



L'industrie 5.0 et la dynamique des chaînes de valeur mondiales

Efficacité, durabilité, résilience : les chaînes de valeur mondiales peuvent-elles concilier ces trois exigences à l'heure de l'industrie 5.0 ? Antonella Zucchella (Université de Pavie) en pose le cadre théorique, tandis que Sergio Dulio (UITIC) l'illustre à travers le cas de la marque de chaussures VivoBarefoot, qui a entièrement restructuré sa production.

L'analyse d'Antonella Zucchella : vers des chaînes de valeur intelligentes, durables et résilientes

Qu'entend-on par « industrie 5.0 » ?

AZ : Il s'agit d'un concept et d'une terminologie développés par l'Union européenne. L'industrie 5.0 est durable et résiliente, en plus d'être centrée sur l'humain : ce sont les trois mots-clés. L'idée est d'accélérer la transformation de l'industrie vers de nouveaux paradigmes technologiques, et au-delà. La technologie et l'innovation, qui caractérisaient déjà l'industrie 4.0, restent présentes pour augmenter la productivité et la compétitivité industrielle, avec l'intelligence artificielle, la robotique, l'Internet des objets ou l'impression 3D. Mais une attention particulière est désormais portée aux travailleurs, à travers la promotion des talents, de la diversité, de l'autonomie dans la gestion des tâches et la lutte contre la pénibilité, afin que femmes et hommes puissent travailler en harmonie avec la technologie. S'y ajoutent la durabilité, moteur clé du changement, et la résilience, sujet devenu central du fait des chocs répétés auxquels l'industrie a dû faire face.

Quels sont les objectifs de l'industrie 5.0 ?

AZ : L'industrie 5.0 doit apporter des solutions pour les êtres humains et pour notre planète. L'un des objectifs concerne le bien-être des travailleurs de manière générale,

afin d'attirer les meilleurs talents dans l'industrie, ce qui devient un problème : cela passe par la formation, l'évolution des compétences, la sécurité et l'adaptation des conditions de travail. Un autre grand objectif est de réduire la consommation de ressources grâce à des process circulaires, et de minimiser l'impact environnemental. Il s'agit également de gagner en compétitivité, car l'industrie 5.0 devrait favoriser les exportations européennes sur les marchés mondiaux, ce qui explique la participation de l'UE au financement de cette transition. Les programmes de recherche visent par exemple à évaluer le futur impact des nouvelles technologies sur l'emploi, les modèles économiques et le bien-être au travail, ou à démontrer comment employés et machines peuvent fonctionner en harmonie pour augmenter productivité, qualité, performances, satisfaction et sécurité. Ils cherchent aussi à montrer comment les systèmes cyber-physiques, la gestion du cycle de vie des produits, la réalité augmentée et l'intelligence artificielle peuvent transformer la fabrication circulaire. En plaçant le bien-être des travailleurs au centre du processus de production tout en respectant les limites de la planète, l'industrie 5.0 reconnaît ainsi la capacité de l'industrie à devenir un fournisseur résilient de prospérité, au-delà des seuls objectifs d'emploi et de croissance.

Qu'en est-il des chaînes de valeur mondiales dans ce contexte ?

AZ : L'objectif est de concourir à des chaînes de valeur mondiales intelligentes, résilientes et durables, grâce à l'intégration de la technologie. Ces chaînes sont en effet confrontées à des perturbations continues et radicales, qu'elles proviennent de la technologie, de la durabilité, de crises économiques, de conflits ou de pandémies. Or, selon une étude menée en 2022 par le cabinet AT Kearney, seules 12 % des entreprises industrielles y sont préparées.

En quoi consistent ces chaînes de valeur mondiales ?

AZ : Les chaînes de valeur mondiales sont l'un des principaux paramètres d'un monde globalisé. Elles ont pris de l'importance à partir du début des années 1980 avec la mondialisation, lorsque les entreprises industrielles ont commencé à délocaliser et à externaliser de plus en plus leur production dans différents pays, dans le but de gagner en compétitivité, plus grande efficacité et coûts réduits. Une chaîne de valeur mondiale divise ainsi le processus de production entre les pays, les entreprises se spécialisant dans une tâche spécifique sans produire l'intégralité du produit. À l'exemple de Dell dans les semi-conducteurs, l'informatique et l'électronique, les entreprises s'appuient, pour différents matériaux, composants et services, sur des réseaux complexes de fournisseurs à plusieurs niveaux et interconnectés. Mais la chaîne de valeur ne se limite pas aux activités en amont : elle intègre aussi celles situées en aval, impliquant les partenaires commerciaux qui assurent la livraison des produits finaux aux consommateurs, depuis les matières premières jusqu'aux différents canaux de distribution.

Les configurations des chaînes de valeur mondiales déterminent la compétitivité internationale des produits. Dans chaque produit ou service exporté par les Etats-Unis, une part de la valeur incorporée provient du pays et une part est importée, en composants, matériaux ou services. C'est précisément parce qu'elles peuvent se fournir

à l'étranger, et que leur production n'est pas entièrement « Made in US », que les entreprises américaines restent compétitives à l'exportation. Il en va de même pour les produits européens exportés : les chaînes de valeur mondiales constituent un facteur majeur de la compétitivité.

Quels sont les changements auxquels il faut s'attendre concernant les chaînes de valeur mondiales ?

AZ : Au cours des cinq ou six dernières années, nous avons constaté que la mondialisation avait tendance à ralentir, voire à se désintégrer. L'hebdomadaire *The Economist* a parlé de « slowbalisation », sur fond de montée du protectionnisme. Cette tendance a déjà un impact sur les chaînes de valeur mondiales, tout comme l'émergence de nouvelles technologies et les nouveaux agendas imposés par la durabilité.

On peut distinguer trois périodes dans l'histoire de ces chaînes. La première, dans les années 1990, est celle de l'efficacité : les entreprises délocalisaient et externalisaient la production pour réduire les coûts. À la fin des années 1990, la durabilité a amené à repenser ces chaînes, à sélectionner les fournisseurs avec une plus grande attention et à mesurer les conséquences d'une chaîne de valeur non durable sur la réputation de l'entreprise. Au cours des dernières années, une répétition de chocs a fait émerger l'impératif de résilience. Les chaînes de valeur doivent donc être efficaces, durables, mais aussi résilientes, ce qui rejoint précisément les objectifs de l'industrie 5.0. Une étude de McKinsey révèle ainsi que, pour 70 % des managers de supply chains, l'accent est désormais moins mis sur le fournisseur le moins cher que sur des processus résilients et flexibles.

Dans ce contexte, comment les chaînes de valeur mondiales vont-elles évoluer ?

AZ : Il est trop tôt pour le dire. La démondialisation, la technologie et la durabilité vont-elles, chacune de leur côté, contribuer à étendre ou au contraire à réduire les chaînes de valeur mondiales ? Et quel sera l'impact de la combinaison de ces trois facteurs ? Les entreprises vont-elles plus externaliser ou plus internaliser, diversifier leurs fournisseurs ou en substituer certains, relocaliser leur production ou la rapprocher, la déplacer vers des pays amis, ou encore davantage la digitaliser ? Telles sont les principales questions posées aujourd'hui.

Une récente enquête auprès des PME de la région Lombardie, la plus industrielle d'Italie, montre que la majorité de ces entreprises comptent diversifier leurs fournisseurs pour être plus résilientes ou plus durables, et que certaines vont augmenter leurs stocks de matières premières et de composants. Seules 11 % d'entre elles envisagent en revanche d'introduire des technologies digitales dans leur chaîne de valeur, ces PME faisant face à des obstacles pour investir dans la technologie ; un tout petit pourcentage seulement dit vouloir « ramener à la maison » ou rapprocher sa production. Nous ne savons donc pas encore quelles configurations vont prendre les chaînes de valeur mondiales entre intelligence, résilience et durabilité. En revanche, nous savons que ces trois objectifs de l'industrie 5.0 doivent stimuler la compétitivité internationale et la croissance des exportations de l'industrie européenne.

Le cas d'étude de Sergio Dulio : VivoBarefoot, quand l'innovation produit restructure toute la chaîne de valeur

Quelles sont les principales caractéristiques de l'industrie mondiale de la chaussure ?

SD : La fabrication de chaussures est une activité mondiale, répartie sur tous les continents, même si environ 84 % des chaussures commercialisées dans le monde sont produites en Asie. En 2023, pour la première fois depuis de nombreuses années, la production mondiale a reculé de 6 %, pour s'établir à 22,4 milliards de paires par rapport à 2022. L'Asie reste aussi la région où l'on consomme le plus de chaussures, mais la répartition géographique de la consommation est plus équilibrée que celle de la production : la consommation moyenne par personne en Amérique du Nord est par exemple de 4,6 paires. La fabrication de chaussures est une activité à revenus élevés, dont la contribution au PIB des pays producteurs est importante. Il s'agit d'un commerce distribué, où les chaussures sont produites dans un endroit, transformées dans un autre et consommées dans un autre encore, les chaînes de valeur mondiales étant la conséquence directe de ce processus complexe et fragmenté.

Des signes indiquent aujourd'hui que quelque chose est en train de changer : les exportations mondiales de chaussures ont diminué de 9,1 % en 2023, et entre 2014 et 2023, la part de l'Asie, principalement la Chine, dans les exportations mondiales a légèrement reculé, de 85,8 % à 84,6 %, tandis que celle de l'Europe a un peu progressé, de 11,7 % à 12,6 %. Ce modeste changement indiquerait que le modèle global de production, d'exportation et de consommation de chaussures se modifie et se redéploie dans le monde.

Comment la fabrication de chaussures évolue-t-elle ?

SD : L'âge industriel de la production de chaussures date de plus d'un siècle. Mais au cours des 150 dernières années, cette production a été profondément transformée par la technologie, en adoptant progressivement les paradigmes de l'industrie 1.0 à l'industrie 4.0. L'industrie 5.0 se concrétise désormais, et les entreprises sont prêtes à en adopter les caractéristiques distinctives : durabilité, centrage sur l'humain, résilience. Toutes les révolutions industrielles ont été activées et pilotées par la technologie, comme ce fut le cas avec l'industrie 4.0 et son portefeuille de technologies (robotique, automatisation, big data, Internet des objets). L'industrie 5.0 est elle aussi pilotée par la technologie, mais elle va plus loin, avec de nouveaux mots-clés comme la collaboration, l'intelligence, et pas seulement artificielle, ou les interfaces homme-machine. Les humains, avec leurs compétences, sont désormais au centre de cette cinquième révolution industrielle, tandis que la durabilité impose une approche différente dans la fabrication des produits. Cette industrie sera centrée sur la coopération entre l'homme et la machine, avec des employés formés pour effectuer des tâches à valeur ajoutée aux

côtés de robots collaboratifs, tout en ouvrant la voie à la personnalisation de masse pour les clients.

Dans ce contexte, comment l'entreprise VivoBarefoot se positionne-t-elle ?

SD : VivoBarefoot est une organisation familiale indépendante, dont le siège est situé au Royaume-Uni. L'entreprise est certifiée B-corp, un label exigeant et de renommée internationale qui reconnaît les bonnes pratiques des entreprises en matière d'impact social, sociétal et environnemental. Son objectif est de transformer son business model en étant plus avancée sur le plan technologique, plus connectée aux personnes et plus durable, en phase avec l'industrie 5.0, afin de répondre aux standards industriels les plus élevés pour les humains et pour la planète, et de contribuer à reconnecter les gens au monde naturel, en commençant par les pieds.

L'entreprise a enregistré en 2022-2023 une croissance de 37 %, avec plus d'un million de paires de chaussures produites, et s'appuie sur une communauté de plus de deux millions de personnes. VivoBarefoot a notamment produit 45 000 paires baptisées « Revivo », avec un business model qui consiste à réparer les chaussures puis à les remettre sur le marché, une véritable innovation en matière de durabilité dans un secteur célèbre pour l'exploitation, l'extraction et le court terme. L'entreprise compte aussi 62 000 abonnés à une communauté baptisée « VivoHealth », qui considère les chaussures comme un moyen d'améliorer le bien-être. Elle a récemment lancé un programme pionnier appelé « VivoBioMe », fondé sur le concept « scan-to-print », qui illustre parfaitement la manière dont une innovation produit amène à modifier le process de fabrication et, finalement, à bouleverser complètement la chaîne de valeur.

En quoi consiste plus précisément ce concept « VivoBioMe » ?

SD : Le concept est simple et clair : il s'agit de revisiter la personnalisation à l'aide des technologies digitales. Il y a 10 000 ans, les humains fabriquaient des chaussures sur mesure, personne par personne, pied par pied, à partir de matériaux locaux, parce qu'il n'y avait pas d'autre choix. Dix mille ans plus tard, VivoBarefoot utilise les technologies digitales pour faire la même chose, des chaussures sur mesure produites avec des matériaux locaux, parce que nous n'avons pas le choix si nous voulons que l'activité soit durable.

D'un côté, la délocalisation de la production entraîne des problèmes : elle est lente, analogique, complexe, générique, non associée à des consommateurs individuels spécifiques, et repose sur une fabrication « soustractive », donc de plus en plus inefficace. À l'inverse, le modèle de VivoBarefoot consiste à opter pour une solution locale, rapide, numérique, simple, qui permet de personnaliser le produit et de rester adaptatif ; l'opération se veut ainsi efficace et de plus en plus durable. Les technologies digitales sont utilisées tout au long du processus de conception et de fabrication : celui-ci commence par l'analyse individuelle de chaque pied via un système de scan, puis la conception et la fabrication sont menées entièrement dans le monde digital, par impression 3D, « tricotage » des différentes parties de la chaussure et assemblage robotisé, en n'utilisant que la matière nécessaire, sans aucun gaspillage. À la fin de la vie

du produit, il est également possible de désassembler la chaussure et de recycler ses composants. Le produit est donc fabriqué localement, durable et recyclable, grâce à un processus radical et circulaire qui réinvente la façon dont les chaussures sont conçues et fabriquées, ce qui entraîne une révision complète de la chaîne de valeur de l'entreprise.

Quels sont, selon vous, les principaux points à retenir de cette étude de cas ?

SD : Tout part d'une vision, d'une mission et d'un modèle économique fait sur commande, parce que c'est plus efficace. L'être humain est au centre, avec un produit fait sur mesure, conçu pour un pied individuel. L'innovation de produit stimule l'innovation de processus, et les technologies numériques y sont essentielles. La durabilité n'est pas une option mais un incontournable, le produit étant fait pour être refait, ses composants pouvant être séparés et recyclés autant de fois que possible. La transformation de la chaîne de valeur en est inévitablement bouleversée, avec une fabrication désormais localisée marché par marché. L'entreprise devient finalement plus résiliente, parce qu'elle garde un contrôle total sur les différents éléments de sa chaîne de valeur, en réunissant au même endroit la conception, la production et la distribution des produits. En intégrant tous les éléments de l'industrie 5.0, VivoBarefoot montre ce que pourrait être l'évolution future de la fabrication de chaussures.