

L'avenir mène-t-il à nouveau à la nature ?

Internet et l'analyse des données sont les technologies directrices de l'industrie 4.0. Des recherches sur la technologie du futur s'inspirent pourtant déjà de systèmes biologiques comme l'être humain – son intelligence, ses facultés cognitives, voire ses forces autoréparatrices. *Konrad Wegener*

Abrégé De la machine à vapeur à l'ordinateur en passant par l'électricité, les révolutions industrielles sont marquées par des technologies directrices. Dans le cas de l'industrie 4.0, cette technologie est Internet. Mais quelle technologie déterminera l'avenir ? Les prévisions sont difficiles. La recherche s'inspire toujours plus des systèmes biologiques, notamment humains. L'homme est capable d'apprendre et peut acquérir de nouvelles connaissances en structurant le savoir. Cette « transformation biologique » pourrait devenir lucrative pour les entreprises. Pour produire durablement, il s'agira désormais surtout de boucler les cycles de vie des matériaux face à des ressources limitées.

Q u'est-ce qui succédera à l'industrie 4.0 ? La réponse qui tombe sous le sens est évidemment « l'industrie 5.0 ». Mais de quoi sera-t-elle faite ? La numérisation continue marque les révolutions industrielles successives, qui constituent des bouleversements essentiels induits par la technologie. Ces « ruptures » ont toutefois l'inconvénient d'être difficilement prévisibles.

Les révolutions industrielles sont toutes caractérisées par une technologie directrice : la machine à vapeur pour la première, le moteur électrique et le travail à la chaîne pour la deuxième, l'ordinateur et les robots pour la troisième. La quatrième révolution industrielle est quant à elle marquée par Internet. L'industrie 4.0 est par conséquent l'application rigoureuse de cette technologie à la production industrielle. Elle se distingue par la disponibilité illimitée de données issues de toutes les sources interconnectées possibles.

Pas de rupture soudaine

Les technologies directrices ne surgissent toutefois pas inopinément, elles ont une préhistoire. Les ruptures semblent être des bouleversements soudains uniquement si l'on a été momentanément inattentif. Ainsi, certaines entreprises

industrielles proposaient des diagnostics et de la maintenance à distance dès le début des années 1990. Elles utilisaient donc déjà Internet comme partie intégrante de leur modèle d'affaires. Cela dit, 30 ans plus tard, nous sommes toujours très loin d'une mise en œuvre rigoureuse de cette technologie directrice. Il ne faut pas non plus oublier que même la mise en œuvre de l'industrie 3.0 – c'est-à-dire l'automatisation programmable de la production – n'a pas encore eu lieu partout de façon rigoureuse.

La technologie directrice de l'industrie 5.0 peut aujourd'hui uniquement faire l'objet de spéculations. Le « cycle du hype » de la société américaine d'études de marché Gartner met cependant en lumière les technologies actuellement en lice. Difficile toutefois de dire si elles ont le potentiel pour devenir la ligne directrice de l'industrie 5.0 ou si elles se contentent de naviguer dans le sillage de l'industrie 4.0.

L'analyse des données est actuellement très en vogue. Elle dégage des informations exploitables de séries de données et est ainsi une conséquence immédiate de l'industrie 4.0. Elle recourt à cet effet à des amorces d'intelligence artificielle pour établir des liens entre les grandeurs paramétriques et les résultats, et effectuer des prédictions. Cette technologie est notamment déjà utilisée pour prédire les pannes de machines, optimiser les processus de production et piloter les véhicules autonomes. Mais cela ne s'arrêtera pas là. La question se pose de savoir si les capacités de systèmes biologiques comme celui de l'être humain ne pourraient pas être transposées plus généralement au monde technique.

Le modèle de la nature

La transformation biologique constitue un passionnant domaine technologique d'avenir.

En font partie la bio-inspiration (qui transpose les fonctions de la biologie à la technique), la bio-intégration (qui combine des fonctions biologiques et techniques, par exemple pour produire des cellules souches) et la bio-intelligence (qui fusionne intégralement l'appareil sensoriel et l'intelligence artificielle, créant ainsi des systèmes capables de générer eux-mêmes un nouveau savoir). Les systèmes de conduite assistée des voitures recourent aujourd'hui déjà à ces technologies, par exemple pour faciliter le parcage, mais ils continueront également à se développer. Car l'utilisation de tels systèmes dans des installations de production peut aboutir à augmenter l'autonomie, produire sans la moindre erreur ou encore réduire les périodes d'accélération et de repos des machines. Elle semble ainsi très lucrative, une condition importante pour investir dans une nouvelle technologie.

Deux robots (à droite) au musée Miraiikan de Tokyo. Le développement de machines humanoïdes pose également des questions éthiques.

L'un des avantages d'un système biologique de ce type par rapport aux technologies actuelles réside dans l'analyse sensorielle, qui fournit une représentation exacte de l'entourage et de la situation personnelle. Les systèmes biologiques sont en outre capables de tirer des conclusions, d'élaborer des stratégies, d'apprendre et de mettre en évidence des corrélations. L'autodiagnostic et l'autoguérison (ou autoréparation) sont d'autres notions intéressantes issues de la biosphère.

Il en résultera en fin de compte des machines cognitives capables d'apprendre, mais aussi d'acquérir de nouvelles connaissances en structurant le savoir existant sous forme d'ontologie. Il s'agira d'apprendre à fréquenter des machines toujours plus humanoïdes, tandis que les questions éthiques joueront un rôle important. Il sera en outre nécessaire de rediscuter les systèmes de sécurité pour protéger les humains des



machines humanoïdes et également de relever le niveau de la communication entre l'homme et la machine.

Toutefois, il ne faut pas oublier que les nouvelles tendances technologiques participeront à cette évolution. Elles représenteront parfois des défis inédits, mais faciliteront également de nouveaux développements.

Une consommation limitée des ressources

En outre, la raréfaction des ressources marquera à l'avenir sensiblement l'évolution technologique. Il sera nécessaire de tirer davantage profit des appareils usagés et d'élaborer une économie circulaire complète des matériaux. Autrement dit, de faire plus avec moins, un domaine où la miniaturisation des fonctions techniques et la virtualisation jouent un rôle déterminant. Pour boucler les cycles de vie des matériaux, il faudra donner davantage d'importance au recyclage : les systèmes devront non seulement récupérer de l'énergie et de la matière brute, mais également réutiliser des éléments fonctionnels entiers.

Un autre élément se révélera déterminant dans la future évolution technologique : la conception du traitement des données. Que se passera-t-il le jour où la technologie à base de silicium, sur laquelle se fondent les installations actuelles de traitement des données, aura atteint ses limites ? Laquelle, de la technologie quantique, de l'ordinateur à ADN ou d'une tout autre technologie fera entrer le traitement des données dans une nouvelle ère ? La réponse n'est pas encore connue. Il ne nous reste pour l'heure que le constat du physicien danois et prix Nobel Niels Bohr : « La prédiction est un art difficile, surtout lorsqu'elle concerne l'avenir. »



Konrad Wegener

Professeur de technique de la production et directeur de l'Institut des machines-outils et de la fabrication, département Construction de machines et ingénierie des processus, École polytechnique fédérale de Zurich (EPFZ)