

Industrie du Futur

Usine connectée, flexible, étendue et durable ; Industrie 4.0 ; Smart industry ; French Fab ; Robotique collaborative, Cobotique ; Fabrication Additive

1	Synthèse	1
2	L'industrie du futur : contexte stratégique	2
3	Les dynamiques actuelles de transformation	5
4	Zoom sur les pièges à éviter dans les projets industriels de digitalisation	7
5	Accompagner la transformation industrielle, facteur clé de succès	8

1 Synthèse

- Les grandes entreprises ont engagé leur transformation industrielle en s'associant avec les start-ups innovantes de la French Tech, les géants du numérique et les fournisseurs d'équipements industriels.
- La grande majorité des PME n'a quant à elle pas engagé sa transformation industrielle, car elle n'a pas bénéficié d'un effet d'entraînement de cette nouvelle dynamique 4.0 des GE. L'absence d'une vision stratégique claire, de moyens financiers et de compétences numériques suffisantes rend leur avenir incertain.
- Les fournisseurs de briques et solutions de l'industrie 4.0 s'adressent en priorité aux GE (retour sur investissement rapide, facilité de commercialisation, effet vitrine). Ces solutions ne sont pas adaptées en l'état aux PME industrielles (héritage 3.0 prégnant, pas d'interface French Tech).
- Encourager la collaboration PME/startup, quelle qu'en soit sa forme, a du sens.
- L'innovation ne s'opère que lorsque les équipes se sont approprié les changements dans leur quotidien. Les impacts sur l'organisation réelle des projets de transformation industrielle sont rarement appréhendés en amont contrairement aux enjeux technologiques : on cerne plus facilement le « concret technologique » que le « concret social ». L'investissement dans un projet de transformation industrielle, complexe par nature, devrait s'appuyer sur les sciences humaines et sociales (SHS) pour mieux maîtriser les risques associés.
- La fusion entre services et industries est engagée, ouvrant l'opportunité de nouveaux business modèles. De nouveaux acteurs nativement intégrés verticalement commencent à apparaître (ex Navya.) et se développent plus rapidement que les acteurs en place. Ils délivrent des solutions et des services en s'appuyant sur une architecture d'équipements propriétaires et représentent un modèle de réussite.

<p>Forces</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Savoir-faire technologique à la pointe : Intelligence artificielle et cybersécurité. ❖ Culture française de l'excellence, de l'autonomie, de la conceptualisation ❖ Réseau French Tech ❖ Courant de recherche en sciences humaines et sociales de l'entreprise ❖ Dynamique nationale issue de la Nouvelle France Industrielle et solutions de financement dédiées 	<p>Faiblesses</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Préférence culturelle et publique pour les services vs industrie (marque employeur ; retour sur investissement) ❖ Compétition intranationale (territoires, entreprises) ❖ L'inertie des PME fragilisées par la transformation 3.0
<p>Opportunités</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Nouveau paradigme du développement durable (people, planet, profit) comme levier de différenciation ❖ Standardisation technologique à venir (IoT, Cybersécurité...) ❖ Modèle open source pour l'industrie en faveur de la French Tech 	<p>Menaces</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Standardisation des projets de transformation (plate-forme propriétaire...) ❖ Concurrence des nouveaux entrants ayant réussi la fusion produit / service face à l'industrie traditionnelle

Figure 1 - SWOT de l'industrie française dans la transformation digitale de son système productif

2 L'industrie du futur : contexte stratégique

2.1 Le concept de « l'industrie du futur » ou « 4.0 »

L'industrie du futur également appelée « 4.0 » répond à une demande individualisée de plus en plus orientée vers l'accès à un service plutôt que vers la possession d'un bien et à des aspirations sociétales croissantes en termes de consommation éthique. Par opposition aux générations antérieures concentrées sur une recherche de compétitivité-prix, l'industrie 4.0 consiste techniquement à produire **des séries courtes à des coûts**

équivalents à ceux de la production de masse, caractéristiques de l'industrie 3.0.

Elle représente ainsi un véritable changement de paradigme par rapport aux générations antérieures, dans la quête d'un nouvel équilibre combinant maîtrise des coûts et des externalités et personnalisation de l'offre. .

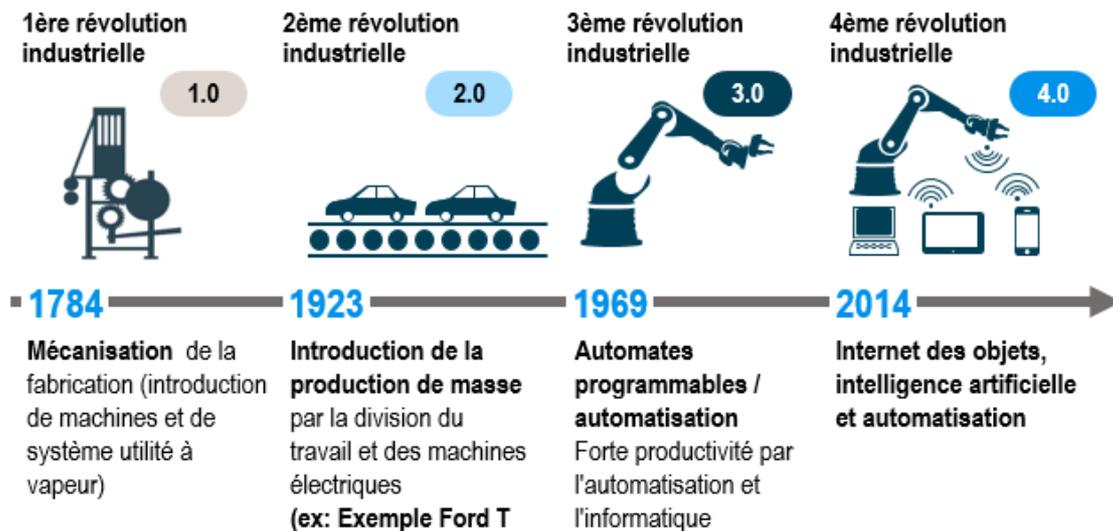


Figure 2 - Les 4 générations d'outil industriel (source: Bitkom/Fraunhofer, DFKI, Roland Berger)

2.2 Une combinaison connectée de briques technologiques...

Dans ce contexte, l'industrie 4.0 correspond ainsi la transformation digitale des systèmes de production et des chaînes logistiques pour atteindre un nouveau stade de flexibilité¹ en rupture avec l'état précédent 3.0. En intégrant robots en amont, internet des objets en aval, il s'agit de s'adapter à tout type de changement de l'environnement externe : ajustement des quantités, maîtrise des délais donc des cadences, traçabilité, jusqu'à la

diversification de l'offre produits. Cette transformation s'appuie sur un bouquet de technologies rendues interdépendantes et communicantes autour de problématiques clés : logistique intelligente, sécurité industrielle, interopérabilité des systèmes...

2.3 ...dans une approche systémique

Cette complexité technologique est rendue nécessaire, pour prendre en compte d'une part, l'aspect systémique de la production et d'autre part, l'incertitude existante à tous les niveaux, en interne comme en externe. On parle ainsi « **d'entreprise étendue** ».

socials, brand content), de co-financement (crowdfunding, crowdlending), de co-production (meubles en kit, chaîne vidéo, impression 3d...).

L'entreprise doit interagir avec des parties prenantes externes : les clients, l'Etat, les marchés financiers, les fournisseurs ou encore la société civile, qui la contraignent sur ses externalités négatives. Le rôle du client est prépondérant, il devient « prosommateur », partenaire de co-création (crowdsourcing, personnalisation de ses articles en ligne), de co-commercialisation (réseaux

En interne, l'environnement est composé tout à la fois des systèmes technologiques, du management², des structures organisationnelles et enfin des activités réelles tant organisatrices que productives.

Le projet de transformation industrielle doit composer avec cette complexité à tous les étages en gérant en plus le poids d'une histoire.

¹ Cela peut renvoyer au concept de « modernité liquide » de Zygmunt Bauman (La vie liquide 2005)

² Selon la définition de Fayol, concerne la prévision, l'organisation, le commandement, la coordination, le contrôle

2.4 . Les sous-traitants industriels français à la traine

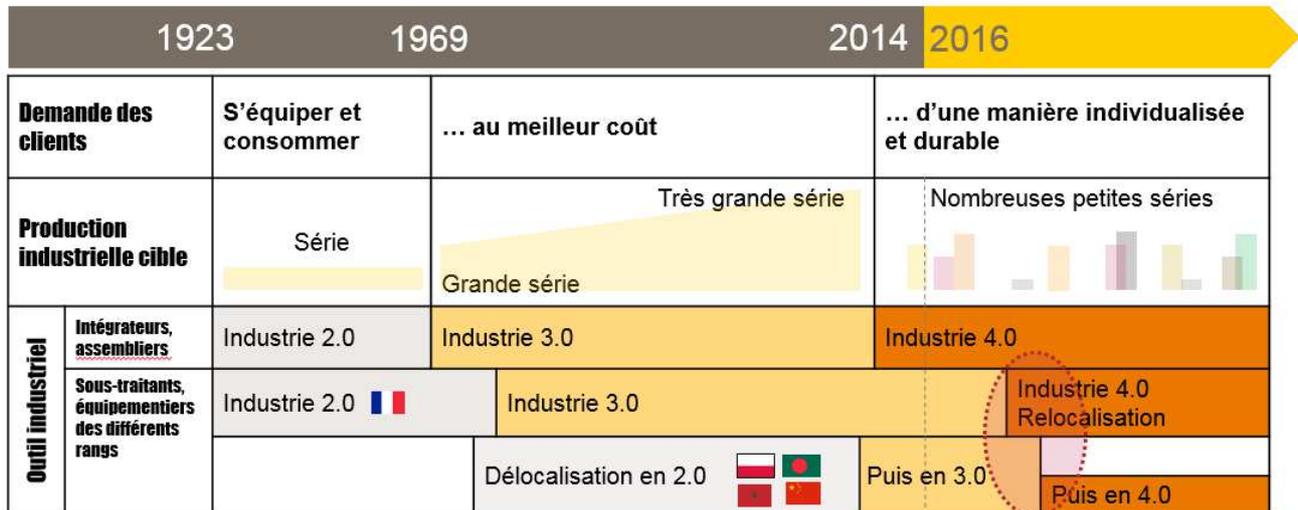


Figure 3 – Les transformations industrielles, histoire d'une désynchronisation de la chaîne de sous-traitance (Bpifrance)

La Figure 3 propose une vision macroscopique de l'offre industrielle cible en réponse à l'évolution des besoins des clients dans le temps. Les constats sont les suivants :

- ❖ **Les assembleurs/intégrateurs** (GE et grandes ETI) mettent en place successivement les révolutions industrielles de leur outil industriel de façon synchrone par rapport à la demande des clients. Aujourd'hui, **ils ont tous démarré** leur transformation industrielle 4.0 au moins dans leurs annonces.
- ❖ **Les sous-traitants industriels français bénéficient d'un effet d'entraînement des différentes vagues de mutation industrielle avec néanmoins un effet retard croissant.** Les délocalisations initiées lors de la mutation 3.0 ont eu pour effet de permettre aux pays émergents de se construire un outil industriel nativement plus à

jour, sans effet d'héritage : ils seront aujourd'hui et demain plus rapides à effectuer les transitions.

Aujourd'hui, l'essentiel du tissu industriel français, **les microentreprises et les PME industrielles, n'a pour l'instant pas démarré sa mutation.** Ces entreprises sont financièrement d'autant plus affaiblies par la transformation 3.0 qu'elles sont de rang éloigné. Les marges se sont concentrées vers l'aval de la chaîne de valeur, c'est-à-dire vers les assembleurs et les distributeurs et sont ainsi réduites à cause du retard relatif pris dans la transformation. Disposant de moyens limités dans un environnement de plus en plus complexe, elles peinent à définir un projet de transformation pour réaliser des investissements pourtant nécessaires à leur pérennité. **La fenêtre pour avoir des chances de relocaliser l'industrie sera de courte durée.**

3 Les dynamiques actuelles de transformation

3.1 Un écosystème en mutation

L'écosystème est composé de deux types d'acteurs et de logiques d'innovation (Figure 4) : les industriels qui transforment leur système de production d'un côté, et de l'autre, les fournisseurs de produits et services pour la transformation d'autres industriels.

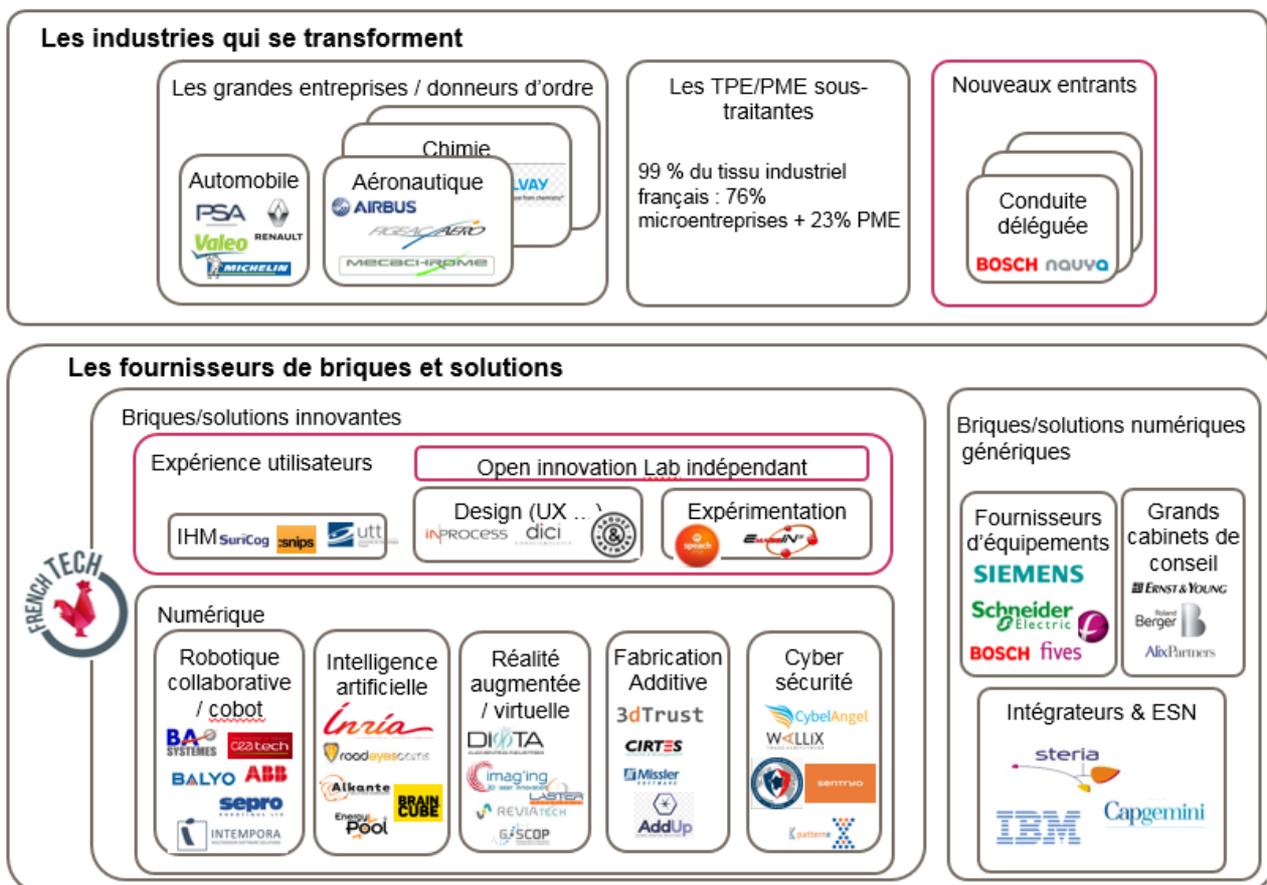


Figure 4 - Ecosystème de la transformation 4.0 (Bpifrance)

NB : Les acteurs référencés dans cette cartographie sont présentés uniquement à titre d'illustration des grandes typologies d'acteurs et n'ont fait l'objet d'aucun classement. Cette cartographie ne constitue ainsi pas une représentation exhaustive des acteurs de l'écosystème de la transformation 4.0.

Les nouveaux entrants, nativement 4.0, ont ouvert la voie à un modèle de croissance forte dans l'industrie, et donc à la nécessité de se transformer. Ils collaborent de façon fluide avec l'ensemble de l'écosystème des fournisseurs.

L'hybridation numérique des projets de transformation industrielle des GE se fait auprès de l'ensemble de l'écosystème numérique : les géants (Siemens, Bosch...) qui leur fournissent des plateformes génériques, les startups du numérique qui leur apportent approches alternatives souvent

innovantes, identifiées dans le cadre de démarche d'open innovation des GE.

Le volet « expérience utilisateur » est émergent et composé de petites structures. Il mérite d'être mis en valeur car son objet est de mieux appréhender la dimension systémique de la transformation dans une démarche cohérente centrée sur les usages, mêlant sciences humaines et sociales avec sciences et techniques. Les GE dotées de département d'open innovation ont bien compris l'intérêt de recourir aux services de ces entreprises dès la phase de R&D, pour concevoir des solutions adaptées aux opérateurs en gérant si nécessaire le recours à un bouquet de technologies.

Des structures visibles d'open innovation indépendantes des GE de type « fablabs », positionnées sur un **spectre large de différentes technologies et multiplateforme**, favoriseraient l'accélération du passage de la brique à la solution, tout en permettant aux PME de mieux s'imprégner de la richesse de la French Tech. Les structures existantes comme les incubateurs restent centrées sur les startups.

3.2 Les entreprises industrielles qui se transforment

La nature des projets financés met en évidence la **transition engagée entre le concept 3.0 encore présent et la dominante 4.0**. En examinant les projets déposés dans le cadre de l'appel à projets Piave Industrie du Futur, un tiers des projets reste orienté industrie 3.0, un tiers commence la transformation par l'intégration avec le système d'information dans une approche supervision 4.0. Enfin un tiers s'est lancé dans la transformation effective des moyens de production par l'utilisation de nouveaux procédés comme la fabrication additive, la robotisation collaborative ou encore le jumeau virtuel.

On peut citer comme exemple emblématique de transformation 4.0 l'équipementier automobile Cooper Standard France, qui a développé un double virtuel de son usine de production pour répondre de façon flexible à chaque nouvelle commande. Les temps de « switch », les conditions de travail et l'espace au sol sont optimisés.

La refonte de la relation client et de l'offre de produit/service est le principal moteur du projet de transformation. Par exemple, 80% des projets soumis au Piave textile visent la mise sur le marché

de nouveaux produits ou services conduisant à la transformation de leur système productif.

Dans ce registre, le projet Connect d'Air Liquide est autre exemple de transformation de fond de type, « produire autrement » : la mise en place d'un MES et la « digitalisation des métiers » nécessite de co-concevoir le pilotage à distance des usines en impliquant les opérateurs tout au long de la R&D.

Les grandes entreprises ont en commun de revisiter soigneusement leur contexte stratégique pour définir leur projet et amener les équipes vers l'approche proposée. Cette mise en contexte du projet permet de donner aux équipes **une vision qui devient plus importante que le plan-projet détaillé, amené à évoluer.**

3.3 Les startups innovantes ...

Leurs perspectives de développement à court terme passent par un contrat signé avec une GE. C'est l'opportunité d'augmenter rapidement la maturité technologique, d'atteindre à court terme l'équilibre financier et de gagner en visibilité.

A moyen terme, le principal levier de croissance de ces startups innovantes demeure le marché des PME/ETI un marché peu attractif car fragmenté et peu solvable. Le coût d'acquisition de ces clients est élevé pour un revenu modéré. La nécessaire adaptation de l'offre représente en effet des coûts marginaux importants, ce qui est un frein.

Par ailleurs on constate que 22% des projets de briques technologiques soumis sur les 5 premières éditions du CIN dans la thématique « mieux produire » visent des briques trop génériques qui ne pourront pas exister face aux solutions plateforme des grands équipementiers industriels. Il est important de proposer des briques répondant à des enjeux spécifiques et réels.

3.4 ...devenues PME fournisseurs de briques puis de solutions intégrables chez le client

Pour assurer leur développement pérenne, les startups devenues PME doivent passer d'un modèle de fourniture de technologie encore très répandu à celui d'une offre de solution personnalisée pour chaque client, c'est-à-dire passer du bien au service,

Direction de l'Innovation

Diffusion externe

de la relation commerciale transactionnelle au relationnel.

Les exemples de fabricants/intégrateurs de robots agiles qui peinent à diffuser leur solution auprès de leurs clients industriels ne manquent pas malgré les bénéfices de leurs solutions en termes de flexibilité, de productivité et d'amélioration des conditions de travail pour les salariés. Un des freins majeurs réside dans la faible prise en compte des impacts organisationnels de l'intégration de la robotique dans l'outil industriel par les fabricants et intégrateurs. Le middle management peut se sentir déstabilisé face à un projet robotique, craignant une menace du travail de ses opérateurs. Le besoin d'accompagnement au changement adossé à un projet d'intégration robotique dépasse ainsi le cadre technique, process et économique. Son succès

dépend aussi de la dimension sociale qui doit s'anticiper.

Un autre exemple est celui d'une entreprise qui a développé des machines pour la fabrication industrielle additive. Tenant compte des freins au changement dans le passage à la fabrication additive, l'entreprise a adapté son modèle commercial en conséquence. Ainsi, elle propose dans un premier temps la vente de pièces, le temps de transférer les compétences auprès des opérateurs du client et dans un second temps seulement la vente de machines.

4 Zoom sur les pièges à éviter dans les projets industriels de digitalisation

Une transformation nécessite une feuille de route pour adresser l'ensemble du système productif, même si on peut commencer par de « petits » projets. Les projets vont s'entremêler tant entre eux qu'avec les autres activités de l'entreprise. C'est **l'effet portefeuille** de la Figure 5 et ses conséquences quand le pilotage est divisé et manque de cohérence.

La figure illustre aussi les 3 grandes phases de réalisation d'un projet de transformation : **connexion, intégration, valorisation**. Les deux premières phases sont souvent négligées ou simplifiées dans les projets, en particulier par les fournisseurs de la « vraie valeur ajoutée » de la transformation lors de la phase de valorisation des données. Mais sans de bonnes fondations, cette dernière phase n'est pas accessible.

Les projets de briques technologiques du CIN (Concours Innovation Numérique) sont symptomatiques de ce biais : ils prennent souvent pour acquis ces fondations, alors que les difficultés d'implémentation sont bien réelles et résident dans l'interfaçage entre plusieurs mondes (anciennes machines et nouvelles technologies, machines et système d'information). Personne en interne ou en externe n'a l'ensemble des compétences nécessaires, ni la vision système complète.

Enfin les techniques de gestion de projet doivent être adaptées aux enjeux et l'utilisation conjointe et adéquate des différentes méthodes de gestion de projet permet de limiter leur défaut (enfermement dans la solution pour le cycle en V, définition de « fini » pour la méthode Agile).

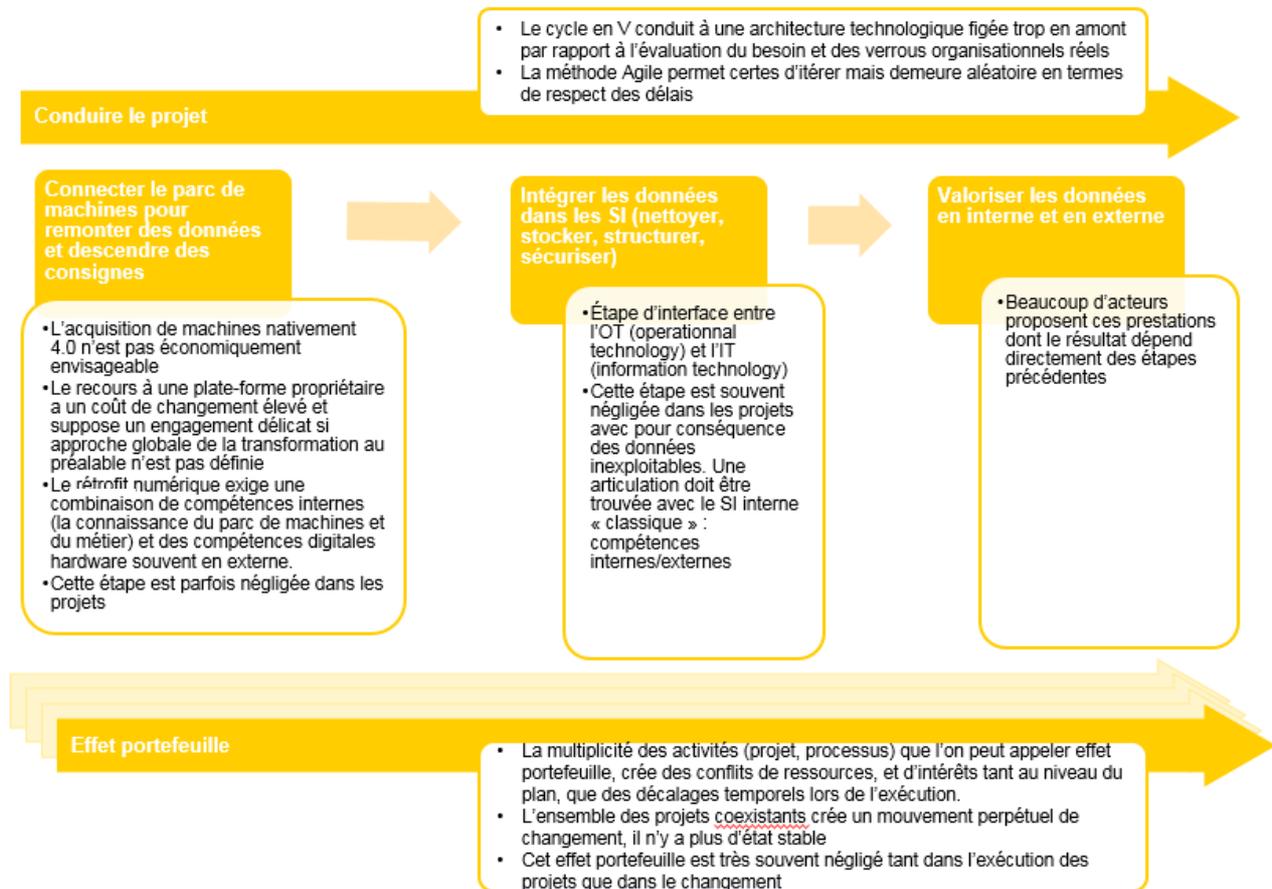


Figure 5 - Faiblesses de la gestion de projet de transformation (Bpifrance)

5 Accompagner la transformation industrielle, facteur clé de succès

La réussite dépend fondamentalement de l'accompagnement au changement sur le terrain : «le succès d'une innovation ne peut se produire que s'il est traduit dans les usages, lesquels ne sont pas prévisibles » (Norbert Alter 2013).

Dans le processus classique de conduite du changement (*Figure 6*), l'implémentation d'une solution « ayant fait ses preuves ailleurs » est entièrement préparée par le management et les fonctions support. Elle est alors plaquée sur la structure, l'accompagnement se résume à l'information et la formation *a posteriori*.

D'autres pratiques existent parmi lesquelles le toyotisme, le Lean, les méthodes d'amélioration continue ou encore Agile. Leur intérêt est le temps **d'appropriation par les équipes opérationnelles** de la transformation souhaitée par la Direction. Ce type de démarche inclut une phase d'apprentissage (*Figure 7*) sur le terrain impliquant essais-modifications : **une étape longue mais nécessaire** à l'adoption réelle. La solution opérée sur le terrain est ainsi toujours différente de la décision initiale³.

Si on positionne les projets de transformation financés par Bpifrance suivant deux axes - l'innovation extrinsèque du projet et l'accompagnement du changement, générateur de l'innovation intrinsèque⁴,

³ D'après « l'innovation ordinaire », Norbert Alter

⁴ On retrouve ainsi les éléments VRIO de l'approche Resource Based View, c'est-à-dire les éléments constitutifs de

l'avantage concurrentiel de l'entreprise. VRIO pour valuable, rare, inimitable and organization. Dans la RBV c'est l'agencement même des ressources internes qui devient une

Figure 8), - on constate que dans les projets, le degré d'innovation est plutôt fort, mais que **la dimension d'accompagnement au changement est souvent négligée**, faute d'une réflexion mûre sur le sujet. **Au risque technique inhérent au projet, s'ajoute alors le risque d'échec lié à la non-appropriation du projet par les équipes opérationnelles sur le terrain.**

Face à ces difficultés, **l'externalisation du projet** de transformation est une solution qui garantit une meilleure **maîtrise du calendrier**. Dans de nouveaux locaux, avec une nouvelle structure et des équipes spécifiquement recrutées, le risque de résistance au changement est effacé. C'est la configuration qui a été choisie par une entreprise passant de l'artisanat industriel de produits de haute technicité à la production en série, avec le même niveau d'exigence de coûts/qualité/délais. Cependant, dans ce schéma organisationnel, l'expérience ne contribuera pas à la transformation de l'outil de production.

Le processus de changement présenté

Figure 7 semble la voie adaptée à une transformation industrielle qui s'appuie sur un

patrimoine tout en mobilisant l'ensemble des équipes.



Figure 6 - processus de changement imposé

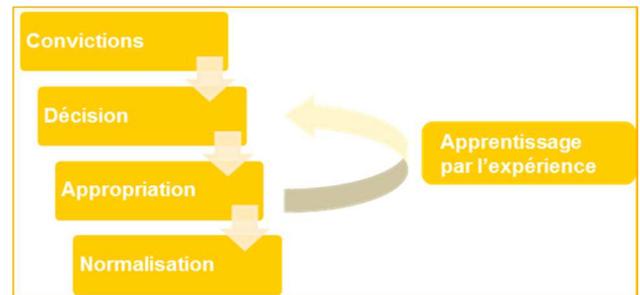


Figure 7 - Processus de changement approprié

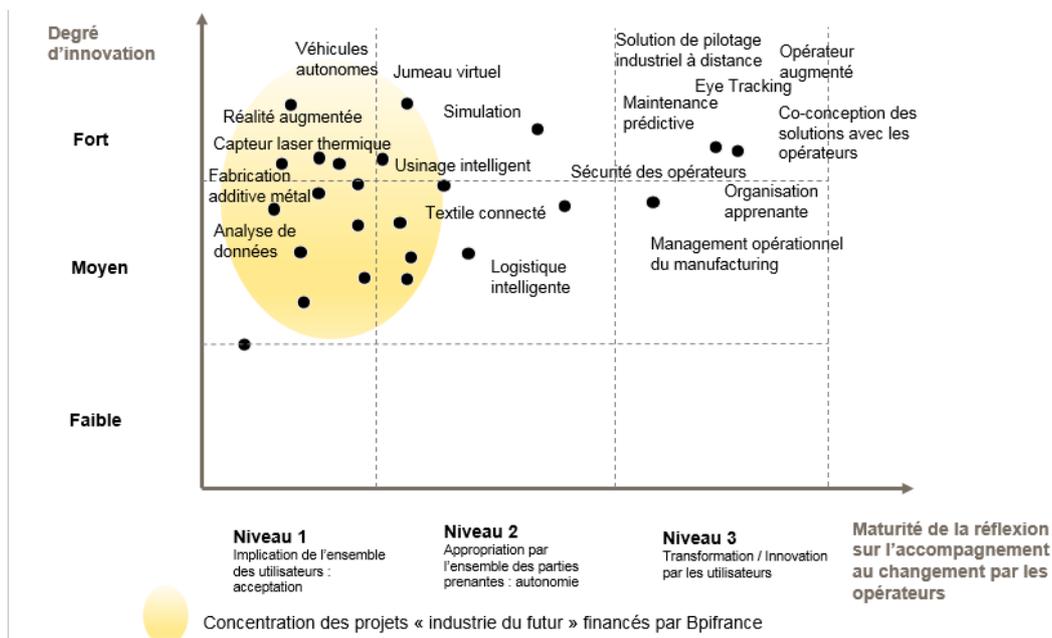


Figure 8 – Degré d'innovation « prévue » par le projet versus potentiel d'innovation apporté par les opérateurs

ressource et c'est même la ressource la plus créatrice d'avantage concurrentiel