BA Systèmes s'inscrivent dans des axes de diversification ou de réponse à des besoins spécifiques de l'industrie. Ainsi, une filiale est spécialisée dans la location de systèmes à des grands comptes de l'industrie afin de réduire les immobilisations. Des services de formation technique (en matière d'utilisation des machines, d'exploitation, de maintenance) sont également proposés durant les phases d'exploitation des installations. Enfin, grâce à l'exploitation des compétences spécifiques de l'entreprise en matière de recherche et de conception, une nouvelle offre réside dans la proposition de services de recherche à des tiers dans le domaine de la robotique mobile.

Le site de production du groupe Sodebo : un exemple d'installation utilisant des AGV

Sodebo, leader français du marché traiteur frais, compte 2 000 salariés [a]. En 1973, la société se spé-

cialise dans la fabrication et la commercialisation de produits frais. Basé à Saint-Georges de Montaigu (Vendée), Sodebo dispose d'un unique site de production pour produire l'ensemble de la gamme de ses produits destinés à l'Europe. Fort du succès rencontré par le lancement d'un nouveau produit, Sodebo décide d'automatiser les flux sur la ligne de production dédiée à ce produit novateur.

Fin 2010, une installation d'AGV est achetée à BA Systèmes. Les objectifs prioritaires de ce système d'automatisation étaient l'augmentation de la productivité et un gain de sécurité sur cette ligne de production. BA Systèmes a déployé des chariots automatiques baptisés Artemis®. Cet AGV de dernière génération est compact et son interface de commande tactile est conviviale. Artemis® est doté d'une motorisation asynchrone, ce qui accroît ses performances et réduit son coût de maintenance.

Les chariots de type gerbeur à longerons gèrent les flux des palettes de produits finis en sortie des lignes de palettisation, vers la banderoleuse. Un chariot de même type assure les flux, en sortie de la banderoleuse, vers un stock tampon ou vers les quais d'expédition, pour effectuer les chargements des camions en automatique. La flotte AGV alimente également en palettes vides les lignes de palettisation. Cette application logistique performante gagne en efficacité et en sécurité. La sécurité des caristes (mais aussi celle des charges transportées, qui sont très instables en sortie de palettisation, car elles ne sont pas encore « filmées ») en est ainsi accrue. L'ensemble du système logistique est assuré par AGV Manager®, un système de pilotage optimisé. AGV Manager® a été conçu par le bureau d'études de la société BA Systèmes pour assurer le contrôle des fonctions logistiques autour des chariots.

L'ensemble des produits et services proposés ci-dessus s'adresse à des clients industriels de la production de biens de consommation (alimentation, médicaments, hygiène) et de biens d'équipement (construction, machines) [b]. Nous allons voir comment le métier des robots glisse maintenant vers de nouvelles applications.

DU DOMAINE DE L'INDUSTRIE À CELUI DE LA SANTÉ

Depuis cinq ans, BA Systèmes répond aux sollicitations de nouveaux clients dans d'autres domaines d'activités que les domaines habituels d'utilisation des chariots automatiques (AGV) ; ces nouveaux domaines sont l'agriculture, la santé, le nucléaire de

recherche ou la construction [c]. Cette diversification est le fruit d'une expérimentation de recherche en science de gestion.

La solution apportée à un problème managérial d'innovation soulevée par la diversification

En 2007, dans le cadre de son nouveau plan stratégique, l'entreprise a décidé de diversifier son activité avec une déclinaison tactique visant à créer de nouvelles sources de valeur, à exploiter les compétences internes (très fortes, pour une PME comptant, à l'époque, soixante-dix personnes) et à apporter de nouvelles connaissances venues de l'extérieur. Cette volonté de diversification posait cependant un problème majeur, celui de la capacité d'innover au sein d'une PME disposant d'un produit complexe et de ressources limitées, notamment en matière d'innovation. Pour répondre à cet objectif d'innovation, le principe retenu a été celui de la mise en œuvre d'une fonction spécifique d'innovateur relationnel fondée sur le profil des *Technological Gatekeepers* défini dans la littérature scientifique par Thomas Allen (de l'école de management Sloan du Massachusetts Institute of Technology - MIT) [1]. Cet innovateur a ainsi pu développer des liens externes avec les laboratoires de recherche et les utilisateurs, tout en maintenant des liens en interne afin de développer de nouveaux produits dans un cadre d'innovation collaborative [2] en liaison avec des laboratoires de recherche.

L'entreprise s'est alors engagée dans une voie de diversification repositionnant le montage et la participation à des projets de recherche en robotique dans des domaines différents du domaine industriel classique. Cette démarche s'est accompagnée du dépôt d'une série de brevets permettant de protéger les nouvelles connaissances acquises (voir le tableau 4).

La diversification : une réponse à de nouveaux besoins

L'objectif de la diversification étant la création de valeur, BA Systèmes a cherché, *via* le travail de l'innovateur relationnel, de nouveaux usages permettant de valoriser les savoir-faire acquis en matière industrielle dans les thématiques de la robotique mobile. L'innovateur relationnel a ainsi exploré des domaines d'application jusqu'alors inconnus, et la sérendipité (1) a complété cette exploration pour développer, dans ces zones inconnues, de nouveaux projets de robots. Ainsi, le savoir-faire acquis dans l'industrie a

(1) La sérendipité est le fait de réaliser une découverte inattendue grâce au hasard et à l'intelligence, au cours d'une recherche dirigée initialement vers un objet différent de la découverte faite (source Wikipédia).

été étendu à des besoins liés à la protection des êtres humains, à l'amélioration des gestes humains, à leur sécurisation et à l'automatisation d'activités dans des milieux hostiles. L'exploration de ces champs d'application a ouvert aux machines mobiles automatisées de nouveaux marchés dans les secteurs de l'agriculture, de la construction-BTP et de la santé.

Les trois exemples du tableau 5 de la page suivante présentent des robots développés (ou en phase de développement) dans des domaines nouveaux au sein de l'unité de diversification de BA Systèmes.

Les trois projets de robotique en question ont été mis en œuvre dans le cadre de projets collaboratifs de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), du Fonds unique interministériel (FUI) ou régionaux. L'apport de BA Systèmes reposait sur des tâches qu'il maîtrise dans ses activités industrielles. Ainsi, la réalisation de spécifications, la production de dossiers de conception mécatronique, la fabrication et le test de machines ont été les tâches intégrées à des travaux de recherche appliquée ou de développement expérimental traités par le CEA List, L'IRCCyN (Institut de Recherche en Communication et Cybernétique de Nantes), l'INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique) ou par des universités européennes.

Notons que cette démarche de diversification ne se limite pas, grâce à l'innovation ouverte, à la seule intégration de nouvelles connaissances au sein de l'entreprise. Elle est aussi une vraie source de valeur ajoutée et de création d'emplois directs (chez BA Systèmes) ou indirects (chez des fournisseurs ou des partenaires). La diversification dans le domaine médical a fait l'objet de la création d'une unité de 2 500 m²

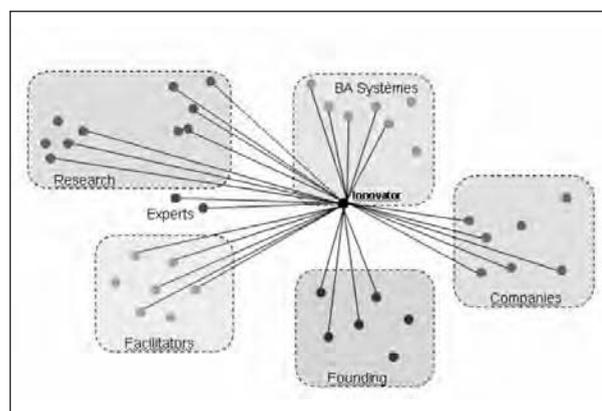


Tableau 4 : L'innovateur relationnel occupe une place centrale au sein des réseaux de l'innovation. L'activité de l'innovateur relationnel - fondée sur le profil des *Technological Gatekeepers* - consiste à établir et à maintenir des liens avec les acteurs de l'innovation (laboratoires, facilitateurs, financeurs), à construire les projets d'innovation collaborative et à gérer les aspects de propriété intellectuelle liés à l'innovation. Ces activités induisent des capacités dynamiques [3] au sein de l'entreprise, qui permettent d'en améliorer la performance.

Domaines	Exemples d'application	Illustrations
Agriculture	Automatisation de l'alimentation du bétail permettant de libérer du temps pour l'éleveur et d'améliorer la qualité de la viande par une alimentation régulière avec des rations précises.	
Construction	Automatisation des opérations de finition sur les bétons (ponçage, perçage, parachèvement) permettant de diminuer les troubles musculo-squelettiques des compagnons dans la construction et permettant d'intervenir en milieu hostile (nucléaire, chaud, froid).	
Santé	Machine de rééducation fonctionnelle pour la correction des maladies dégénératives (Alzheimer, Parkinson) permettant de soulager le kinésithérapeute, d'opérer des exercices de rééducation nouveaux et de réduire les durées de rééducation.	

Tableau 5.

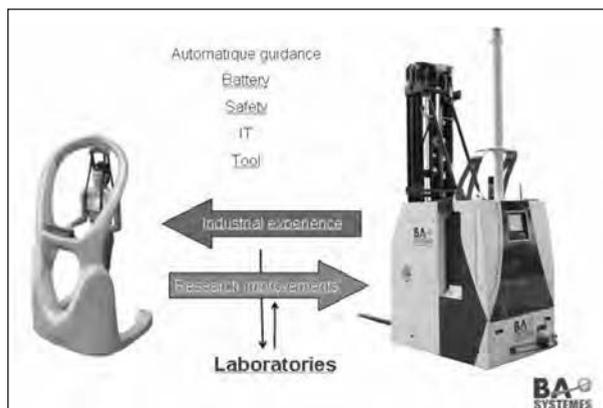


Tableau 6.

dédiée à la production d'un robot développé dans le cadre d'un projet collaboratif FUI.

Transferts de connaissances et de savoir-faire

Le développement de produits innovants de manière collaborative au sein d'une entreprise permet d'enrichir chacune des activités, industrielle et de recherche, par la correction de manques constatés dans une autre activité. Ainsi, l'expérience industrielle sert les activités d'innovation, et les améliorations de la recherche servent l'activité industrielle. Les laboratoires sont impliqués dans ce mouvement de transfert et bénéficient d'expériences ou de références, ou ils fournissent

des contributions scientifiques ou techniques. Ces transferts valent pour les technologies, mais aussi pour les méthodes de management ou de suivi de projet (normalisation ISO 9000) (voir le tableau 6).

PERSPECTIVES

L'ouverture du champ des applications recourant aux AGV est liée à l'exploitation de connaissances issues de laboratoires de recherche, comme le CEA List, pour la cobotique (travail simultané entre une personne et un robot) ou l'IRCCyN, pour l'automatisation des opérations d'usinage de pièces de grandes longueurs. L'AGV est un robot, il apporte la force, la précision et la répétabilité, l'homme apportant, quant à lui, ses capacités décisionnelles et d'adaptation. Demain, d'autres champs de diversification des applications recourant aux AGV concerneront les transports en commun automatisés de nos villes, le travail agricole des sols avec des robots mobiles ou le nettoyage industriel de grandes surfaces. D'un point de vue technologique, les AGV profitent des développements de capteurs et d'actionneurs issus de l'électronique grand public et de l'automobile (caméras, centrales inertiels, moteurs synchrones, scrutateurs (pour la sécurité)). Ces capteurs permettent de réduire le coût global des installations de logistique automatisées.

De nouveaux défis se présentent, en ce qui concerne les robots mobiles [d]. Le groupe de recherche Robotique du CNRS a notamment inscrit six défis, dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE, WEBOGRAPHIE

- [1] ALLEN (T.J.) (1984), *Managing the Flow of Technology*, MIT Press, Cambridge, MA.
- [2] CHESBROUGH (H. W.) (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Cambridge, MA, Harvard Business School Press.
- [3] TEECE (D.J.) (2007a), "Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance", *Strategic Management Journal*, 28, pp. 1319-1350.
- [a] <http://www.sodebo.fr/>
- [b] <http://www.basystemes.com/>
- [c] <http://www.agv-basystemes.com/>
- [d] http://www.gdr-robotique.org/cp_feuille.php