

Voyage dans l'industrie du futur italienne

Transformation des organisations et du travail

Sous la direction d'Annalisa Magone et Tatiana Mazali

Avec la collaboration de Salvatore Cominu, Antonio Sansone, Giampaolo Vitali

Les Notes de La Fabrique


**La
Fabrique
de l'industrie**
laboratoire d'idées

CHAPITRE 1

Voyage au pays des usines

« Une usine sans hommes serait une usine qui tiendrait debout toute seule. Tout simplement impossible ! » Celui qui prononce cette phrase est le responsable de production d'un site industriel que nous visitons dans l'arrière-pays turinois, au cours des premières étapes d'un voyage qui durera plus d'un an, à la rencontre des nombreuses usines italiennes de grands opérateurs industriels. Le but de ce voyage est de vérifier dans quelle mesure l'industrie italienne intègre le nouveau modèle européen d'« usine intelligente », en passe de devenir le cadre conceptuel du renouveau industriel européen. Lorsque débute ce voyage, la feuille de route *Factory of the future* à l'horizon 2020⁷, fruit du travail de l'EFFRA (*European Factory of the Future Research Association*)⁸, qui représente un espace de discussion entre les principaux acteurs européens, vient d'être

publiée. Le débat national italien n'en est alors qu'à ses prémices, bien qu'un cluster⁹ dédié à ce sujet ait été constitué et qu'un plan gouvernemental soit en phase d'élaboration¹⁰.

Quand démarre notre voyage, nous n'avons pas d'idée précise sur ce que nous allons trouver dans les usines, et nous ignorons si les grands sites industriels que nous avons prévu de visiter seront représentatifs d'un système industriel où dominent les petites entreprises et où l'innovation pénètre selon des modalités particulières. C'est l'une des raisons pour lesquelles nous entamons ce voyage en passant par la « porte de service » et demandons à rencontrer Comau, un fabricant de ces systèmes de production automatisés qui forment la base technologique de l'usine intelligente.

* Toutes les notes sont du traducteur.

7. http://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/factories-of-the-future_en.html

8. <http://www.effra.eu/>

9. <http://www.fabbricaintelligente.it/>

10. Le présent ouvrage a été écrit avant la présentation du Piano Nazionale Impresa 4.0, dit Plan Calenda (du nom de l'ancien ministre de l'Économie), en septembre 2016.

L'usine des robots

Comau pour Consorzio Macchine Utensili (Consortium Machines-Outils) est une entreprise de 9 000 personnes dont le cœur et la tête se trouvent à Grugliasco, dans la *rusty belt* de Turin (Piémont).

Son histoire est assez mythique. Elle fut fondée en 1973 par un ensemble d'entreprises turinoises qui suivirent Fiat dans la construction de l'énorme complexe de Togliatti (AvtoVaz), sur la Volga en Russie, d'où allaient sortir les automobiles VAZ commercialisées sous la marque Lada¹¹. Progressivement, Fiat en acquit la majorité des parts, puis la totalité du capital. Aujourd'hui, Fiat Chrysler (FCA Group) n'en est plus l'unique client : Comau sert l'actionnaire-maison, mais aussi d'autres constructeurs automobiles¹² et d'autres secteurs industriels.

L'entreprise repose sur trois divisions : *assemblage* qui fournit des solutions pour les chaînes de production ; *machining* qui propose des machines-outils et des systèmes d'automatisation ; enfin, *robotique et autres produits d'automatisation industrielle* tels que technologies laser, pinces de soudure ou véhicules industriels autonomes. Auxquelles s'ajoutent tous les investissements dans les technologies numériques pour le monde industriel. Les deux premières divisions construisent des systèmes personnalisés pour chaque client.

Les systèmes de production automatisés sont depuis longtemps l'une des pierres angulaires du savoir-faire industriel piémontais : il faut, par exemple, des centaines de robots de grande dimension pour fabriquer la carrosserie d'une voiture, et une ligne de production robotisée fabriquant des moteurs mesure au moins 100 mètres.

“ Les systèmes de production automatisés sont, depuis longtemps, l'une des pierres angulaires du savoir-faire industriel piémontais. ”

La division robotique est en pleine expansion, principalement au service du monde automobile. En 2009, la crise a eu un fort impact sur le chiffre d'affaires de l'ensemble du secteur, mais la reprise a été rapide. Dans les jours où nous visitons l'usine, la polémique fait rage autour d'une annonce faite par Foxconn : le fabricant chinois d'Ipad a déclaré vouloir introduire dans ses usines un million de robots. On pourrait croire à une boutade, mais l'annonce ne doit pas être sous-estimée : la robotique se développe à grande vitesse et d'immenses possibilités s'ouvrent ainsi aux acteurs du secteur, parmi lesquels Comau, l'un des huit producteurs mondiaux capables de réaliser des robots de toutes dimensions – des petits (3 kilos de charge) jusqu'aux grands (800 kilos de charge).

11. Depuis 2008, Renault en est devenu progressivement l'actionnaire majoritaire aux côtés de Rostec, l'agence gérant les participations de l'État russe.

12. Dont Renault.

Le défi que doit aujourd'hui relever ce secteur, c'est de réussir à ouvrir les cages pour rapprocher les hommes des robots sur les lignes de montage et d'assemblage. Les huit grands opérateurs y répondent chacun à leur manière. Comau, par exemple, a lancé *Aura*, une technologie propriétaire de robot collaboratif doté d'un revêtement sensoriel qui permet à l'opérateur de travailler en toute sécurité. Les produits se modifient en même temps que le marché. Parmi les derniers robots de Comau, *Racer* laisse entrevoir les trois orientations technologiques et commerciales suivies par ce secteur. En premier lieu, le niveau des prestations : il s'agit de développer de nouveaux produits, vite... très vite. Deuxièmement, la compétitivité : contenir les coûts de production grâce à la recherche sur les matériaux et le nombre de composants. Enfin, le style, c'est-à-dire l'intégration du design dans la conception. Comau s'est directement inspiré du corps humain, si bien que le robot achevé ressemble à un bras avec des tendons. Il y a à Turin une formidable tradition du design : on trouve peu d'endroits dans le monde capables de conjuguer de façon aussi exemplaire style et technologie.

Pendant que nous descendons à l'atelier, nos hôtes nous expliquent la différence entre un robot anthropomorphe et un humanoïde ; nous traversons un vaste hangar où les équipes travaillent autour de nacelles jaunes qui se déplacent sur des rails. Monter un robot représente un travail méthodique, fait

à la main pour une grande part. La zone de stockage est impressionnante avec ses rangées de robots bossus, d'un rouge flamboyant, qui attendent tranquillement à côté de leur « valise » noire contenant leurs commandes de contrôle. Impressionnante aussi la zone des « cages » où ces géants sont testés avant livraison. Ils sont vraiment beaux et quand ils se retournent vers nous, on ne sait plus trop qui observe qui.

L'usine de l'architecte-star

En entrant chez **Pirelli**, 5^e producteur mondial de pneumatiques, à Settimo Torinese (entre Turin et Milan), ce qui frappe en premier lieu est l'architecture du site. Celui-ci, construit en 2010 à partir de la restructuration de deux usines préexistantes, est la traduction tangible d'une transformation tant physique qu'organisationnelle. Il est traversé, de part en part, par une colonne vertébrale – dont le nom *la Spina* ou Arête n'est pas choisi par hasard – conçue par Renzo Piano, l'architecte du Centre Pompidou à Paris entre autres. La patte de l'architecte-star est perceptible de l'extérieur, mais encore davantage à l'intérieur lorsque l'on évolue sur les clairs parquets en bambou. « La Spina » n'a rien d'une prouesse décorative, elle est avant tout fonctionnelle : elle héberge les bureaux et les services aux salariés, et sert de point de jonction, via quelques passerelles suspendues, avec quatre mini-usines :

car sud, où le process de production demeure traditionnel, c'est-à-dire subdivisé en flots qui effectuent chacun une fraction du processus; *cell production*, construit autour d'une ligne de production «cellulaire» hautement automatisée qui intègre en un seul flux *lean* l'ensemble de la fabrication d'un pneumatique, depuis la préparation des composants jusqu'à l'emballage, depuis la vulcanisation du caoutchouc jusqu'au contrôle qualité; *next mirs* (pour *Modular Integrated Robotized System*), ligne entièrement robotisée; et enfin, la salle de mélangeage où sont réalisés les composés caoutchoutés qui alimentent tous les autres processus.

L'établissement de Settimo est le seul de sa catégorie dans le monde Pirelli. Non seulement parce qu'on y expérimente l'innovation organisationnelle qui se diffusera ensuite dans le reste du groupe, mais aussi parce qu'il résulte d'un accord équilibré entre la direction, les représentants des salariés et le territoire. En 2008, en pleine déflagration de la crise, Pirelli décide d'investir dans la modernisation des équipements, met en œuvre un ambitieux plan de formation des salariés et réorganise le personnel des deux usines originelles qui fusionnent en une seule. Plus moderne. Plus complexe. Plus sûre. Plus innovante. Les 1 080 ouvriers qui travaillent aujourd'hui à Settimo avec 120 cols blancs, sont le résultat de l'intégration de deux populations très différentes en matière de compétences et cultures d'entreprise: l'une chargée à l'origine de la fabrication de pneumatiques de

moyenne gamme pour véhicules légers, l'autre en charge des pneumatiques pour les poids lourds.

“ L'établissement de Settimo est le seul de sa catégorie dans le monde Pirelli. ”

«Il fallait actualiser les compétences techniques, construire un vocabulaire et des comportements communs, réécrire les horaires de travail et les modalités des pauses, harmoniser les conceptions de la qualité... c'était un changement complet de paradigme», nous explique Valerio De Martino, le jeune responsable RH du pôle de Settimo qui a suivi toute la transformation. Ce qui manquait, ce n'était pas tant les compétences sur les produits que sur les process: avec une population d'un âge moyen de 40 ans et d'une ancienneté de 20, il n'y avait pas vraiment de problème de compétence technique. Mais quand une usine effectue une conversion, en passant d'une production de moyenne gamme à des productions haut de gamme qui équiperont des Lamborghini, des Ferrari ou des Maserati, en petites séries et à variation rapide, c'est la flexibilité des opérateurs qui devient centrale, ainsi qu'un état d'esprit axé sur la qualité.

La clé du changement a reposé sur un programme d'innovation sociale portant sur la sécurité, la formation et la responsabilisation individuelle. «Nous devons travailler

sur les comportements parce que nos opérateurs disposaient d'une expérience où s'étaient sédimentées des vieilles pratiques et habitudes. Il ne s'agissait pas de bâtir une nouvelle usine, en embauchant un nouveau personnel, mais de saisir l'opportunité de la modernisation pour opérer une transformation profonde. » Au sein du personnel, sont alors identifiés des « agents du changement » qui sont formés en premier, afin de devenir de nouveaux modèles pour l'action. Le système prend forme et s'enracine, le nouveau style produit des résultats concrets, l'absentéisme et les accidents du travail diminuent : « Nous voulions devenir l'usine de pneumatiques la plus sûre et la plus compétitive au monde. En 2010, nous commençons à peine et l'objectif nous paraissait très lointain, mais aujourd'hui nous y sommes presque. »

“ La clé du changement a reposé sur un programme d'innovation sociale portant sur la sécurité, la formation et la responsabilisation individuelle. ”

Quand nous voyons la ligne automatisée, tout s'éclaire. Les ouvriers travaillent autour de grands modules multifonctions ; le pneumatique naît à partir d'une installation qui ressemble à une grande machine typographique : un parallélépipède le long duquel sont placées de grosses bobines (les « cartouches ») d'un composé caoutchouteux ; la machine déroule les couches et les colle les

unes sur les autres comme sur une galette – nappe carcasse, nappe pour la ceinture sommet, bande de roulement, renforts dans les flancs. Le pneu « brut », joufflu et encore privé des rainures qui lui conféreront sa caractéristique, est alors convoyé vers les fours de vulcanisation où il acquerra sa forme finale via un moule. De là, il finira sa course le long d'un toboggan hélicoïdal entre les mains d'un contrôleur qui, en quelques regards ciblés, en déterminera la qualité.

Dans d'autres espaces de cet important pôle industriel, l'innovation technologique prédomine : on y expérimente le cyber-pneu, avec des capteurs et des puces dans le pneumatique, on étudie des matériaux qui amélioreront sa composition, on met au point des programmes de réalité virtuelle pour s'entraîner aux futures conditions de production. Le bâtiment lui-même avec ses 400 mètres de panneaux photovoltaïques et ses réservoirs de récupération d'eau de pluie est à haute performance énergétique et environnementale. Mais ici, dans cet atelier, on mesure plus qu'ailleurs le niveau d'équilibre atteint entre artisanat et industrie, tradition et aptitude au changement. « En Italie plus encore qu'ailleurs, il faut veiller à ce que les personnes soient “ engagées ”. Tu peux avoir les meilleures technologies et les meilleurs processus, mais le plus important, c'est de réduire la distance entre les managers et les opérateurs, en mettant en évidence l'importance de la contribution de chaque individu. »

L'usine qui se renouvelle

Chez **Avio Aero**, spécialiste des moteurs pour le secteur aéronautique, sur le site de Rivalta dans la grande banlieue de Turin, nous découvrons une usine immense. Mais grâce à la diminution du volume des machines, il devient possible de consacrer ces espaces à de nouvelles productions. Pendant notre visite, des travaux sont en cours pour mettre en place une nouvelle ligne qui produira 8 000 engrenages sur 1 000 m², en remplacement d'un système qui en produisait 7 500 dans un espace deux fois et demi supérieur. Dans l'usine du futur, ces unités de production plus petites et plus efficaces communiqueront entre elles, permettant une synchronisation optimale entre l'arrivée des composants et les étapes de montage, avec pour résultat une réduction des délais.

Mais la clé pour faire véritablement entrer le futur dans l'usine n'est pas tant la mise à jour technologique que la transformation anthropologique de la figure ouvrière, en commençant par l'âge et la formation des travailleurs, qui débouche sur un changement de culture d'entreprise. À la division « Transmissions », l'âge moyen du personnel diminue, suite à l'intégration de jeunes : 35 % des opérateurs ont moins de 30 ans et une part égale se situe entre 30 et 40 ans. Les premiers sont souvent issus des instituts technologiques avec lesquels Avio Aero a conclu des partenariats, afin de fluidifier le passage de l'école vers le monde profes-

sionnel. La sélection des candidats suit une procédure complexe et coûteuse pour l'entreprise : elle commence par un stage de formation, se poursuit par un passage dans les ateliers au cours duquel les candidats sont évalués par des superviseurs, afin de valider si l'investissement consenti par l'entreprise sur les personnes sera rentable... et rentable à court terme.

“ L'âge moyen du personnel diminue : 35 % des opérateurs ont moins de 30 ans. ”

Les process et les machines se sont considérablement modifiés ; la production est devenue reproductible, traçable et prévisible. L'expérience humaine ne demeure un facteur clé *que* dans les cas où les systèmes automatisés ne permettent pas de garantir ces trois qualités. Le responsable de la production, Davide Schinetti, nous présente le chef d'un îlot qui vient d'être monté – un simple carré sous la structure métallique du hangar comme une tache blanche ressortant sur un fond noir : il manœuvre simultanément plusieurs machines qui effectuent diverses opérations sur une pièce protégée par une coupole en verre. Autour de lui, il y a l'atelier qui attend d'être transformé, avec ses rangées de machines mono-fonction qui sont là depuis de nombreuses années et sont désormais dépassées. D'un simple coup d'œil, on peut percevoir chez Avio Aero tous les

stades de la transformation en cours : l'ouvrier d'autrefois penché sur son tour, aussi bien que l'opérateur d'aujourd'hui qui travaille en se mouvant constamment et qui, changeant de position, change aussi de perspective. *« Ce n'est plus un expert, mais il sait un peu de tout. De notre point de vue, c'est une compétence distinctive et nous avons donc choisi de placer uniquement des jeunes sur les nouvelles lignes. »*

“ **L'opérateur n'est plus un expert, mais il sait un peu de tout.** ”

Dans les procédés thermiques ou de galvanisation, un ouvrier expérimenté pouvait traditionnellement apporter une réponse à une interrogation sur les traitements en une semaine ; aujourd'hui, une nuit suffit, car c'est un logiciel développé à partir de l'expérience des opérateurs qui fait le travail. Grâce à cette translation du cerveau de l'opérateur vers le logiciel, l'expérience cesse d'appartenir à un seul individu, mais se transfère à toute l'équipe et devient, dès lors, accessible à tous. C'est ainsi que se modifie la manière dont l'information est produite et consommée : avant, il y avait le papier que personne ne consultait, puis il y a eu l'intranet d'entreprise, aujourd'hui on a le réseau social au sein d'une entreprise élargie, qui soude un groupe de 300 000 personnes.

En effet, en 2013, Avio a été acquis par General Electric (GE), changeant au pas-

sage son nom en Avio Aero. GE en a fait son centre d'excellence mondial pour les transmissions mécaniques ; depuis lors, les deux entités tentent d'apprendre l'une de l'autre, en particulier en matière de R & D.

Gian Paolo De Poli, responsable de l'équipe qui assure la transformation de l'innovation technologique en processus de production avancés – les Allemands parlent de « technologue de production » – nous explique que la recherche chez Avio Aero est portée par des ingénieurs spécialisés dans les disciplines scientifiques de base, telles que l'aérodynamique, l'échange thermique ou les matériaux. Dans chacune de ces disciplines fondamentales, on trouve « des sages qui connaissent les orientations du futur », des super-experts qui disposent d'un réseau collaboratif d'informateurs dans les centres de recherche et les universités du monde entier. Le secteur aéronautique est, d'une façon générale, extrêmement collaboratif, car personne ne peut maîtriser toute la connaissance nécessaire.

En Europe, les finalités poursuivies par l'innovation sont au nombre de trois : compétitivité, sûreté et préoccupation environnementale, et elles sont interdépendantes. Pour atteindre ces objectifs, on introduit la numérisation et la simulation en conception comme en production. En prenant comme année de référence l'an 2000, le délai de développement d'un nouveau produit chez Avio Aero a été réduit de moitié : en une nuit, on peut simuler le fonctionnement d'une turbine, là où il fallait auparavant des

semaines. En conséquence, les liens entre conception et production se sont grandement resserrés, conduisant à la constitution d'équipes d'ingénieurs multidisciplinaires et plus équilibrées que par le passé. Nous demandons si cela signifie que des non ingénieurs, voire des designers ou des littéraires, figurent aussi au sein de ces équipes. *«Si vous voulez me faire dire que dans l'équipe qui conçoit un avion, il y a de la place pour un musicien de jazz, la réponse est clairement non ! nous dit De Poli, en souriant. Ou pour être plus précis, nous en avons bien un, mais il a un diplôme d'ingénieur.»*

“ Le délai de développement d'un nouveau produit chez Avio Aereo a été réduit de moitié. ”

L'usine additive

Les problèmes d'excès d'espace ne concernent pas l'unité qu'Avio Aereo a ouverte depuis quelques années à Cameri, près de Novara (Piémont), et qui est encore en rodage au moment où nous la visitons. Cameri est le fruit d'un effort de détection de start-ups, lancé par Avio Aereo en 2007 afin de répondre à un projet de recherche. C'est ainsi que l'entreprise tombe sur Protocast, une micro-entreprise de 5 salariés dans un appartement de 320 m², qui se consacrait à la fabrication additive pour le biomédical, l'automobile et l'aéronautique. Aujourd'hui, l'unité de Cameri peut abriter 60 imprimantes 3D et représente l'un des plus grands

établissements d'Europe dédié à cette technologie.

Dans la salle de réunion où Alessandro De Gioia, le directeur, nous reçoit, il y a une armoire d'où il sort des échantillons de bijoux, certains gris opaque et rugueux, d'autres brillants comme du strass. Le premier type est sorti de ses « imprimantes », même s'il déteste qu'on les nomme ainsi. Les avantages de cette technologie sont évidents : économiser des matériaux et du temps de travail. Il nous met en main une pale de la turbine d'un Boeing 787 construite de manière traditionnelle et son équivalent produit de façon additive ; elles ont le même usage mais la seconde pèse environ la moitié. Dans le procédé traditionnel, il faut recourir à environ 4 kilos de matière brute pour obtenir 1 kilo de produit fini (la pale), alors qu'en fabrication additive, le rapport est de 1,5 pour 1. La fabrication additive permet également de réaliser des formes géométriques compliquées, inconcevables en production traditionnelle. Substituer l'une par l'autre présente un grand intérêt, non pour dupliquer des solutions existantes, mais pour des projets totalement innovants. *« Cette unité a été pensée pour des projets conçus dès l'origine pour la fabrication additive et pour oser des solutions de design qui n'auraient jamais pu être expérimentées en production traditionnelle. »*

“ Cette unité a été pensée pour des projets conçus dès l'origine pour la fabrication additive. ”

On trouve à Cameri deux types d'imprimantes, à chaud et à froid, situées dans deux grandes pièces au rez-de-chaussée du hangar. Pour les faire fonctionner, peu d'ingrédients sont nécessaires : des poudres, le logiciel, le modèle en 3D et le cerveau des ingénieurs. L'imprimante elle-même ressemble à un grand réfrigérateur ou à un gros lave-linge avec un hublot. L'opérateur doit simplement enclencher la machine et faire la maintenance prévue. Les machines n'ont pas besoin d'être surveillées et fonctionnent 24 heures sur 24, même lorsqu'il n'y a personne dans l'établissement. Il faut seulement veiller à suivre très précisément la check-list au démarrage et à protéger le mélange chimique contre toute contamination extérieure. Au terme de « l'impression », le produit sort « brut », encore emprisonné dans sa gangue de poussière, mais très proche de sa forme finale, comparé à une pièce issue d'une fusion et d'un moule.

Au moment de notre visite, 15 personnes travaillent à Cameri, dont 10 opérateurs. De Gioia en attend prochainement deux nouveaux. Tous sont très jeunes, le plus âgé a 45 ans. De Gioia confie avoir « beaucoup hésité à l'embaucher, mais il avait une compétence en maintenance électromécanique et il était important pour l'entreprise de progresser sur ce point ». Tous les autres ont entre 26 et 28 ans. Peu de personnes sur le marché du travail maîtrisent cette technologie, et en conséquence De Gioia n'embauche que des jeunes diplômés qu'il tente de choisir parmi les meilleurs et les plus créatifs : « Si tu formes un jeune selon tes méthodes, comme il n'a pas de structure

mentale préétablie, il apprendra la logique de fonctionnement de ces machines bien mieux qu'un individu plus expérimenté, mais qui a déjà une forme mentale fixée. Paradoxalement, celui qui ne sait rien ou pas grand-chose représente pour nous un avantage. » Cameri n'a de toute manière pas vocation à employer de grands effectifs, et il s'agira probablement plus d'ingénieurs que d'opérateurs. Mais il pourrait y avoir des effets positifs sur les emplois indirects.

“ Paradoxalement, un jeune qui ne sait rien ou pas grand-chose représente pour nous un avantage. ”

La figure la plus essentielle de l'établissement est l'expert processus : le seul à savoir régler précisément les plus de 300 paramètres qui permettent à cette technologie de fonctionner. Depuis quelque temps, il est flanqué d'un apprenti. Standardiser au maximum est l'obsession de De Gioia, car « il est trop risqué de faire reposer le sort de toute une entreprise sur les compétences d'une seule personne ». Par « standardisation », il n'entend pas seulement le respect méticuleux de la procédure, mais encore la constitution d'un répertoire de bonnes pratiques capables d'en assurer à tout moment la reproductibilité. « Je dis toujours que, tous les jours, on apprend quelque chose de nouveau et qu'il faut l'écrire : que chacun le fasse pour ses propres activités et puis, nous trouverons un moyen de les formaliser et de les rendre accessibles à tous. »

“ Quand on perd l'expérience, le problème est qu'il n'y a plus personne pour se rendre compte que l'outil se trompe. ”

Cette question de la transmission du savoir-faire individuel est loin d'être simple, et encore moins secondaire. Selon Nevio Di Giusto, longtemps directeur du Centre de recherche de Fiat, « les outils digitaux qui nous assistent dans le travail de production nous permettent de prendre de la hauteur et de nous élever de l'outil au process. Mais en n'opérant plus de manière physique sur les problèmes quand ils se posent, nous risquons de perdre la capacité à reconnaître les erreurs. » Di Giusto fait ici référence à la notion de savoir-faire, qui entrait dans les mains et la tête de l'opérateur à travers l'expérience, les erreurs, et le chef qui corrigeait, ou pour le dire autrement, par le fait de vivre en temps réel les problèmes et leur correction. Aujourd'hui, on tient ce lent processus d'apprentissage pour acquis, puisque la machine est supposée y suppléer : « Mais quand on perd l'expérience, le problème est qu'il n'y a plus personne pour se rendre compte que l'outil se trompe. De mon point de vue, il est en train de se créer un fossé entre ceux qui savent faire, qui ont l'expérience et ceux qui devront appliquer cette expérience dans le futur. » Ce que Di Giusto résume encore de la façon suivante : les personnes dotées d'expérience ne savent souvent pas utiliser les outils numériques

aussi efficacement que les plus jeunes, donc elles ont un potentiel élevé, mais une dynamique très faible. En revanche, les jeunes ont une dynamique élevée mais un potentiel bas, donc ils courent le risque de commettre de grosses erreurs dans un environnement très rapide et dénué de connaissance des risques. « Le vrai défi, c'est de parvenir à encapsuler l'expérience et la connaissance à l'intérieur de l'outil, de manière à ce que les futurs utilisateurs, qui sont beaucoup plus rapides, puissent faire plus de choses que nous, mais sans commettre d'erreurs. »

“ Le vrai défi, c'est de parvenir à encapsuler l'expérience et la connaissance à l'intérieur de l'outil. ”

L'usine élastique

Si à Cameri, ils ont pu partir d'une page blanche, chez **Alstom**, à Savigliano, dans la province de Cuneo (ou Coni) en Piémont, ils ont suivi le chemin inverse.

Cette usine qui produit des trains est née en 1853, en même temps que la ligne de chemin de fer Turin-Cuneo, la deuxième après celle reliant Naples à Portici. Puis ce fut Fiat qui en prit la tête en 1970, avant de la céder à Alstom en 2000, non sans avoir préalablement développé la technologie qui a fait naître le *Pendolino* (rames reposant sur une technologie pendulaire

permettant une grande vitesse), puis les rames ETR 450 en 1988. Après la cession de ses activités Énergie à General Electric, le groupe Alstom compte aujourd'hui dans le monde 32 000 salariés dans plus de 60 pays. En Italie, avec 8 sites et 2 700 employés, il est l'un des principaux opérateurs du secteur ferroviaire italien. Le site de Savigliano est considéré, au sein du groupe, comme le centre d'excellence mondial pour les trains régionaux et les trains à grande vitesse conçus avec la technologie pendulaire, exemple indéniable d'excellence du *Made in Italy* avec ses 500 trains vendus dans 14 pays.

“ Un *Pendolino* est constitué de 50 000 composants différents pour un total de 900 000 pièces. ”

Construire des trains est un métier difficile qui englobe tous les champs technologiques. La production est faible en volume, mais aussi complexe que celle d'un navire de croisière ou d'une plateforme pétrolière offshore. Un *Pendolino* est constitué de 50 000 composants différents pour un total de 900 000 pièces ; le système électrique d'un train comporte 100 000 connexions. À cela s'ajoute la pression issue des délais de plus en plus courts imposés par la commande publique : aujourd'hui, Alstom livre une rame en 13 mois à compter de la signature du contrat, puis complète la commande au rythme d'une rame par semaine.

Le secteur ferroviaire était historiquement une industrie artisanale, où la conception se traduisait par peu de dessins et où le développement se faisait essentiellement dans les ateliers, qui disposaient en général d'un personnel exceptionnellement compétent. Mais en quelques années, Alstom a complètement changé ce modèle, en mettant en place un processus strictement industriel. « *La charge est extrêmement variable, nous explique-t-on au cours de l'entretien, donc l'usine recourt à du personnel temporaire en grand nombre, avec des niveaux de compétences assez faibles.* » Récemment, pour faire face à une commande importante, Alstom a dû intégrer en quelques semaines 400 personnes, ce qui équivalait au nombre de salariés d'une grosse PME. Dans une configuration industrielle de ce type, on comprend aisément que la transmission de l'information doive se faire sous une forme radicalement différente de celle qui prévalait dix ou quinze ans auparavant à destination de travailleurs hyper qualifiés.

À l'époque, l'information passait du bureau d'études à la production sur la base de quelques dessins qui étaient ensuite interprétés par un personnel formidablement compétent. Aujourd'hui, grâce à l'automatisation de la production et aux outils numériques, Alstom transmet une grande quantité d'informations, immédiatement utilisables même par ceux qui n'ont pas de compétences spécifiques en mécanique ferroviaire. Chacun peut comprendre ce qu'il doit faire en consultant la tablette tactile entre ses mains ou

l'écran de montage relatif à chaque poste ; la représentation en 3D du train peut être agrandie et tournée en tous sens, et comporte toutes les instructions permettant de passer de la pièce au montage. Le long de la ligne, chaque poste effectue une tâche différente : quand le travail de chacun est terminé, le chef de ligne fait avancer la rame, et le montage reprend à l'étape suivante. Le *Pendolino* comporte 14 étapes de montage. Toutes les instructions données par les écrans sont en anglais, mais les opérateurs sont capables de les comprendre, car le système est visuel, principalement composé d'icônes et aussi intuitif qu'un jeu vidéo. Des câbles avec capteurs mesurent la consommation des pièces situées dans des caissettes en bord de ligne, qui sont ainsi réapprovisionnées au fur et à mesure des besoins avec un minimum de gaspillage. En conséquence, l'opérateur fait l'objet d'un suivi très précis, qui aurait été tout à fait impossible à peine quelques années auparavant, permettant de mesurer le temps travaillé, le rythme de travail et le matériel utilisé. Au fur et à mesure de l'avancement de la ligne, est généré un rapport qui accumule les informations sur les opérations, permettant une traçabilité qualitative de l'ensemble du processus de fabrication.

“ La représentation en 3D du train comporte toutes les instructions permettant de passer de la pièce au montage. ”

Fait également partie intégrante de l'usine *l'École des projets spéciaux*, qui forme les ouvriers dans six domaines de compétence particulièrement sensibles dans la construction d'un train : soudage, peinture, collage, raccordement électrique, boulonnage, rivetage de la structure. La « scolarité » se compose d'une partie théorique et d'épreuves pratiques. L'un des derniers investissements est un simulateur de soudage à base de réalité virtuelle. Le soudeur enfle son masque et s'essaie à trois types de soudage, qui obtiendront des scores sur des paramètres tels que rapidité d'exécution, inclinaison, distance, etc. Aux dires des soudeurs eux-mêmes, le casque imite plutôt bien la réalité. Le simulateur favorise l'apprentissage pratique du soudeur qui s'améliore grâce aux scores obtenus, sans gâcher des matériaux.

Mais c'est au cœur de l'ingénierie de conception qu'on trouve les technologies les plus avancées, avec la *virtual room*. Depuis 2012, tous les projets d'Alstom sont développés à partir d'une modélisation 3D qui constitue la matrice commune, utilisée ensuite par tous les services de l'entreprise : le modèle arrive à la production, mais aussi au marketing pour la conception des catalogues, au service après-vente pour l'élaboration des manuels de maintenance, aux achats pour la liste des composants, etc. En bref, les informations sont élaborées une seule fois et émises à partir d'un centre pour venir alimenter toute la chaîne industrielle. Certes la modélisation 3D est très répandue dans l'industrie ferroviaire, mais Alstom

va plus loin en intégrant la réalité virtuelle. Quand nous enfilons nos lunettes, c'est comme si nous entrions littéralement dans la cabine d'un train comme dans un nouveau jeu vidéo : « *La 3D d'il y a encore quelques années servait essentiellement à visualiser, nous explique Carlo Pellegrini, ingénieur en chef. Mais aujourd'hui, elle permet en outre de concevoir et tester les multiples étapes du processus de production.* »

L'usine des palais flottants

Il y a beaucoup d'analogies entre la construction d'un train et celle d'un navire de croisière. Mais pour le profane, la visite du chantier naval de **Fincantieri**, à Monfalcone au Nord-ouest de Trieste, l'un des plus grands au monde, produit une impression radicalement différente de celle procurée par les processus futuristes mis en œuvre chez Alstom.

Monfalcone est un site considérable de 750 000 m², sur lequel opèrent 4 500 salariés, chiffre qui passe à 6 000 lorsqu'un paquebot arrive en phase finale et que le personnel des sous-traitants arrive sur le chantier. Fincantieri a modifié son *business model* dans la construction de bateaux : de constructeur en propre – il n'y a pas si longtemps travaillaient sur le chantier des

charpentiers, des menuisiers, des soudeurs et des décorateurs, salariés de l'entreprise – il est devenu intégrateur et il évolue encore vers un rôle de pur maître d'œuvre, pivot de flux complexes opérés majoritairement par d'autres.

Il faut savoir que la conception d'un bateau ne naît pas dans les bureaux d'études, mais avant tout dans les mailles subtiles de la réglementation internationale. Faire respecter les normes et standards est le travail des sociétés de classification, dont les plus importantes ne sont qu'une douzaine dans le monde : elles vérifient la conformité technique des navires afin de garantir la sécurité de l'équipage, des passagers, du chargement mais aussi la protection de l'environnement marin. La prise en charge extérieure de la conformité réglementaire allège en pratique la charge du chantier, explique Antonio Pingiori, longtemps responsable du secteur maritime au Registre Italien Naval et Aéronautique (Rina)¹³, car celui-ci peut se focaliser sur les aspects opérationnels et commerciaux, tout en sachant que la sécurité et la robustesse dépendent de paramètres définis par la société de classification.

À partir du moment où un contrat est signé, celle-ci joue un rôle de co-conception. Puis durant toute la phase de construction, elle exerce une fonction de surveillance et elle interviendra également lors des essais tech-

13. Société de classification maritime fondée à Gênes en 1861.

niques au moment de la mise à flots. Le troisième acteur est l'armateur, dont la tâche est plutôt commerciale mais qui n'est pas toujours un « facilitateur » de projet. En effet, entre la commande et la livraison, la construction d'un navire de croisière prend environ deux ans, durant lesquels tout peut arriver. Pendant notre visite à Monfalcone, nos accompagnateurs nous racontent comment, en une certaine occasion, alors que le navire était quasiment achevé, le chantier a reçu l'ordre d'ajouter un moteur supplémentaire, ce qui impliquait de trouver un espace où l'installer. Pour des raisons de ce type, la conception d'un paquebot et sa construction ne sont pas toujours des séquences ordonnées et successives comme pour le *Pendolino* d'Alstom. Il est fréquent que le bureau d'études conçoive pendant que le chantier construit, et il arrive même que les plans soient élaborés après que le chantier ait trouvé les solutions pratiques pour répondre à un imprévu. En d'autres termes, la fabrication va parfois plus vite que la conception.

“ Contrairement à un train, un navire ne se construit pas de façon linéaire. ”

Si un navire de croisière est une pièce unique, il ne faut cependant pas tomber dans le travers de croire que la construction navale est un « gros artisanat » : au vu de la complexité du processus, il s'agit bel et bien d'une industrie. En témoignent les chantiers sud-coréens qui, dans le domaine

des navires marchands, sont parvenus à rationaliser et industrialiser la construction de telle manière que la notion de pièce unique n'est plus qu'un lointain souvenir. Le client achète sur catalogue un navire en série à coût contenu, car privé de toute « personnalisation ». Il n'est pas impossible d'y introduire des modifications, nous explique Pingiori, mais le coût en est si exorbitant, surtout en cours de construction, que l'armateur est dissuadé d'y recourir. Pour ces constructions « en série », les chantiers coréens disposent de bassins multiples. « *Ce n'est pas encore tout à fait l'industrie automobile, mais la référence implicite est celle-là, et l'organisation y est vraiment impressionnante* » ajoute Pingiori.

La construction navale militaire s'est aussi largement déplacée en Asie. Aujourd'hui, la carte des chantiers nationaux italiens comprend Gênes, Trieste, Monfalcone, Venise, Ancône, Castellamare di Stabia, Palerme, et Riva Trigoso pour les navires militaires, plus quelques chantiers mineurs hautement spécialisés. Mais il n'en a pas toujours été ainsi : autrefois, on construisait des bateaux partout en Italie, y compris des pétroliers, des ferries et des navires-citernes pour produits chimiques. Ne restent plus que les navires de croisière : les Coréens ne se lancent pas sur ce terrain qui ne correspond pas à leur modèle de production, puisque chaque navire est différent d'un autre. « *Croire que ce type de construction est un artisanat est une erreur de perspective ; nous devrions être capables d'en faire une industrie.* »

Pour contenir les coûts, Fincantieri a depuis longtemps standardisé des parties du navire comme la coque ou les moteurs. Sur le plan managérial, la société s'attache à améliorer la gestion des sous-traitants et la formation de son propre personnel. Les chantiers coréens fabriquent quasiment tout eux-mêmes, mais pour les navires de croisière, c'est tout simplement impossible. Une cabine, par exemple, est un ensemble préfabriqué, livré complet, avec les revêtements, le mobilier, la décoration et tous les câblages. Quand arrive le moment de la monter, on la libère de son emballage plastique et on l'encastre dans la section du navire correspondant à chaque pont, puis la section entière est soulevée par une gigantesque grue et appuyée contre la coque. L'avantage concurrentiel de Fincantieri est de savoir sélectionner les sous-traitants et coordonner ce processus complexe dans les délais impartis par le contrat et dans le respect des normes réglementaires qui définissent absolument tout, de l'épaisseur de la tôle jusqu'à la dernière vis qui fixera un abat-jour.

“ Fincantieri a depuis longtemps standardisé des parties du navire comme la coque ou les moteurs. ”

Tout est impressionnant dans la visite d'un chantier naval comme Monfalcone : les dimensions des lieux, de l'outillage et des productions. Tout est de taille XXL, du département soudage au ballet des composants, en passant par le navire lui-même

tel qu'on peut l'observer dans son bassin : un rectangle de 350 mètres par 50, à sec d'abord, puis rempli d'eau lorsque le navire sera en état de flotter. Le processus de construction est difficilement « saisissable » sur un tel chantier, car contrairement à un train, un navire ne se construit pas de façon linéaire. Il n'apparaît qu'à la fin, lorsqu'il est assemblé, section par section, comme dans un jeu de Lego. Ce qui n'apparaît pas à la surface, c'est la complexité technologique de ces « joyaux » des mers. Le chantier, particulièrement dans les zones où s'effectuent toutes les opérations préliminaires, ressemble vraiment à une usine, avec ses espaces immenses et ses cohortes de soudeurs assis sur des caquettes en bois ou accroupis dans des recoins impossibles, pendant que les flammes des chalumeaux scintillent dans la pénombre du hangar. « *De combien de pièces se compose un paquebot ?*

– *Personne ne le sait.* »

L'usine qui se joue du relief

Ansaldo Energia est spécialisé dans les grandes commandes de centrales électriques. Lorsqu'on entre par l'entrée principale dans l'établissement de Gênes, d'une surface de 210 000 m², on voit un édifice en briques datant de la fin du XIX^e siècle ; ce n'est que l'une des parties d'un site extrêmement complexe, au sein d'une ville dont le relief très accidenté constitue une des limites avec laquelle l'usine doit compter depuis toujours.

Le travail est organisé autour de quatre lignes de produits : les alternateurs pour les centrales thermoélectriques et hydroélectriques, les turbines à gaz et à vapeur. Ce sont des machines impressionnantes de 12 mètres de long sur 4 de large, qui pèsent 300 tonnes et que l'on monte en tournant autour. Ansaldo produit environ 60 machines par an ; en moyenne, on en livre 4 ou 5 par mois. La quatrième ligne, au service des autres, produit les pales pour les turbines au rythme de 50 000 pièces par an à partir de composants semi-finis.

Ansaldo Energia emploie 3 000 personnes, quasiment toutes à Gênes, et génère environ 2 000 emplois indirects. Au sein de l'usine elle-même, opèrent 600 ouvriers et 380 employés. La culture d'entreprise s'est modifiée ces dernières années sous l'influence de deux phénomènes. Le premier est l'ouverture des marchés : le groupe répond désormais quasiment à 100% à des commandes étrangères, et les voyages sont devenus la norme avec leurs lots de conséquences sur une entreprise assez traditionnelle dans son organisation. Le second est l'introduction d'un programme de *lean production* qui, après un faux départ et un réaménagement avec des objectifs plus progressifs, commence à produire les résultats attendus. Marcello Parodi, directeur du site, en est convaincu et milite pour des investissements dédiés à la modernisation des processus. Le programme que Parodi a mis sur pied avec entêtement se nomme *Factory Academy* : il porte sur tous les aspects de l'usine et a impliqué plus d'un millier de personnes.

Les formateurs sont principalement issus du personnel de l'usine : des techniciens, des ingénieurs de production, des logisticiens, formés pour devenir formateurs. Les sujets abordés sont, d'une part, techniques et personnalisés par type de profil professionnel et de machines, d'autre part, globaux dans le sens où ils visent à transmettre une vision à 360° de l'entreprise, de son système qualité et de ses perspectives technologiques.

« *Quand je suis arrivé en 2005, c'est moi le premier qui ai dû changer ma manière de travailler*, raconte Parodi. *J'ai cherché à ouvrir l'usine au-delà de la production, vers d'autres fonctions entrepreneuriales, car je soupçonnais qu'elle avait un potentiel mal connu au sein du groupe.* » Le fait de fabriquer est ce qui a fait la différence pour Ansaldo Energia face à des concurrents qui ne produisent plus mais se contentent de gérer un projet sans en contrôler les différentes parties qui sont déléguées à des OEM (*Original Equipment Manufacturers*) : ces donneurs d'ordres, qui se contentent de réceptionner les systèmes ou ne font que le dernier niveau d'assemblage entre les équipements dans des « usines-tournevis », sont considérés comme les pirates du secteur ; ils sont petits, agiles et capables de proposer des activités de services, même s'ils n'ont pas une maîtrise complète des technologies. Dans ce contexte, nous explique Daniela Gentile, directrice de la branche Développement devenue une société à part entière du groupe, il faut avoir la capacité de proposer quelque chose de plus et de mieux que les autres, c'est-à-dire une maî-

trise complète de l'ensemble du processus et un service après-vente de long terme avec des contrats d'une durée de suivi pouvant aller jusqu'à 20 ans ; par ceux-ci, Ansaldo s'engage à garantir le fonctionnement des équipements, ce qui permet également d'assurer une fidélisation du client et la continuité de la relation.

L'usine a dû également changer pour se rendre attractive auprès des jeunes générations qui *«perçoivent les ateliers comme quelque chose d'arriéré par rapport au monde contemporain»*. En sens inverse, il est nécessaire d'accompagner les jeunes face au travail industriel et à ses exigences. *«Les jeunes sont parfois très approximatifs et manquent de rigueur, ce que nous ne pouvons accepter, explique Parodi. Comprendre la signification d'un dixième ou d'un centième de variation sur un ouvrage mécanique est capital, mais ceux qui sortent de l'école n'ont pas forcément cette sensibilité, et donc la rencontre avec le monde du travail réel n'est jamais facile.»*

“ Les jeunes générations perçoivent les ateliers comme quelque chose d'arriéré par rapport au monde contemporain. ”

Pour Parodi, le numérique est essentiel, même s'il vient en second après la formation des travailleurs. Il constate cependant qu'il entre plus lentement dans les entreprises qui travaillent à la commande que dans

celles qui produisent de gros volumes. Les investissements sont lourds et le taux de retour sur investissement (ROI) est difficile à mesurer de façon directe ; en fait, c'est plutôt les perspectives qu'il ouvre qui doivent être évaluées : *«Quand nous avons investi dans SAP, il y a des années, nous avons tenté de faire des prévisions sur les gains de productivité engendrés par l'outil. Mais à mon avis, il faut poser le problème autrement : comment ferions-nous aujourd'hui pour communiquer efficacement avec nos partenaires chinois ou coréens, sans ces équipements ? Ce n'est pas un problème de contrôle des coûts, ce qui est en jeu, c'est la soutenabilité même de notre business.»* Et les robots ? Il n'y en a pas chez Ansaldo parce que les volumes ne sont pas suffisants pour justifier de telles dépenses et parce qu'ils ne sont pas adaptés au travail de précision exigé à Gênes : à ce jour, les hommes et les machines-outils évoluées demeurent plus précis pour ce type de production.

L'usine du juste-à-temps

Toujours à Gênes, à quelques encablures d'Ansaldo, se trouvent les bureaux de **Kuehne+Nagel**, un des leaders mondiaux de la gestion de la chaîne logistique. Juste en face du port, on trouve le quartier général du fret maritime, la division historique de cette multinationale d'origine allemande, qui a ensuite élargi ses activités à l'aérien,

au terrestre et à la logistique intégrée. En Italie, le fret maritime de Kuehne+Nagel a une histoire de 50 ans et occupe 120 personnes, en partie à Gênes et dans d'autres bureaux de représentation, d'Udine à Bari. «*Parce que la clientèle italienne apprécie encore le contact local*» précise la responsable, Barbara Eleota.

L'organisation est découpée par type de produit (produits périssables, pétrole et gaz, vin, vrac, etc.) et par marché de destination, ce qui implique d'en connaître *a minima* la réglementation et la culture. La partie la plus délicate du métier de transporteur ne consiste pas tant à choisir le bon moyen de transport qu'à garantir que la cargaison sera assortie de toute la documentation, permettant de satisfaire le client quant à son besoin de «déplacer les choses». C'est là que réside la véritable valeur ajoutée de l'entreprise logistique qui travaille sur la chaîne d'approvisionnement : trouver des solutions inédites qui pousseront à changer les process chez le client.

Une logistique efficace est aussi nécessaire à l'usine 4.0 que le système nerveux au corps humain. Enfiler une boîte de conserve dans un carton, l'étiqueter et l'expédier au client, c'est de la logistique. Assurer l'arrivée de la juste quantité d'écrous à la ligne de montage, c'est encore de la logistique. L'impératif catégorique réside dans le mot «juste». Car l'usine contemporaine n'accepte plus d'accumuler pièces et matériaux en bord de ligne : ils occupent de la place, ralentissent la sélection des composants par

les opérateurs (qui ne doivent pas penser, ou plutôt ne doivent pas penser à ça), augmentent les surfaces et les coûts de stockage. Une approche qui change aussi considérablement la philosophie des achats : plus question d'acheter en gros pour faire des économies. Enfin, parce que selon les principes du *lean*, l'encombrement augmente statistiquement les risques d'accidents.

“ Une logistique efficace est aussi nécessaire à l'usine 4.0 que le système nerveux au corps humain. ”

Une des prestations de service habituellement demandée aux entreprises logistiques est la gestion des entrepôts de stockage, comme c'est le cas à Turin pour le compte d'Iveco, le constructeur de véhicules utilitaires et industriels. Dans la division Logistique de Kuehne+Nagel répartie dans toute l'Italie, travaillent environ 2 000 personnes, y compris le personnel des entreprises sous-traitantes qui fournissent «les bras». La logistique de stockage consiste majoritairement, encore aujourd'hui, à déplacer des colis ; le personnel qui y travaille est souvent perçu comme une simple « offre de bras », même si le modèle se transforme rapidement. Aujourd'hui, on recherche des employés capables de gérer les flux et on investit dans les nouvelles technologies pour réduire le nombre d'erreurs.

Kuehne+Nagel a été la première entreprise logistique en Italie à équiper les magasins d'écouteurs qui leur indiquent où ils doivent se déplacer, tout en leur laissant les mains libres, ce qui a augmenté la productivité de 25 %. Ce système est principalement utilisé dans la grande distribution où le rythme de travail est extrêmement rapide. « Chez Iveco, explique Claudio Boschetti, responsable de la logistique pour l'Italie, nous traitons 220 colis par heure et par personne et notre taux d'erreur est descendu à 2 pour 10 000. C'était impensable, il y a encore 10 ans. » Mais au bout de quelques mois de travail dans l'entrepôt d'Iveco, qui comprend 200 000 références, un magasinier a parfois l'impression de se souvenir des différents emplacements et sa concentration diminue. Pour diminuer le risque d'erreur, la puce RFID permet d'assurer la traçabilité du produit : quand le produit arrive à la pesée, il est contrôlé par un lecteur, l'étiquette est générée automatiquement, appliquée sur le colis qui est ensuite chargé sur le camion. Ce dernier subit encore un contrôle en passant sous un portail de vérification.

“ Chez Iveco, notre taux d'erreur est descendu à 2 pour 10 000. ”

Comment fonctionne un entrepôt de stockage ? Chaque produit est classé en fonction de diverses caractéristiques, comme ses dimensions par exemple. Ce paramètre permet de répartir les produits entre ceux

qui seront prélevés à la main et ceux qui nécessiteront des chariots-élévateurs. Ces derniers ont beaucoup évolué en matière de motorisation (chez Iveco, ils sont tous électriques) et de rapidité (pas tant en vitesse de déplacement, car celle-ci est réglée, qu'en mobilité). Le cariste commande les manœuvres avec un unique *joystick*, là où il fallait antérieurement jusqu'à sept manettes. Sur le chariot, on trouve des instruments tels que des lecteurs de codes-barres et, caractéristique frappante pour le visiteur profane, la plateforme d'élévation n'est plus à l'avant (elle obstruait la vision) mais placée latéralement. Le résultat en est une augmentation impressionnante de la productivité.

Enfin, certains produits, de faible dimension mais sortis en très grandes quantités, sont traités de façon entièrement robotisée. À Turin, chez Iveco, sur les 18 000 ordres d'expédition quotidiens, 8 000 sont traités au sein des 3000 m² de l'entrepôt robotisé où ne travaillent que 15 personnes. Dans le champ logistique, l'automatisation est un fait avéré, mais elle est d'application moins fréquente qu'on ne l'imagine habituellement : il faut que les gains de productivité attendus justifient les investissements considérables à consentir, autrement dit, il faut que l'entrepôt fonctionne 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24. Dans cet entrepôt d'Iveco, il y a six « cages » impressionnantes : des murs hauts et compacts au milieu desquels se meuvent à très grande vitesse des élévateurs dotés de pinces qui prélèvent ou déposent. Les magasiniers ont été remplacés par des experts en

informatique ou mécanique, qu'on appelle chez Iveco des « producteurs », capables de manipuler le logiciel et de faire de la petite maintenance. Cet entrepôt traite plus d'un tiers des expéditions, mais n'emploie que 3 % de la main-d'œuvre totale du site.

“ Les magasiniers ont été remplacés par des experts en informatique ou mécanique. ”

Au premier plan des systèmes d'information des entrepôts se trouvent les logiciels d'optimisation des déplacements, dont la presse se fait l'écho régulièrement au sujet d'Amazon. Il fut un temps où le système d'information d'un entrepôt consistait en une feuille Excel qui listait à la suite les commandes et qu'on imprimait pour le contremaître qui, à son tour, communiquait par talkie-walkie avec les magasiniers. Souvenirs d'un monde disparu. Aujourd'hui, il n'y a plus de papier, le système attribue à chaque magasinier « une mission » via un terminal, mission élaborée par un algorithme qui optimise chaque déplacement en prenant en compte la nature et le poids des produits à rassembler. C'est une invention d'origine française, le « précolisage », qui indique au magasinier les contenants adaptés aux colis qu'il va chercher : « *Plus d'inquiétude à avoir, tu reçois ta mission et tu fonces* ».

Dans le secteur de la distribution, l'algorithme est encore plus complexe et compose des caddies de réapprovisionnement des

rayons qui tiennent compte de la disposition du supermarché. Le magasinier du point de vente prend son caddy et l'amène directement au rayon, sans même vérifier la correspondance entre les deux. Dans la grande distribution, le système franchit encore un palier : il n'y a même plus de zone de stockage mais une zone de transit où la marchandise stationne brièvement. « *Auparavant, un magasin passait commande une fois par semaine ; aujourd'hui, le système engendre des commandes toutes les 50 minutes en fonction des sorties de caisse qui viennent décrémenter la base où sont centralisées les données de ce qui se trouve réellement en rayon. Les coûts logistiques d'un tel modèle seraient insoutenables sans la technologie.* »

Chez Iveco, les commandes arrivent du monde entier, certaines sont très urgentes (le camion doit être prêt en 5 minutes), d'autres sont des livraisons en cycle continu (même la nuit). Iveco dispose de cinq entrepôts en Europe : si la pièce n'est pas disponible dans l'un, il faut identifier sa localisation et la faire venir en quelques heures d'un autre. Aujourd'hui 15 à 20 % du trafic entre les entrepôts est engendré par ces requêtes : « *En réalité, les coûts logistiques sont restés "constants", analyse Boschetti, mais notre travail, lui, est devenu radicalement différent* ». On parle maintenant de drones pour faire les inventaires, l'innovation est partout, mais selon Boschetti, « *nous avons franchi la ligne d'arrivée, au sens où nous connaissons désormais le stock chez le client final et nous pouvons calculer ses besoins à sa place.* »

En matière de gestion de la chaîne logistique, il reste un objectif presque mythique à atteindre : modéliser un système global de *supply chain*, permettant d'optimiser les trajets en boucles, car chaque client livré est aussi le fournisseur d'autres clients. C'est le but visé par certains modèles de gestion avancés comme le 4PL (*Fourth Party Logistic Service Provider*), qui se concrétise chez Kuehne+Nagel par une « tour de contrôle » centrale, basée au Luxembourg, où des spécialistes recensent et optimisent tous les trajets. C'est un système qui fonctionne pour de très gros clients mais qui peine à prendre pied en Italie. Selon Boschetti, les freins sont essentiellement culturels : « *Dans le secteur automobile, les clients achètent un produit et le prix comprend la livraison jusqu'à leur site. Si on gère le transport en groupage, il faudrait sortir le coût du transport du prix de vente, et la pilule est difficile à faire passer. En Europe du Nord, il y a beaucoup plus de transparence dans la formation du prix, mais en Italie, il y a encore une grande réticence à parler "marges" de manière explicite, et cela fausse le raisonnement. Vous savez quelle serait la vraie révolution dans notre secteur ? La confiance !* »

La logistique permet-elle de réaliser des économies ? « *Cela dépend du point de vue où on se place. Notre vocation, c'est d'être des spécialistes de notre métier pour permettre à nos clients de se concentrer sur leur core business qui est de produire et de vendre, et c'est bien qu'ils puissent se concentrer là-dessus. C'est toujours le même dilemme pour celui qui décide d'externaliser.* » Est-ce que

la logistique existerait sans l'informatique ? « *Évidemment non. Aujourd'hui encore, l'informatisation est souvent perçue comme un coût, mais elle ne l'est pas. Sans informatique, il n'y aurait pas de logistique, et j'irais même jusqu'à dire que c'est la logistique qui a révélé le vrai potentiel de l'informatique.* »

“ Sans informatique, il n'y aurait pas de logistique. ”

Ces principes d'ingénierie organisationnelle capables de faire bouger toute une entreprise, engendrent une multitude d'innovations : les caisses de pièces qui s'ouvrent automatiquement pour diminuer les erreurs chez Alstom, les rayonnages qui utilisent la force de gravité pour charger les caisses, que l'on trouve partout chez Fiat Chrysler et qui sont fabriqués par une petite société turinoise. Ou encore les trolleys qui suivent la ligne de montage des Ferrari et avancent en même temps que la fabrication du véhicule (10 d'entre eux contiennent une Ferrari tout entière) ; sur le bord de ligne ainsi libéré, les visiteurs peuvent suivre, comme au spectacle, la naissance d'un bolide.

L'usine boutique

Chez **Ferrari**, à Maranello, près de Modène en Émilie-Romagne, la priorité est de garantir la sécurité et la qualité, et non les volumes. Contrairement à la production en

série, chaque Ferrari est personnalisée selon les caractéristiques définies par le client. Le processus de production est donc long, car il n'y a pas de caisse générique. L'approvisionnement de la ligne se fait via le *full-kitting*. L'ensemble des composants à monter sur un véhicule (le *kit*) est apporté à proximité de l'opérateur au fur et à mesure des opérations. Le kit est la solution idéale lorsque les pièces sont si nombreuses qu'il devient impossible, pour des raisons d'espace, de les avoir toutes sous la main. De plus, les bords de ligne sont ainsi libérés, ce qui est important chez Ferrari, où la ligne de production est également un lieu de visite.

Non loin de Maranello, on trouve aussi l'entrepôt d'approvisionnement en composants des Lamborghini (Volkswagen). Mais Ferrari est bien plus efficace que son concurrent, nous dit non sans fierté Luca Pipino, responsable logistique à Maranello. La reconfiguration du modèle logistique de Ferrari est un projet qu'il a suivi de bout en bout. Jusqu'alors, le personnel connaissait par cœur la place de chacune des pièces dans l'entrepôt, mais il régnait tout de même une certaine confusion. Aujourd'hui, chaque pièce dispose d'un code-barres, il n'y a plus de papier et les magasiniers qui préparent les kits personnalisés pour chaque voiture sont équipés de lecteurs et tablettes. Jusqu'à ces dernières années, on considérait comme normal d'écrire au feutre sur le carton le nom du composant en lettres majuscules : une véritable hérésie pour tout logisticien.

Les articles sont placés dans des trolleys rouges et accrochés à une motrice qui part toutes les 15 minutes, de 5 heures du matin à 19 heures. À partir du démarrage d'une production, il faudra 3 semaines pour finir une Ferrari ; mais les composants ne sont pas forcément tous présents en magasin. Le système logistique mis en place garantit cependant que la chaîne ne soit jamais rompue, alors même que le nombre de pièces est proprement inimaginable. Le modèle est en fait plus proche de celui de la grande distribution que de celui du secteur automobile. Par exemple, au fur et à mesure que la production avance, les composants de l'étape suivante descendent de rayonnage en rayonnage jusqu'à être à portée de main. Les trolleys sont « tagués » selon l'étape de fabrication à laquelle ils sont destinés, comme les caddies d'approvisionnement le sont pour les rayons des supermarchés. En production, le temps de cycle pour un véhicule ordinaire est de l'ordre d'1,5 minute, alors que pour une Ferrari, il est de 17 minutes sur la ligne des 8 cylindres, et de plus d'une heure sur celle des 12 cylindres. L'opérateur en carrosserie, revêtu d'une combinaison rouge comme un pilote de Formule 1, dispose de compétences multidimensionnelles et peut prendre son temps. Chaque bolide est différent et serpente le long d'une ligne courbe, enveloppé d'une couverture la majeure partie du temps. Tout ce qui donne au véhicule de la valeur ajoutée est produit au sein même de l'entreprise ; le reste est sous-traité.

L'usine qui sent le neuf

Toujours à Maranello, une ligne hautement automatisée produit les moteurs pour Maserati, aujourd'hui filiale de Fiat Chrysler, comme Ferrari.

Maserati a ré-ouvert à Turin en 2013 après de nombreuses années de fermeture. Quand on passe le portail de l'usine, la sensation est comparable à celle ressentie quand on monte dans une voiture toute neuve : l'odeur caractéristique du cadeau dont on vient d'ouvrir l'emballage. La visite de l'usine est hyper scénarisée avec des hôtesses très bien formées, des écrans et des tutoriels, comme si l'entreprise, attentive à sa propre image, voulait se distancer autant que possible du stéréotype de l'usine du XIX^e siècle ; elle semble avoir compris que la communication est un moyen essentiel pour agir sur la « société » – étant entendu que ce mot-valise désigne aussi bien le client qui entre dans le *Motor Village* pour vivre une expérience d'achat que le jeune diplômé qui imagine encore l'usine comme dans un film néoréaliste ou encore l'ingénieur qui préfère les bureaux aux ateliers.

Luigi Galante, responsable industriel du groupe FCA pour la zone EMEA (*Europe, Middle East and Africa*) et directeur de Maserati, considère la technologie comme acquise et s'enthousiasme surtout pour l'innovation organisationnelle. Le *World Class Manufacturing* est un projet d'envergure mené par Fiat, dès avant la fusion avec Chrysler, qui détermine en grande partie

l'innovation dans ses sites industriels. « *La numérisation et la simulation virtuelle acquièrent une importance de plus en plus grande, et ça marche. Ce n'est pas qu'une mode. En phase de conception de nouvelles lignes de production, nous sommes capables d'anticiper un grand nombre d'éléments qu'il était impossible d'appréhender par le passé sans commencer à mettre en œuvre physiquement les postes de travail. Nous en faisons d'ailleurs un usage intensif pour l'amélioration continue de l'ergonomie des postes ; nous sommes probablement le constructeur qui investit le plus dans ce domaine.* » Notre hôte émet, en revanche, davantage de doutes sur la perspective d'une usine si fortement automatisée qu'elle pourrait se passer des hommes. « *Sur notre site, le travail manuel et l'intelligence des hommes ont encore un rôle essentiel ; le fait de pouvoir prendre en photo un défaut et de le partager en temps réel avec les équipes est chose commune. Et tous les opérateurs, même les moins jeunes, participent activement à cet état d'esprit, en utilisant des outils qui auparavant étaient réservés à quelques-uns.* »

“ Sur notre site, le travail manuel et l'intelligence des hommes ont encore un rôle essentiel. ”

Marcher à Grugliasco (voir aussi *supra* Comau p. 26) le long de la ligne de production revient à feuilleter un catalogue de brevets relatifs aux technologies les plus en pointe : l'innovation commence dans un rivet et finit dans l'unité où soudain tous les segments de

la carrosserie s'assemblent. Dans les cages où ils opèrent, les différents robots synchronisés de Comau peuvent changer de position selon la longueur du véhicule à assembler ; la danse de leurs bras qui s'entrecroisent dans l'espace et qui changent leurs instruments de soudure pour atteindre les angles les plus reculés du véhicule, produit un sentiment d'émerveillement. Quand jaillissent les étincelles, on peut visualiser dans ce petit périmètre la métaphore de l'évolution de toute une industrie.

L'usine des passionnés

La chaîne de montage de Ducati Motor à Borgo Panigale, à seulement quelques minutes de Bologne, construit une moto comme un oignon, strate après strate, autour du moteur.

Ducati a trois établissements dans le monde : en plus de celui d'Émilie-Romagne qui compte 1 350 salariés et produit 90 % du volume mondial, il y a aussi la Thaïlande qui sert les marchés asiatiques et le Brésil pour l'Amérique du Sud. Une moto Ducati génère un bon nombre d'emplois indirects : en effet, seul 8 % de la moto résulte de processus effectués en interne ; ceux-ci se concentrent sur les passages les plus délicats, c'est-à-dire la mécanique et l'assemblage. De ce fait, le choix des fournisseurs et la définition de leur cahier des charges représentent des compétences stratégiques essentielles pour Ducati. Durant la visite, nous

verrons que la ligne de production de l'arbre de transmission est composée de postes de travail disposés en U et que ce sont des robots qui alimentent en pièces les machines-outils, réduisant ainsi pour les opérateurs le nombre de tâches à faible valeur ajoutée. La démarche de robotisation a démarré en 2003 et s'est achevée à peine deux ans plus tard. D'autres transformations comme l'adoption du modèle de fabrication cellulaire, la révision des processus et le changement continu de la disposition des ateliers, témoignent d'une entreprise vivante qui a su s'adapter aux nouvelles exigences de production.

En dépit des robots, l'usine Ducati est l'une des plus bondées qu'il nous ait été donné de voir. À la mécanique, on travaille en 21 cycles, 7 jours sur 7, nous explique Mario Morgese, directeur des relations industrielles. Les *team leaders*, qu'on appelle chez Ducati les *primus inter pares*, représentent le pivot du *Ducati Production System*, le modèle *lean* en vigueur dans la maison. C'est sur eux que se concentrent les efforts de formation : ils doivent être capables de travailler sur toutes les machines, condition nécessaire pour pouvoir aider les équipes. Mais cela n'a pas toujours été ainsi. Il y a à peine cinq ans l'opérateur de Ducati effectuait un nombre d'opérations beaucoup plus limité ; à partir de la réorganisation, il a élargi son champ d'intervention à la maintenance des équipements, installation des outils, contrôle qualité et gestion du processus. Selon Morgese, la motivation s'est accrue et cette meilleure implication a eu

des effets bénéfiques : *« L'individu doit faire fructifier l'investissement consenti dans les technologies, et la montée en compétences en est la clé. Travailler sur la motivation est essentiel pour permettre au capital humain d'exprimer tout son potentiel. »*

“ Les team leaders représentent le pivot du Ducati Production System. ”

Aux assemblages travaillent 500 personnes. Comme la moto est un produit dont les ventes sont saisonnières, Ducati a fait le choix de la flexibilité avec des cycles de travail de 9 heures en haute saison et des phases de récupération la deuxième moitié de l'année. Les pics de production sont gérés grâce à un recours massif à du personnel en CDD ou à temps partiel ; celui-ci représente aussi un vivier dans lequel puiser pour faire face au turn-over. Le *Ducati Production System* qui est en œuvre depuis les années 2000 donne lieu à une organisation par les flux et en juste-à-temps, capable de s'adapter finement aux courbes de la demande. Pour augmenter la production, on fait varier les cadences : en agissant sur le nombre d'opérateurs sur la ligne, on peut produire de 10 à 100 motos par jour ; c'est la direction commerciale qui impulse le rythme.

On est frappé par l'âge moyen des équipes, plutôt bas en général, mais qui descend à 28 ans en moyenne à la production. Le travailleur Ducati présente un style particulier. Peut-être est-ce dû au fait que l'on

est au mois d'août, mais tous affichent le hâle de ceux qui ont passé du temps au grand air, et ils sont très élégants dans leur uniforme, polo rouge sur bermuda kaki. Est-ce parce qu'il s'agit de motos, mais les anneaux aux oreilles et les tatouages sur les biceps et mollets ne manquent pas. Ou peut-être est-ce le fait que chevaucher une moto vous a toujours un air de vacances, même lorsque c'est dans l'espace réduit du box d'essais avant que le bolide ne sorte de la ligne. Quoi qu'il en soit, tout ici respire un air différent. *« Nous les choisissons sur la base de la passion, bien plus que sur leur expérience des ateliers. Même un auto-didacte peut être pour nous une très bonne recrue. Notre mode de sélection tient compte de l'attitude et des intérêts personnels, puis nous leur faisons passer des épreuves pratiques et comportementales. »* Globalement, mécanicien est la formation qui prévaut. Ducati fait appel à un système de formation dual à la manière allemande, que l'entreprise partage avec Lamborghini (groupe Volkswagen), et qui permet de passer le diplôme directement dans l'entreprise, en accord avec les syndicats et l'institution scolaire.

“ Nous les choisissons sur la base de la passion, bien plus que sur leur expérience des ateliers. ”

L'entreprise investit beaucoup en R & D, y compris sur le plan des processus de production. Ces investissements s'inscrivent dans un plan de croissance ambitieux, sur-

tout depuis que la société a intégré le groupe Volkswagen en 2012. Elle regarde de près l'Internet des Objets (IoT), mais le coût de cette technologie est encore tel que le retour sur investissement n'est pas garanti, surtout pour des volumes de production assez faibles. À plus court terme, les données générées par la production seront collectées et analysées pour améliorer l'intelligence globale du cycle.

Pendant que nous parcourons la ligne serpentine sur laquelle la moto prend progressivement forme, on nous explique la complexité du produit. Une Ducati contient entre 7 et 10 unités de commande électroniques ; en bref, c'est quasiment un ordinateur sur roues. La question du design est également essentielle : pour satisfaire le sens esthétique du client, les vis ne doivent pas être visibles, ce qui complique passablement le montage ; la délicatesse des finitions nécessite un soin extrême, et l'usage de matériaux tels que le titane et le magnésium exige une attention particulière. Enfin, la moto est de plus en plus « communicante », ce qui implique de travailler sur la qualité des interfaces qui doivent s'apparenter à de l'*infotainment*.

Le dernier modèle présente, par exemple, un dispositif électronique de réglage des soupapes qui garantit à la moto une meilleure performance ; il se connecte directement au téléphone portable du conducteur et se visualise sur le tableau de bord. Bientôt, l'interface intégrera aussi le parcours et fournira des données sur l'itinéraire et la performance de la moto ; elle permet déjà d'écouter de la musique, de lire des SMS sur

le tableau de bord et de parler à un correspondant. La moto suit les tendances de la voiture avec un décalage de trois ou quatre ans : la voiture explore et la moto adopte.

Morgese nous explique que, même au sein d'un grand groupe comme VW, le rapport au territoire demeure très important. Ducati a mis en place avec l'université de Bologne un programme de cours sur l'ingénierie des motocyclettes. Les heures de volontariat que le personnel effectue sont reconnues et rémunérées par l'entreprise, qui réfléchit également à un modèle de mobilité durable pour les trajets domicile-travail avec l'usage des transports en commun.

La fabrique des métaux

Technologie, innovation, recherche fondamentale, recherche appliquée sont les mots-clés de l'industrie 4.0. La recherche, qui n'est pas seulement une activité mais aussi un secteur économique, connaît en Italie un nouveau printemps, mais elle ne peut faire l'économie d'une spécialisation de plus en plus poussée, afin de s'adapter aux nouvelles exigences du secteur productif.

On connaît bien cette situation chez **CSM**, Centre de développement des matériaux (*Centro Sviluppo Materiali*), qui constitue le cœur de la recherche métallurgique italienne. Il a été fondé en 1963, en lien avec Finsider, dans un vaste campus aux portes de Rome. Au cours de son demi-siècle d'histoire, le Centre a connu plusieurs res-

structurations, qui ont correspondu aux différentes transformations du secteur italien de la sidérurgie. L'entrée à son capital du groupe Rina qui en deviendra ensuite l'unique actionnaire, a donné le signal d'une réorganisation complète et d'un plan d'internationalisation. Depuis l'origine, le Centre offre aux grands acteurs de la métallurgie, des services de mesure, évaluation, recherche appliquée et transfert de technologie. Il est organisé en huit départements qui incluent toutes les disciplines de la métallurgie : de la corrosion à la recherche de nouveaux aciers, des technologies de fonderie ou de traitement de surface à la valorisation des déchets. À ces départements sont liés 22 laboratoires, subdivisés en quatre secteurs techniques. L'offre *business* est, elle, structurée autour de trois lignes de services : *solutions for metal* qui regroupe toutes les activités sur les matériaux métalliques à destination des grands opérateurs et utilisateurs de métaux ; *new technology and material innovation* qui s'occupe de faire émerger de nouveaux matériaux et de les tester pour la production ; *environmental solutions*, chargé d'étudier l'impact environnemental des matériaux, leur optimisation énergétique, leur recyclage et le traitement des rebuts.

1 230 chercheurs, dont un tiers de femmes, cumulent une expérience de haut niveau. De fait, l'âge moyen n'est pas des plus bas : 45 ans. La spécialisation prend du temps et quand, enfin, un chercheur maîtrise l'ensemble des connaissances requises, le risque est que ce soit l'industrie qui le recrute. Gérer l'équilibre entre les générations est

l'une des missions, et problèmes, auquel doit faire face le directeur général Cesare Murgia : « *Les seniors représentent une énorme richesse, non seulement pour leur connaissance théorique mais aussi pour leurs savoir-faire appliqués : travailler sur site, jour après jour, avec les clients, permet de faire un type de recherche qui n'est pas abstrait, mais orienté vers des solutions capables de résoudre vraiment les problèmes industriels.* »

“ Les seniors représentent une énorme richesse. ”

Les liens avec les universités italiennes, de Turin à la Calabre, sont nombreux et structurés. Mais l'origine de la connaissance accumulée par le CSM remonte surtout à l'époque où celui-ci était un établissement public. « *Notre actuelle capacité de service doit beaucoup aux compétences développées par le passé, en particulier à nos 160 brevets actifs et notre tradition collaborative avec les industriels. Mais en même temps, nous devons nous transformer pour coller aux tendances actuelles que connaissent le monde de la sidérurgie et, plus généralement, tous processus industriels qui utilisent les métaux. Cela représente l'occasion de changer la perception du métal, qui est encore trop souvent vu comme sortant des forges de Vulcain, alors que cette activité utilise aujourd'hui des processus automatisés et numérisés, et de rendre les aciéries et fonderies plus sûres, moins polluantes, aptes à produire des matériaux de qualité.* »

Ici entre en jeu l'industrie 4.0 avec ses technologies facilitatrices, dont trois retiennent particulièrement l'attention du CSM.

En premier lieu, l'Internet des Objets ou, pour le dire autrement, toutes les formes de capteurs communicants qui permettent de contrôler les processus, en les appliquant surtout aux laminoirs et au traitement des surfaces afin de réduire les défauts. « *Quand nous sommes amenés à analyser un produit qui comporte un défaut, nous devons remonter tout le chemin à l'envers depuis la coulée, afin de "trouver le coupable". En effet, derrière l'intégrité d'un matériau, il y a tout un monde caché : comment il a été fondu, laminé, traité. C'est vraiment fascinant, mais on peut se demander si l'automatisation ne nous apporterait pas une aide décisive en termes d'efficacité.* »

Parmi les autres technologies facilitatrices de l'industrie 4.0, il y a la fabrication additive. Sur ce plan, le CSM veut apporter ses propres compétences sur les matériaux, et plus particulièrement sur les poudres dont on sait encore peu de choses : il ne suffit pas d'avoir l'imprimante, il faut encore savoir quoi mettre dedans et parvenir en outre à prendre ses distances par rapport au fournisseur qui aura tout intérêt à vous rendre dépendant de son produit – un peu comme pour les cartouches d'une imprimante classique. Le CSM s'y intéresse et prend le pari qu'on pourra arriver dans peu d'années à une technologie mature.

Dernier domaine d'intérêt : la réalité augmentée et tous les dispositifs portatifs qui pourraient complètement changer le travail des opérateurs et leur exposition aux risques et à la chaleur. On peut y ajouter encore la photonique qui a de nombreuses applications en soudage, depuis que celui-ci a été révolutionné par l'usage du laser. « *Elle peut contribuer à résoudre de façon simple des problèmes complexes, comme le soudage de matériaux hétérogènes, ce qui représenterait une percée pour les secteurs où la performance et la légèreté des matériaux sont stratégiques. La figure du soudeur s'en verrait également transformée : le soudage au laser n'exige pas de l'habileté manuelle mais du contrôle ; ce n'est pas un hasard s'il est utilisé dans un des secteurs les plus précis au monde : l'aérospatial.* »

L'usine à spectre large

À Spinetta Marengo, tout près d'Alessandria (Piémont), **Solvay** aussi s'intéresse aux processus.

Dans une usine chimique, le terme *manufacturing* ou fabrication paraît peu approprié. L'activité centrale dans un établissement chimique consiste à se retrouver devant un nombre indéterminé de tuyaux et de vannes sur lesquels, sous la houlette de multiples superviseurs, l'opérateur effectuera des tâches de contrôle de la température, d'ouverture et de fermeture des vannes, selon

des paramètres définis mais qui peuvent être modifiés en cours de processus. Il y a peu d'actions répétitives dans ce contexte, du moins au sens où on l'entend généralement dans une usine. Pour cette raison, le niveau de compétences est élevé, et même [Dans la chimie,] les opérations les plus simples requièrent une formation technique et des capacités cognitives supérieures à ce qui est généralement demandé dans une usine classique.

“ Les opérations les plus simples requièrent des capacités cognitives supérieures à ce qui est généralement demandé dans une usine classique. ”

Le site de Spinetta Marengo, aujourd'hui leader mondial des polymères avancés, appartient à l'unité des polymères de spécialité (3 000 personnes et 14 sites industriels dans le monde) au sein de la division *advanced materials* du groupe Solvay. Son quartier général est à Bollate, dans la grande banlieue de Milan, où se trouve également son centre de recherche et d'innovation avec 250 chercheurs, l'un des plus importants d'Italie pour la chimie.

Le site de Spinetta a différentes lignes de production. On y produit des élastomères avec des applications dans plusieurs secteurs – «*Souvent, même nous, nous ne savons pas quelles seront les applications finales de nos produits*», explique Paolo Bessone, DRH de l'établissement. Il y a aussi les plasto-

mères qu'on utilise, par exemple, pour fabriquer des gaines de câbles. Ou encore les fluides pour des applications liées à la lubrification ou au traitement de surfaces. Un exemple parmi d'autres : une huile fabriquée à Spinetta sert à lubrifier tous les disques durs du monde.

À l'origine des activités du groupe depuis 150 ans, on trouve les produits les plus connus du grand public : la soude et le bicarbonate. Les marchés de Solvay sont aujourd'hui si diversifiés qu'il est impossible de mesurer sa part de marché en général, il faudrait l'évaluer produit par produit. Mais globalement, le groupe fait partie des 10 plus grands acteurs mondiaux de la chimie, et pour rester dans ce peloton, il doit investir continuellement. Pour orienter ses investissements, Solvay s'intéresse aux mégatendances qui transforment l'époque : du changement climatique à l'épuisement de certaines ressources naturelles, en passant par le vieillissement et la santé. C'est pourquoi, il lui arrive de participer à des projets à fort potentiel de communication, comme ce fut le cas avec *Solar Impulse*, un avion né à l'initiative des Suisses Bertrand Piccard et André Borschberg, exclusivement alimenté par l'énergie solaire, capable de voler même de nuit et d'assurer un tour du monde complet. Le 9 mars 2015, *Solar Impulse 2* décollait d'Abou Dhabi, entre autres grâce à des matériaux spéciaux sortis de l'usine de Spinetta. En 2014, Solvay a été l'entreprise qui, en Italie, a déposé le plus grand nombre de brevets : soixante-dix.

Non seulement les produits, mais aussi les usines chimiques évoluent. Sur ce point, nous sommes obligés de croire les responsables sur parole, car nous n'avons pas eu le temps de visiter les lieux. Mais le thème est très présent chez les managers qui, tous les deux ans, s'impliquent dans le projet *Usines ouvertes*, l'occasion pour les familles des salariés et toute personne intéressée de visiter l'usine. En septembre 2015, il y avait eu 2 200 visiteurs. Bessone nous explique que l'effet produit sur les visiteurs est ambigu : « *Il y a une forme de barrière psychologique à l'égard de la chimie, supérieure à celle d'autres activités industrielles. Nous devons combattre les préjugés, en montrant notamment que chez nous "l'aliénation au travail" est bien moindre que celle d'une chaîne de montage et qu'au contraire, l'opérateur évolue dans un univers où le niveau de formation est élevé (110 diplômés des écoles et universités, et 450 diplômés de l'enseignement technique), avec un personnel jeune, entièrement tourné vers l'innovation. En outre, le travail dans la chimie est plus créatif.* » Le terme « créatif » nous ayant quelque peu surpris, nous lui demandons d'approfondir : « *Au niveau supérieur, pour les jeunes diplômés qui font de la recherche, la créativité est infinie et tout le monde a la possibilité d'apporter de la valeur ajoutée au produit. Au niveau intermédiaire, même si les procédures sont codifiées, les opérateurs disposent d'une réelle autonomie. Ils sont incités à avoir une claire conscience de leur rôle dans le processus et à développer leur capacité à comprendre si, dans la section qui leur a été attribuée, tout se passe comme*

prévu. Même le mouvement est plus "libre" parce qu'il n'y a pas de ligne, donc chacun peut apporter une contribution personnelle. » C'est sur ces traits caractéristiques que s'appuie le programme *Manufacturing Excellence* que Solvay a mis en place. L'entreprise a pour objectif d'agir sur les comportements et d'augmenter l'autonomie des opérateurs : « *Il y a eu les objections habituelles, comme quoi nous cassions les lignes hiérarchiques, mais nous obtenons des résultats tangibles sur l'amélioration technique et sur l'engagement des personnes.* »

“ Il y a une forme de barrière psychologique à l'égard de la chimie. Nous devons combattre les préjugés. ”

La figure de référence au sein de l'établissement de Spinetta est l'ingénieur chimiste ou le docteur en chimie, de préférence récemment diplômé : « *Nous travaillons sur des technologies propriétaires, en conséquence l'absence d'expérience préalable n'est pas une barrière à l'entrée. Ce que nous recherchons, ce sont avant tout des jeunes talents formés à l'université, surtout italienne, auxquels nous offrons un parcours de formation et de développement professionnel, y compris à l'international.* » Chez les chercheurs, il y a une fraîcheur et une curiosité à saisir dans les premières années, qui tendent ensuite à s'éteindre avec le temps ; tandis que les compétences augmentent, l'intuition faiblit. « *Pour recruter les jeunes diplômés, nous avons initié des collaborations avec les principaux instituts techniques du territoire et*

mis en place des parcours en alternance. Depuis 2007, nous avons reçu plus de 500 étudiants et embauché 120 jeunes diplômés sur la base d'un contrat de professionnalisation qui a abouti dans 95% des cas à une embauche en CDI.»

Nous demandons à Bessone ce qu'il pense du nouveau paradigme de la *smart factory*, s'il le trouve approprié pour faire face au rattrapage de compétitivité que doit opérer le pays. La réponse tombe, tranchante : *«Dans les conditions actuelles, il ne paraît pas simple de le mettre en œuvre en Italie. C'est un modèle qui nécessite de mobiliser une vision stratégique pour le pays et par le pays tout entier : croire fermement en l'industrie, avoir une politique de long terme, disposer d'infrastructures et d'une énergie à bas coût. Enfin, il faut construire une forte densité de relations entre toutes les parties prenantes des territoires où l'on opère. Chez Solvay, nous nous sommes donné une ligne de conduite appelée Solvay Way. C'est notre politique de responsabilité sociale et nous la traduisons quotidiennement en comportements et en actions.»*

L'usine sous vide

La légèreté des politiques industrielles italiennes, surtout si on les compare à la ténacité et aux programmes parfois ambitieux

dont font preuve d'autres économies européennes pour soutenir leur industrie, est au centre de la discussion que nous avons avec Pietro Paella, directeur général de **STM**Microelectronics pour l'Italie, un acteur mondial italo-français (ou franco-italien) du secteur électronique. Sur le site d'Agrate, proche de Monza (Lombardie), il est possible de vivre l'expérience de la salle blanche, ces espaces en milieu stérile où l'on produit les galettes de silicium, sans lesquelles la révolution de la *data* n'aurait pas lieu. Les salles blanches se succèdent, chacune avec une luminosité différente, plus blanche, plus jaune, plus rose, dans lesquelles s'agitent des hommes et des femmes portant des combinaisons intégrales. Personne ne semble manipuler quoi que ce soit mais seulement taper sur des claviers pour contrôler des processus physiques et chimiques. Difficile d'imaginer quand on observe les salles blanches d'aujourd'hui qu'il fut un temps où, même dans ce secteur, les processus étaient moins technologiques et moins automatisés. Paella nous confirme qu'autrefois, un opérateur simplement doté du brevet des collègues et correctement formé était tout à fait capable d'évaluer l'oxygène déposé sur une galette de silicium, en se rapportant à un code des couleurs CPK¹⁴. Aujourd'hui, cette évaluation est faite par une machine et l'opérateur n'a aucun besoin de comprendre ce qui se passe, *«mais s'il le sait, c'est mieux !»*. En conséquence, les opérateurs

14. En chimie, le code de couleurs CPK est un ensemble de couleurs permettant la distinction des atomes de différents éléments chimiques dans les modèles moléculaires.

ont changé de profil : moins compétents sur la technique, mais avec une meilleure maîtrise du processus. *« Indubitablement, l'usine à venir sera moins intensive en travail. Le coût du produit, chez nous comme ailleurs, sera toujours moins dépendant du coût du travail. C'est ce qui justifie qu'on puisse rapatrier des activités en Italie, grâce à la qualité et à l'innovation qu'on peut atteindre. Si l'on raisonne à "gâteau constant", c'est sûr qu'on ne s'y retrouvera pas en termes d'emploi, mais si on s'attache à faire grossir le gâteau, et à développer l'industrie comme moteur de la croissance du pays, alors on peut changer la donne. »*

« Indubitablement, l'usine à venir sera moins intensive en travail. C'est ce qui justifie qu'on puisse rapatrier des activités en Italie. »

L'électronique est partout, dans les produits, les technologies, les services et les modes de production. Il n'existe pas un secteur dont la transformation ne soit pas accélérée par l'électronique. Palella nous rappelle que l'électronique agit comme un coefficient multiplicateur de 1 à 5 pour un marché donné. Si l'on pense à l'automobile, le secteur tel que nous le connaissons n'existerait tout simplement pas sans l'électronique. Ni les smartphones.

Palella n'est pas du genre à croire au miracle d'un marché qui s'autorégulerait ; il faut des politiques publiques pour cela. Selon lui, il

manque en Italie une ligne directrice nationale pour s'inventer un nouveau destin. Les initiatives entrepreneuriales qui dessinent l'avenir reposent sur des facteurs individuels, et non sur un modèle systémique. L'exact opposé de l'Allemagne qui en a fait un exercice stratégique, avec une feuille de route précise : *« Non que ce soit forcément le modèle à suivre, mais enfin, nous, pendant très longtemps, nous ne nous sommes même pas posé la question de chercher un modèle. Aujourd'hui, le problème est enfin sur la table, mais nous n'avons pas encore identifié les solutions ni les mécanismes pour capitaliser concrètement sur les résultats de la recherche, ni pour créer les organismes qui feront le trait d'union entre recherche et industrie. »*

Tout aussi importants sont les sujets des collaborations et synergies entre grands groupes et PME ou la promotion de l'innovation ouverte. *« Quand les entreprises collaborent entre elles, l'information passe des unes aux autres et cela favorise une dynamique d'innovation. »* Mais en Italie, les mécanismes de rapprochement ne semblent pas encore avoir produit de résultats visibles, tandis que la grande industrie se délite, laissant des places vacantes qui ne sont pas récupérées par les moyennes entreprises en termes de leadership industriel.

« Les initiatives entrepreneuriales qui dessinent l'avenir reposent sur des facteurs individuels, et non sur un modèle systémique. »

Grand potentiel du tissu entrepreneurial mais travaillant en ordre dispersé et « *aptitude à la créativité mais reposant uniquement sur le ressort individuel* » sont les caractéristiques d'un pays qui ne parvient pas à se solidifier. Manque le point de rencontre qui parviendrait à rassembler et unifier les énergies.

Au-delà de l'usine

Une règle non écrite dit qu'il est plus facile pour une entreprise numérique de devenir un distributeur que pour une entreprise physique de distribution de se numériser en profondeur.

Apple, par exemple, est devenu un distributeur de produits numériques : il est parti de ses logiciels et produits, puis il a bâti des sites de contenu, des magasins *brick and mortar*, une logistique et une stratégie de relation client. Pour tous les distributeurs, depuis l'électronique grand public jusqu'aux vendeurs de chaussures, le *benchmark* en matière de gestion logistique est Amazon. Enfin, Google a imaginé la voiture sans conducteur, en la bâtissant *in-house*, sans chercher initialement à s'associer à des constructeurs automobiles. Les entreprises du numérique s'intéressent de plus en plus

aux biens matériels « *parce que dans Internet des Objets, il y a le mot objet* ».

C'est Fiamma Ferrero qui l'affirme. Après dix ans passés dans des multinationales, cette experte en innovation numérique a cofondé Inwibe, une société de conseil qui crée des liens entre les start-up et les grandes entreprises de façon à enclencher de nouvelles formes de collaboration et d'innovation. Si les services numériques tendent à « manger » les biens¹⁵, c'est parce que ceux qui vendent ces services [numériques] ont développé des compétences et des processus dans lesquels il est plus facile d'intégrer des biens que l'inverse. Autrement dit, si l'on dispose des bonnes compétences, on n'a plus qu'à chercher le bon produit ; en revanche, si l'on a un bon produit, mais qu'on ne sait pas comment le valoriser, construire un modèle d'affaires sera plus laborieux. Tesla est un bon exemple pour comprendre ce renversement de modèle : l'entreprise ne construit ses voitures qu'après les avoir vendues, la plupart du temps en ligne ; le *design thinking* met au centre les exigences de l'utilisateur et construit la voiture autour de celles-ci ; l'*open innovation* est la règle, c'est-à-dire un système où en échange de la transparence des données, on obtient l'accès à une communauté qui appuie l'innovation, dans une logique de cycle court et d'échange dynamique entre secteurs d'activité.

15. Selon le titre de l'éditorial de Marc Andreessen, fondateur de Netscape, dans le *Wall Street Journal*, en 2011 « *Software's eating the world* ».

“ Ceux qui vendent des services numériques ont développé des compétences et des processus dans lesquels il est plus facile d'intégrer des biens physiques que l'inverse. ”

« À l'ère numérique, la valeur ajoutée ne réside pas forcément dans le fait de détenir une compétence en propre ou de l'inventer, mais de savoir la trouver, au bon endroit et au bon moment. C'est une disposition d'esprit différente : une culture de l'accès et de la fonctionnalité, au lieu de la possession. »

Dans le secteur automobile, les constructeurs externalisent déjà une grande partie de la production à des équipementiers et conservent l'assemblage ; dans le futur, ils pourraient aussi y renoncer et se transformer en centres de conception, de design, de marketing et de service client. Dans quels secteurs cette mutation semble-t-elle la plus probable ? *« Il y a des secteurs dans lesquels cette vision se matérialise plus rapidement que dans d'autres, parce qu'il y va de leur survie ou parce qu'il existe des aptitudes naturelles au changement. »*

“ À l'ère numérique, la valeur ajoutée ne réside pas forcément dans le fait de détenir une compétence en propre mais dans le fait de savoir la trouver. ”

Cet état d'esprit numérique ne se confond cependant pas avec les TIC ou l'IoT. Les TIC transforment les processus, réduisent les gaspillages, permettent d'optimiser ; l'IoT crée des connexions entre des systèmes divers : *« Les TIC permettent de tracer une ligne droite, là où il y avait auparavant un chemin sinueux, l'IoT est un réseau de neurones. »* Et d'ailleurs, comme on le constate chez les enfants et les personnes âgées qui apprennent souvent très vite à utiliser un smartphone ou une tablette, il n'est pas forcément nécessaire d'avoir franchi le premier palier pour atteindre le second.

Qui sont ceux qui travailleront aisément dans cet univers ? Selon les études les plus récentes, les compétences les plus recherchées sont l'aptitude à l'innovation, le goût de la relation client, la capacité à résister au stress et à travailler en équipe, sachant qu'en Occident les compétences comportementales sont très présentes alors que dans les pays émergents dominent les compétences techniques. D'ailleurs, pour innover, beaucoup d'entreprises n'embauchent plus forcément, elles s'adressent directement à de nouveaux entrepreneurs : il en résulte une augmentation du travail indépendant et de la sous-traitance. Ce recours à l'externe n'est pas particulièrement lié au coût, mais surtout au nouveau modèle d'innovation.

Quels sont les choix que devrait opérer une politique publique qui voudrait prendre des initiatives pour répondre à ces tendances ?

«Elle doit principalement mettre à la disposition des entreprises des ressources structurelles : la formation initiale et continue, l'aménagement du territoire, les infrastructures matérielles et immatérielles pour la mobilité et la communication, y compris permettre l'accès au haut débit partout. Donner des aides aux entreprises n'est pas une fin en soi. Si tu réduis ma pression fiscale, mais que tu ne me donnes pas les infrastructures dont j'ai besoin pour me développer, il vaut mieux continuer à payer des impôts. Alternativement, il vaut mieux baisser les impôts qu'attribuer des aides directes : si mon entreprise crée de la valeur, j'aurai les ressources pour investir ou je réussirai à les trouver.»

“ Une politique publique doit principalement mettre à la disposition des entreprises des ressources structurelles. Donner des aides aux entreprises n'est pas une fin en soi. ”