

Chaire **Phénix**  
Grandes entreprises d'avenir 

# Des jumeaux virtuels pour une économie générative

par

**Bruno Demange**

Directeur de la Stratégie, Dassault Systèmes

Dassault Systèmes, l'une des grandes réussites françaises du numérique, a d'abord développé son expertise dans la modélisation de produits pour l'aéronautique et l'automobile, avant d'étendre ses technologies aux systèmes complexes, aux organisations, puis au vivant. Grâce aux jumeaux virtuels et à une approche industrielle de l'emploi des technologies d'intelligence artificielle, l'entreprise propose aujourd'hui une approche nouvelle de représentation du monde, permettant de traiter des problématiques jusque-là difficiles à appréhender. Cette séance nous a permis d'explorer la manière dont ces technologies permettront aux organisations de se métamorphoser et d'ouvrir la voie à une économie (re)générative.

Compte rendu du débat du 14 septembre 2026, rédigé par Yann Verdo,  
en partenariat avec l'École de Paris du management.

Ce cas illustre les indices de [la grille de lecture des transformations des grandes entreprises](#)  
**n° 3 – S'approprier les potentialités de l'intelligence artificielle (connaissance augmentée),**  
**n° 8 – S'organiser pour se centrer sur l'exploitation des données (data centric),**  
et **n° 14 – Développer et assumer un nouveau rapport à la tech.**

Avant de partager avec vous un certain nombre de mes convictions au sujet du rôle central de la simulation et des jumeaux virtuels dans une économie générative, permettez-moi de vous présenter une image : celle d'une simple pièce mécanique en métal – en l'occurrence une pièce d'avion. Ce que cette image ne montre pas, c'est la somme des savoirs et des savoir-faire en ingénierie qui ont rendu cette pièce possible, les milliers d'heures de calcul et de simulation, les tests successifs, les certifications arrachées de haute lutte, mais aussi les métiers et les expertises des hommes et des femmes qui y ont contribué, l'écosystème de fournisseurs entourant le constructeur – en bref, ce qui fait le cœur battant de la valeur ajoutée de l'entreprise ayant conçu, fabriqué et commercialisé cette pièce. Elle porte par conséquent en elle tout un univers invisible, qui ne se réduit pas aux textes et aux images que l'on pourrait trouver relativement à elle sur Internet. Pourquoi vous dis-je cela ? Pour vous faire sentir qu'une intelligence artificielle (IA), qui n'a été entraînée que sur la base de ces textes et de ces images, ne peut, si on l'interroge sur ladite pièce, que passer à côté de l'essentiel.

On ne saurait appréhender cet univers invisible dans toute sa complexité que si l'on est capable de le représenter et de le modéliser. Représenter et modéliser un univers industriel est la condition *sine qua non* pour pouvoir ensuite, au besoin, le remodeler, l'adapter aux évolutions de la société. Nous entendons souvent parler de désindustrialisation. C'est un sujet qui a en moi une résonance toute personnelle puisque, natif du Nord-Est de la France à l'orée des années 1980, j'ai vu mon père être victime de ces fermetures et délocalisations d'usines vers les "pays à bas coûts", comme on disait alors. C'est ce qui explique que la réinvention de l'industrie soit un thème qui me tienne tant à cœur.

### Modéliser pour remodeler : le credo de Dassault Systèmes

Représenter et modéliser des univers industriels au moyen de jumeaux virtuels est le cœur de métier de mon entreprise, Dassault Systèmes, ancien spin-off de l'avionneur Dassault aujourd'hui fort de 25 000 collaborateurs et de 400 000 clients à travers le monde. Dassault Systèmes ne se présente pas comme un éditeur de logiciels, même si ses produits phares – CATIA, SolidWorks, DELMIA... – sont internationalement connus. Il se veut bien plutôt (et bien plus largement) une "usine à jumeaux virtuels", permettant à ses clients grands ou petits (de la multinationale à la start-up) de se représenter et de modéliser leurs univers industriels respectifs, autrement invisibles, afin d'être en mesure, le cas échéant, de les remodeler.

Cette conviction que le virtuel permet de comprendre, étendre et augmenter le réel est ce qui anime l'entreprise depuis sa création, avec quelques étapes clés : la représentation 3D des ailes du Rafale grâce à l'ancêtre de CATIA ; l'avènement du Boeing 777, premier avion entièrement conçu numériquement avant d'être dessiné sur papier ; la simulation des cycles de vie des produits de Toyota, Renault ou Airbus... Quant aux derniers développements en date, ils ont permis à Dassault Systèmes d'entrer de plain-pied dans les sciences de la vie, domaine pour nous crucial, puisque nous pensons que, pour faire pleinement advenir des entreprises et une économie génératives, il faut nous inspirer du vivant – d'où l'acquisition, en 2019, de l'américain Medidata Solutions, entre autres.

Arrêtons-nous un instant pour examiner ce credo : on ne peut remodeler que ce que l'on a d'abord modélisé. Pourquoi en est-il ainsi ? Les représentations usuelles – autres que celles permises par les jumeaux virtuels – aplatissent le réel : un *business plan* se traduit en un tableau Excel, lequel explicite le *combien*, mais pas le *pourquoi*. Il y manque une dimension. Cette dimension manquante, seules l'apportent ces représentations scientifiques, multi-échelles (de l'atome aux systèmes complexes) et multiphysiques (des champs électromagnétiques aux fluides, en passant par la mécanique et l'électronique) que sont les jumeaux virtuels.

## Des jumeaux virtuels de produits...

Des jumeaux virtuels peuvent être réalisés à différents niveaux : celui des produits, mais aussi celui des organisations qui conçoivent et opèrent ces mêmes produits. Arrêtons-nous d'abord sur les jumeaux virtuels des produits.

Ils constituent un formidable outil d'anticipation et d'optimisation, en permettant, par exemple, de simuler les contraintes mécaniques des produits, dans leurs conditions d'usage, avant même qu'un premier prototype ne soit réalisé. Ils prédisent comment les produits vont se comporter dans le monde réel, selon les différents choix de matériaux ou de structures possibles, et, surtout, ils mettent en lumière les relations causales entre ces choix (de matériaux, de structures, etc.) et les comportements observés. Plus généralement, ils offrent la possibilité d'optimiser les produits en testant des millions de variantes. Et, point essentiel : tous les savoirs et savoir-faire relatifs à un produit donné, quand ils sont intégrés à son jumeau virtuel, deviennent explicites, donc transférables, réutilisables, modifiables, susceptibles d'enrichissements. La complexité propre à tout univers industriel se trouve ainsi maîtrisée, car comprise.

Nous pouvons illustrer cela par des exemples pris dans tous les domaines. Tel industriel de l'agroalimentaire anticipe l'effet du changement d'une seule protéine sur la texture d'un fromage, tel fournisseur de rang 1 du secteur automobile utilise un jumeau virtuel pour imaginer les solutions d'éclairage de la voiture de demain, tel géant de la tech en fait autant pour modéliser, avant qu'ils ne sortent de terre, ses data centers (les fameuses *AI factories*)... Dans tous ces exemples, il s'agit toujours, in fine, d'accélérer le temps de latence entre la première ébauche de concept et la commercialisation ou la mise en service du produit.

Cette opportunité qu'offrent les jumeaux virtuels de non pas seulement *observer*, mais bel et bien *comprendre* le monde réel fait d'eux un moyen unique d'explorer l'inconnu et le champ des futurs possibles. Cela n'est pas sans quelque analogie, je crois, avec la théorie du *concept knowledge* (théorie CK), développée à l'École des mines de Paris, où nous nous trouvons.

La capacité des jumeaux virtuels à représenter le réel au plus près de son infinie complexité devient critique à l'heure d'une économie de la connaissance et de l'IA. Un produit physique – telle la simple pièce aéronautique que j'ai évoquée au début de mon exposé – est tellement intriqué avec son système de production qu'un *LLM* (*Large Language Model*), qui n'a été entraîné que sur des textes et des images, n'a aucune chance de pouvoir appréhender toute cette complexité, toute la richesse et l'étendue de cette intrication. Ce n'est que si ce même *LLM* est intégré au jumeau virtuel du produit, s'il fait corps avec lui, qu'il pourra offrir des réponses vraiment pertinentes, et non pas seulement vraisemblables. Seul un *LLM* intégré à un jumeau virtuel saurait que tel changement – de matériau, par exemple – invaliderait telle et telle certification, exigerait la requalification de tel ou tel fournisseur, etc. Et seul lui serait alors en mesure de simuler les impacts en cascade d'un changement donné, sans approximation et avec un niveau d'explicabilité permettant aux humains de garder la haute main. En d'autres termes, ce n'est que lorsque l'IA est embarquée dans et intégrée à un jumeau virtuel qu'elle permet de remodeler le produit sans prendre le risque de le casser.

Vous aurez noté que la différence entre IA générique et IA intégrée n'est pas une question de puissance de calcul, mais que, par construction, seule la seconde a une représentation complète à la fois du produit et de son système de production, c'est-à-dire de son système causal. Là où l'IA générique ne s'appuie que sur des corrélations, l'IA intégrée se fonde, elle, sur les relations causales.

## ... aux jumeaux virtuels d'organisations

Abordons maintenant les jumeaux virtuels de deuxième niveau : ceux qui représentent et modélisent les entreprises elles-mêmes.

Grâce à un jumeau virtuel, un produit devient "génératif", c'est-à-dire simulable, capable d'apprendre en continu, vivant. Or, la même chose vaut pour l'entreprise à l'origine de ce produit.

Souvenons-nous de la loi de Conway, du nom de l'informaticien et programmeur Melvin Conway qui l'a formulée en 1967 : « *Toute organisation qui conçoit un système, au sens large, concevra une structure qui sera la copie de la structure de communication de l'organisation.* » En clair, il existe un effet miroir, qui vaut dans les deux sens, entre la structure organisationnelle de l'entreprise et ses produits : une entreprise en silo aura un portefeuille produits lui-même en silo, une entreprise figée ne proposera pas des produits évolutifs, etc. Pour proposer au marché des produits génératifs et vivants, l'entreprise doit elle-même devenir générative et vivante.

Observons, par exemple, comment une entreprise danoise, fondée au sortir de la seconde guerre mondiale, s'est transformée : d'un simple atelier de fabrication de pompes à eau qu'elle était au départ, elle est devenue depuis une entreprise de service capable de gérer les réseaux d'eau à l'échelle de villes entières. Elle n'a pu réussir cette transformation qu'en faisant évoluer conjointement ses produits, son organisation et son modèle d'affaires. Cette transformation ne s'arrête jamais et l'enjeu de cette entreprise s'étend aujourd'hui jusqu'à des problématiques de cybersécurité, ses réseaux d'eau représentant un enjeu de souveraineté majeur.

Ce que montre cet exemple, c'est que les trois composantes – les produits, l'organisation de l'entreprise, son modèle d'affaires – doivent basculer ensemble, ou alors la bascule ne se produit jamais. Cette bascule conjointe suit un chemin précis : elle part toujours du produit – qui est le cœur de la valeur de l'entreprise – pour se propager, par cercles concentriques successifs, aux programmes, à l'organisation de l'ingénierie, aux usines, à la finance et à la gouvernance de l'entreprise. C'est ce qu'avait bien compris Luca de Meo, l'ancien PDG de Renault, quand, en arrivant à ce poste, il annonçait que Renault devait cesser d'être seulement un constructeur automobile. Il voulait dire par là qu'il était impossible de réinventer la voiture sans réinventer l'entreprise qui la fabrique.

Mais comment procéder, concrètement, pour rendre l'entreprise auto-adaptative et auto-apprenante (“générative”) ? Par où commencer ? Et surtout, à quel rythme faut-il conduire ce changement ? On parle souvent de “monde VUCA” (ou VICA, en français), un monde marqué par la Volatilité, l'Incertitude, la Complexité et l'Ambiguïté. Le rythme des disruptions qui impactent la vie des entreprises est devenu plus rapide que la chronobiologie de ces mêmes entreprises – j'entends par là l'intervalle de temps entre chaque bilan des mois écoulés et des actions passées (tous les ans, à l'occasion de la clôture d'un exercice). Du fait de la multiplication des chocs exogènes – catastrophes climatiques, hausse brutale des tarifs douaniers, fermeture du détroit d'Ormuz... –, les entreprises n'ont d'autre choix que d'accélérer ce tempo pour se réinventer beaucoup plus rapidement que par le passé.

À cette question du comment faire, je répondrai en me référant à l'économiste japonais Ikujiro Nonaka. Il postulait que, face à l'incertitude, c'est la circulation du savoir qui est la stratégie gagnante<sup>1</sup>.

Le plus grand péril, pour les entreprises, est lorsque ce savoir (englobant les expertises, les savoir-faire, etc.) ne circule plus en leur sein ; quand il se fige dans les documents, les procédures ; quand il s'émiette à chaque départ à la retraite d'un ancien, ou se morcelle à chaque réorganisation. C'est en ce sens que le jumeau virtuel d'une organisation est, d'abord et avant tout, le jumeau virtuel des connaissances que cette organisation a accumulées au fil du temps. Comme pour celui d'un produit, le grand mérite d'un tel jumeau virtuel est d'externaliser ces connaissances souvent tacites, de les rendre explicites, seule manière de garantir que ce savoir pourra continuer de circuler entre les collaborateurs futurs, mais aussi, de plus en plus, entre les collaborateurs humains et les agents IA.

Pendant des décennies, on a structuré les entreprises en départements (finance, achats, ingénierie...). À l'époque, c'était une nécessité, tout simplement parce que les cerveaux humains ne sont pas extensibles à l'infini et qu'ils ne peuvent intégrer qu'une portion restreinte de connaissances. Il fallait donc des spécialistes. Or, cette architecture – dont le corollaire a été la création d'entreprises en silo – est-elle encore la bonne à l'heure de l'IA, des jumeaux virtuels et de l'économie générative ?

---

1. Cf. sa citation : « *Dans une économie où la seule certitude est l'incertitude, l'unique source d'un avantage compétitif durable est la connaissance.* »

Le savoir, parce qu'il aura été externalisé dans des jumeaux virtuels, pourra circuler instantanément, et en totalité, dans tous les compartiments de l'entreprise, s'insérer au bon moment dans les bons flux de travail. Dans ces conditions, les entreprises n'auront plus intérêt à s'organiser en départements fonctionnels. On ne parlera plus de départements, mais de capacités, les procédures laisseront la place aux agents IA, tout se réorganisera autour de ce flux de connaissances au cœur de la création de valeur. À titre personnel, je pense que celles et ceux qui occupent aujourd'hui les fonctions de DSI, de DRH, de *Chief Transformation Officer*, de *Chief AI Officer*, etc., que l'on voit encore aujourd'hui comme de simples fonctions support, joueront demain le tout premier rôle dans cette transformation des organisations. Ils seront les grands architectes des entreprises génératives de demain.

## Quelques réflexions générales sur l'économie générative

Je souhaiterais prolonger cette présentation des jumeaux virtuels par quelques réflexions plus générales sur l'économie, à l'heure où elle est en passe de devenir générative.

L'économie est une entité vivante, en permanente évolution. Une bonne analogie, pour s'en faire une représentation correcte, est le jeu de go, ce jeu de stratégie auquel s'adonnent et dont s'inspirent aussi bien Serguei Brin, le fondateur de Google, que Jack Ma, celui d'Alibaba. Pour gagner une partie de go, il faut placer ses pierres (noires ou blanches) sur les intersections d'un plateau quadrillé, le but étant qu'avec le moins de pierres possible on contrôle le territoire le plus grand possible. Ce jeu offre une bonne modélisation de l'économie de la connaissance, pour peu qu'on le transpose un peu en imaginant d'un côté du plateau les ressources disponibles sur Terre et de l'autre côté les besoins de la société à satisfaire. Imaginons aussi que le bas du plateau corresponde au monde physique, manuel, et le haut du plateau au monde digital, intellectuel. De cette façon, on obtient une représentation graphique de la place des trois secteurs de l'économie (primaire, secondaire et tertiaire).

Prenons l'exemple de l'automobile et voyons comment elle a évolué – comment elle a bougé sur le plateau du jeu de go – au cours de ces vingt-cinq dernières années. Dans les années 2000, le champion du secteur était le japonais Toyota, incarnation de l'objet techniquement parfait, de la voiture la plus fonctionnelle. Sa différenciation stratégique résidait dans son système de production (le fameux *Toyota Production System*). Dans les années 2010 surgit un nouveau champion, Tesla, qui, tout en vendant 20 fois moins de voitures que Ford, atteint une valorisation boursière 20 fois supérieure. Avec Tesla, on découvre quelque chose de nouveau : une voiture qui s'apparente davantage à une plateforme d'expériences (physique et digitale). À cette voiture augmentée par le logiciel, se rattachent un réseau de bornes de recharge électrique, les panneaux solaires permettant la recharge à domicile, un modèle assurantiel intégré à la voiture et dont la prime s'ajuste en fonction du comportement du conducteur, etc. Bref, Tesla a su, en bon joueur de go, couvrir un nouveau territoire, rendant le client captif. Le modèle économique n'est plus le même (du transfert de propriété à l'instant T à la location auprès de gestionnaires de flottes de véhicules électriques et autonomes). La dernière évolution en date vient, dans les années 2020, de Chine, avec XPeng. Avec lui, on passe de l'objet comme plateforme d'expérience à l'objet comme vecteur d'incarnation d'une certaine intelligence. Cette intelligence, c'est un modèle d'IA dédié à la conduite autonome qui tourne sur une puce conçue par XPeng. Les voitures de ce constructeur n'en sont que l'une des incarnations physiques possibles, aux côtés des avions électriques à décollage vertical (eVTOL), ou encore des robots humanoïdes capables de naviguer dans leur environnement.

L'avantage décisif de ce dernier modèle est sa scalabilité hors normes : un même actif immatériel peut s'incarner dans différentes réalités physiques. Le premier client de l'intelligence artificielle de XPeng aujourd'hui est d'ailleurs Volkswagen, le géant historique allemand, qui doit lui-même se réinventer pour exister sur un nouveau marché concurrentiel.

À travers cet exemple de l'automobile, j'ai voulu montrer que l'économie générative comporte, selon moi, non pas trois, mais quatre grands secteurs : au primaire qui extrait, au secondaire qui fabrique, au tertiaire qui sert, s'ajoute un quaternaire – celui sur lequel se positionne aujourd'hui un XPeng – qui modélise et engendre.

## En guise de conclusion

En guise de conclusion, permettez-moi de vous proposer encore quelques pistes de réflexion sur cette transformation profonde de l'économie dont nous sommes témoins. Je crois que cette transformation est une invitation – pressante – à repenser l'IA elle-même, à faire advenir une IA dédiée à l'industrie, qui ne soit plus seulement basée sur des textes et des images, mais qui intègre les univers industriels modélisés par les jumeaux virtuels, tous ces savoirs et savoir-faire implicites que la pyramide des âges et les départs massifs à la retraite fragilisent. Une IA qui serait fondée non plus sur un *LLM*, mais sur un “*IWM*”, un *Industrial World Model*, et qui sera la seule capable de réarmer les cinq grands systèmes (représentation, compréhension, raisonnement, collaboration et action) dont nous avons besoin pour agir sur le monde.

C'est aussi une invitation, comme je l'ai brièvement évoqué, à repenser la place, dans nos organisations, des DSI, DRH, *Chief Transformation Officers* et *Chief AI Officers*, qui seront les architectes en chef des organisations de demain.

Nous ne devons jamais perdre de vue que cette transformation, cette bataille de l'IA industrielle, constitue un enjeu de souveraineté majeur : posséder les données ne sert à rien si l'on ne possède pas aussi les modèles permettant d'opérer efficacement sur ces mêmes données. Or, celui qui ne possède pas en propre une technologie vitale est condamné à la louer à perpétuité. Est-ce ce que nous voulons pour la France et l'Europe ?

## Débat

---

### Dassault Systèmes à l'heure des jumeaux virtuels et de l'économie générative

**Un intervenant :** *Vous nous avez exposé avec brio votre vision et celle de Dassault Systèmes. Mais comment le marché y réagit-il ? Ce focus mis par le Groupe sur les jumeaux virtuels se traduit-il en bons de commande ?*

**Bruno Demange :** J'ai cité le nom de Renault, qui est un exemple de grande entreprise engagée sur ce chemin. On pourrait prendre d'autres exemples dans d'autres secteurs, comme celui de la banque-assurance. La création de jumeaux virtuels de produits qui embarquent les technologies d'IA a commencé et connaît même un démarrage rapide. Je saisis l'opportunité offerte par cette question pour partager avec vous un constat, qui est pour moi un motif d'étonnement : certains des DSI qui prennent contact avec Dassault Systèmes le font pour des raisons qui ne sont pas les bonnes. Ils voient en notre Groupe un éditeur de logiciels de *PLM*<sup>2</sup>, catégorie de logiciels qu'ils rangent, avec tous les autres systèmes d'information à trois lettres (*ERP*<sup>3</sup>, *CRM*<sup>4</sup>, *SCM*<sup>5</sup> et j'en passe...), tout en bas de leur paysage applicatif, et qu'ils considèrent comme de simples systèmes d'enregistrement destinés à alimenter un “lac de données” (*data lake*). Et une fois toutes ces données versées dans ce réservoir puis recombinaison entre elles pour former une représentation numérique des produits ou des activités de leurs entreprises, ils font confiance aux IA des GAFAM – Copilot de Microsoft, Claude d'Anthropic, Gemini de Google – pour piloter cette ombre virtuelle de la réalité. À ces DSI, nous disons deux choses : primo, ne confiez pas ce patrimoine souverain que sont vos données à des acteurs qui n'apportent pas les mêmes

---

2. *Product Lifecycle Management*.

3. *Enterprise Resource Planning*.

4. *Customer Relationship Management*.

5. *Supply Chain Management*.

garanties en matière de protection de l'IP et de souveraineté que celles que nous pratiquons en Europe; et secundo, si vous extrayez toutes les données portées par un jumeau virtuel pour les verser dans un *data lake*, vous aplatissez, et donc appauvrissez la représentation de la réalité bien plus riche portée par ce même jumeau virtuel.

**Int. :** *On imagine bien Dassault Systèmes avoir quelques très grands clients. Mais le Groupe propose-t-il ses services aux entreprises plus petites, par exemple aux fournisseurs d'un grand constructeur (un fabricant de trains en compte plusieurs milliers), ou aux start-up?*

**B. D. :** Oui. Notre base installée de clients va des grands groupes jusqu'aux start-up (comme Enchanted Tools dans les robots humanoïdes), et même aux designers free-lance individuels.

**Int. :** *J'ai entendu parler de jumeau virtuel de villes. Il me semble que Dassault Systèmes a ainsi été approché pour la création d'un double virtuel du Nouveau Caire<sup>6</sup>...*

**B. D. :** Je me suis focalisé, durant mon exposé, sur l'industrie, mais il est vrai que nous pouvons faire et que nous faisons des jumeaux virtuels d'à peu près tout, y compris de villes entières. À l'approche des Jeux olympiques de Paris 2024, nous avons, par exemple, modélisé et simulé ce que donnerait (en matière de fluidité du trafic, d'émission de gaz à effet de serre, de bruit...) un certain tronçon du périphérique parisien si l'on interdisait la voie de gauche aux particuliers seuls dans leurs voitures. Nous avons, si le sujet vous intéresse, sorti une série documentaire de trois épisodes appelée *Les Ingénieurs du futur*, couvrant notamment ce que nous faisons avec les jumeaux virtuels – dans l'industrie automobile, dans le domaine des villes et de l'architecture (avec l'exemple de la pyramide de Gizeh, dont la virtualisation nous a permis de redécouvrir des salles ignorées), et dans celui de la santé (avec les jumeaux virtuels du cœur et du cerveau).

## Les jumeaux virtuels, leur fonctionnement, leurs limites et leurs risques

**Int. :** *Vous avez opposé Toyota et Tesla, présentées comme emblématiques de deux époques différentes. Mais observons tout de même que Toyota reste, et de très loin, le premier constructeur automobile, alors que Tesla perd des parts de marché. Cette domination durable, Toyota la doit à son Toyota Production System, comme cela a été dit, mais aussi à son habileté à utiliser au mieux ses capacités industrielles, ce qui lui permet de maîtriser ses coûts. D'où ma question : au-delà des jumeaux numériques des fonctions de l'entreprise, n'avons-nous pas besoin d'un jumeau numérique de l'entreprise elle-même, dans sa globalité?*

**B. D. :** Oui, tout à fait. C'est à cela que je faisais référence lorsque j'évoquais les jumeaux virtuels des organisations. Je parlais bien de modèles intégrés, tels que vous l'entendez. Pour faire cela, nous utilisons des technologies du type "système de systèmes". Vous connaissez peut-être le référentiel UAF (*Unified Architecture Framework*), qui offre un cadre conceptuel pour modéliser l'entreprise, en partant de sa stratégie pour aller jusqu'à ses capacités d'exécution sur le terrain – son équivalent dans l'aéronautique est le DoDAF, *Department of Defense Architecture Framework*. Cela fonctionne bien et permet de simuler des changements organisationnels pour en prédire les conséquences, l'impact sur le planning, l'apparition d'un goulot d'étranglement à tel endroit, etc.

**Int. :** *Le qualificatif de "général", qui figure dans l'intitulé de cette séance, est fortement associé au type d'IA qui a explosé depuis le lancement de ChatGPT, c'est-à-dire à l'IA fondée sur les LLM. Nous confirmez-vous que ce n'est pas cette forme d'IA qui vous intéresse et que vous entendez intégrer à vos jumeaux virtuels, mais bien une autre, héritière de travaux plus anciens en ce domaine, et capable de raisonner à partir de vraies connaissances?*

**B. D. :** Oui, et c'est bien pourquoi j'ai parlé dans ma conclusion d'IWM, ou *Industrial World Model*, par opposition aux LLM qui sont le sous-bassement de tous les chatbots actuels. Le socle de connaissances sur lequel s'appuie ces IA d'un nouveau genre n'est pas cette mer de textes et d'images qu'est Internet. Ce socle est double. L'un des piliers en est le corpus de connaissances (normes, standards, etc.) propres à l'environnement

---

6. Ville nouvelle située à proximité du Caire dans le désert arabe, et dont la construction a débuté en 2001.

industriel du client. L'autre est l'ensemble des connaissances de l'industriel lui-même, ce qui fait sa spécificité sur le marché (sa propriété intellectuelle, ses brevets, etc.). Sur ce double socle est construit un modèle de représentation, qui indique comment le produit est intriqué avec son système de production, et qui impose de ce fait un certain nombre de règles physiques (par exemple, la déformation plastique ne doit pas dépasser tel seuil). La part de l'IA classique – du type LLM – dans cet ensemble est restreinte, car elle n'est là que pour permettre aux humains de dialoguer en langage naturel avec le modèle de représentation.

**Int. :** *En vous écoutant, je me suis rappelé l'initiative de General Electric qui, il y a une dizaine d'années, s'était lancée dans une telle entreprise de modélisation virtuelle. Mais un modèle, s'il a effectivement des vertus (il permet d'anticiper, de simuler...), s'il améliore en effet de façon incrémentale la performance de l'entreprise, n'est jamais qu'une copie du réel. Comment quelque chose qui n'est qu'une copie de l'existant pourrait-il engendrer une rupture, à l'instar de ce qu'a fait SpaceX dans le spatial ou XPeng dans l'automobile ?*

**B. D. :** Vous touchez là à la nuance que je fais entre représentation *digitale* et représentation *virtuelle*. La première n'est, comme vous le dites, qu'une copie. Cette copie à l'instant T, faite *ex post*, ne peut guère, en effet, que nous renseigner sur l'état de l'existant. Or, le jumeau virtuel, lui, est le double du jumeau physique; il évolue concomitamment à lui. C'est en cela qu'il permet d'explorer les possibles. Je vous donne un exemple pour rendre ceci plus concret : un jumeau virtuel est capable de, littéralement, faire pousser des pièces mécaniques, de générer – en explorant une combinatoire trop grande pour être appréhendée par l'esprit humain – des formes de pièces qui ne seraient jamais sorties d'un bureau d'études classique. Vous pouvez donc créer un produit qu'un humain seul n'aurait jamais pu designer. Est-ce une rupture? Je laisse chacun être juge.

**Int. :** *Il me semble que vos jumeaux virtuels sont essentiellement des modèles de raisonnement. Toutefois, si l'on n'introduit pas un peu d'expérimentation – réelle, physique, et non plus virtuelle – dans ce modèle de raisonnement, ne risque-t-il pas de tourner à vide? Comment la nouveauté pourrait-elle surgir si l'on fait totalement l'impasse sur le réel, sur le physique, en d'autres termes, sur le bricolage humain ?*

**B. D. :** Si je vous ai donné à penser que les jumeaux virtuels étaient censés nous débarrasser de l'expérimentation physique, de ce que vous appelez le "bricolage humain", c'est que je me suis mal fait comprendre. Au contraire, pour que cela fonctionne, il faut sans cesse calibrer et recalibrer le virtuel sur le réel. L'aller-retour de l'un à l'autre, comme en une boucle fermée, doit être permanent.

**Int. :** *Les jumeaux virtuels ne se limitent pas aux produits, comme vous l'avez souligné. On peut en imaginer pour toutes sortes d'entités, y compris à de grandes échelles. Si l'on crée des jumeaux virtuels de pans entiers de l'industrie, par exemple, cela ne risque-t-il pas d'accélérer les délocalisations, les fermetures d'usines ?*

**B. D. :** Je pense exactement le contraire. Les jumeaux virtuels constituent pour nous une formidable opportunité de réinternaliser nos savoirs et nos savoir-faire. Sans faire de politique, on peut émettre l'hypothèse que l'erreur commise par les pouvoirs publics, quand ils ont trop laissé se désindustrialiser la France, a été de laisser partir, en même temps que nos actifs physiques (nos machines-outils), les compétences et expertises associées. Aujourd'hui, notre pays aurait tout intérêt à garder la main sur son IA industrielle, à en conserver la pleine et entière propriété.

**Int. :** *Ne courez-vous pas le risque, à l'heure de l'IA, de voir vos modèles virtuels se faire "rétro-ingénierer" à votre insu ?*

**B. D. :** Je tiens tout d'abord à dire, même si vous ne l'ignorez pas, que cette pratique consistant à entraîner des IA par un usage massif de nos logiciels propriétaires est interdite. C'est explicitement indiqué dans les clauses du contrat. Mais oui, vous avez raison : ce risque existe. Il a d'ailleurs toujours existé. Rien n'empêchait, il y a vingt ans, un constructeur automobile d'acheter le dernier modèle d'un concurrent pour le démonter et l'examiner sous toutes les coutures... Or, ces constructeurs sont encore là, parce qu'au-delà du résultat (c'est-à-dire la voiture), c'est aussi le constructif (savoir et savoir-faire) qui compte. La science ne produit pas que des résultats, elle fabrique aussi des scientifiques.

**Int. :** *Votre vision est sous-tendue par l'idée d'une accumulation des connaissances. Mais, pour être capable de remodeler, ne faut-il pas aussi, et peut-être surtout, désapprendre tout ou partie de ce qui a été appris? Vos jumeaux virtuels sont-ils capables de désapprentissage?*

**B. D. :** Lorsque nous modélisons le savoir de l'entreprise (au moyen d'interviews dirigées permettant de capter le savoir expert), il nous arrive d'identifier des bugs, par exemple deux experts qui ne répondent la même chose à la même question. Cela permet de mettre en jour le référentiel, même si ce n'est pas encore du désapprentissage.

**Int. :** *Il y a une vingtaine d'années, on parlait de société de l'information. On a ensuite parlé de société de la connaissance. Puis est venu la vogue des big data. Et maintenant, voici que vous nous dites que l'avenir est à ces modèles que sont les jumeaux virtuels, que les données ne servent à rien sans les modèles... Cela fait donc la quatrième fois que l'on dit qu'un train passe et que ceux qui n'y seront pas montés à temps disparaîtront. Je constate cependant que toutes ces grandes entreprises historiques dont on a si souvent prédit l'extinction se portent aujourd'hui bien, et même, pour certaines d'entre elles, mieux que bien...*

**B. D. :** Tant mieux! Ces grandes entreprises dont vous parlez sont nos clientes, et nous ne pouvons que nous réjouir de leur bonne santé. Heureusement que nous avons, en France, des champions qui savent se renouveler, se réinventer!

---

**Bruno Demange**

Ingénieur Arts et Métiers, il est directeur de la Stratégie chez Dassault Systèmes depuis 2018. Il a débuté sa carrière en tant que consultant chez Accenture Stratégie et Opérations, de 2004 à 2012, sur des projets de transformation auprès de nombreux industriels. En 2013, il rejoint Dassault Systèmes et y a occupé depuis différentes fonctions de conseil et ventes, marketing, recherche.

Pour toute reproduction totale ou partielle,  
merci de nous contacter à l'adresse [info@chairephenix.org](mailto:info@chairephenix.org).