



HAL
open science

Vers un système d'évaluation de la performance globale et multidimensionnelle de l'usine du futur

Marie-Helene Gentil, Catherine Merle

► **To cite this version:**

Marie-Helene Gentil, Catherine Merle. Vers un système d'évaluation de la performance globale et multidimensionnelle de l'usine du futur. CIGI QUALITA 2021, May 2021, Grenoble, France. hal-04465204

HAL Id: hal-04465204

<https://hal.science/hal-04465204v1>

Submitted on 20 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Vers un système d'évaluation de la performance globale et multidimensionnelle de l'usine du futur

MARIE-HELENE GENTIL¹, CATHERINE MERLE²

¹ Maître de conférences
IUT de Bordeaux/Université de Bordeaux, France
marie-helene.gentil@u-bordeaux.fr

² Maître de conférences
IUT de Bordeaux/Université de Bordeaux, France
catherine.merle@u-bordeaux.fr

Résumé

Le monde industriel, à l'image de notre monde, est en pleine transformation. Quels seront les impacts sur l'évaluation de la performance dans l'usine du futur ? L'objectif de cette communication est de proposer aux décideurs une méthode d'évaluation de la performance à travers l'exploration des relations croisées entre les multiples approches de la performance et l'évolution de l'entreprise.

Cette méthode permettra de prendre en compte l'impact des technologies sur les performances technologiques, financières, organisationnelles, environnementales, sociales, et sociétales.

Nous proposons un modèle multi-niveaux et multidimensionnel d'évaluation de la performance de l'usine du futur applicable dans toute structure industrielle.

Abstract

The industrial world, like our world, is changing. What will be the impacts on performance assessment in the factory of the future? The objective of this communication is to provide decision-makers with a method for evaluating performance through the exploration of the interrelationships between multiple approaches to performance and the evolution of the company.

This method will take into account the impact of technologies on technological, financial, organizational, environmental, social, and societal performance.

We propose a multi-level and multidimensional model to evaluate the performance of factory of the future applicable in any industrial structure

Mots Clés

Usine du Futur - Evaluation de la Performance - Méthode - Tableau de bord

Keywords

Factory of the Future - Performance Evaluation - Method – Dashboard

1 INTRODUCTION

L'usine du futur est souvent présentée comme une organisation ultra moderne par rapport à l'aspect technologique, numérique, et connectée. Elle est caractérisée par différentes technologies de type robots, cobots, fabrication additive, réalité virtuelle ou augmentée, réseaux de capteurs, logiciels de conception, etc... L'objectif de cette mutation est de permettre aux entreprises de rester compétitives et performantes.

Historiquement, la performance de l'entreprise était centrée sur les aspects économiques et financiers. Aujourd'hui, une vision globale et élargie de l'entreprise est indispensable pour satisfaire toutes les parties intéressées. Logiquement une vision multidimensionnelle permettrait de prendre en compte d'autres types de performance telle que par exemple la performance sociétale (environnementale, sociale, économique) ...

Comment la performance évolue et s'évalue dans l'usine du futur ? Quelle pourrait être la méthode qui permettrait d'évaluer au mieux l'usine dans le futur ? Comment intégrer la performance technologique de plus en plus présente dans l'usine du futur ?

Cette communication est découpée en deux parties. Dans la première partie nous définirons les concepts d'usine du futur et les différentes approches de la performance. Ce qui nous permettra de préciser la typologie de la performance choisie. Puis, nous présenterons dans une deuxième partie notre approche multi-niveaux d'évaluation de la performance dans le cadre de l'usine du futur.

2 CONTEXTE D'EVALUATION DE L'USINE DU FUTUR

2.1- Usine du futur

Le terme « Industrie 4.0 » a vu le jour en 2011, lorsqu'il a été cité pour la première fois au forum d'Hanovre suite à une

discussion entre les représentants de l'industrie, de la recherche, des syndicats et de l'état. Ce mot évoque à la fois l'industrie du futur, la Smart Factory ou bien encore l'usine connectée. [Blanchet et Varin, 2016], [Kohler et Weisz, 2016], [Julien et Martin, 2018], [André, 2019].

Plusieurs initiatives stratégiques sont nées à travers le monde : le « smart manufacturing » aux Etats-Unis, « l'Internet+ » en Chine, « l'industrie du futur » en France et « l'industrie 4.0 » en Allemagne. Le terme industrie 4.0 semble s'imposer au niveau international. L'industrie 4.0 vise à connecter l'ensemble des objets et intervenants tout au long de la chaîne de valeur au sein de l'usine de demain

L'objectif premier de l'initiative allemande n'est pas d'augmenter l'automatisation des productions, mais de rendre plus intelligents les modes de production à travers la mise en réseau des machines et des hommes.

L'usine du futur s'appuie sur de multiples technologies mises en place dans les entreprises. Le **cobot** (Collaborative Robot), ou robot coopératif est un robot destiné à produire une transformation matérielle tout en interagissant physiquement avec des humains dans un espace partagé. La **fabrication additive**, plus communément appelée impression 3D, permet de fabriquer des pièces complexes voire très complexes en un temps record. La **réalité augmentée**, contrairement à la réalité virtuelle, ajoute des informations dans notre champ visuel. En effet, elle affiche des informations en superposition de l'environnement visible (le monde réel). Elle permet d'ouvrir un large horizon aux simulations et reconstitutions. **L'internet des objets** (IoT : internet of things) caractérise des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capable de communiquer les uns avec les autres. Les nouvelles technologies de l'information, la miniaturisation des objets informatiques et la baisse des consommations énergétiques permettent d'incorporer des capacités de communication aux différents objets physiques. **L'intelligence artificielle** (deep learning) offre la possibilité d'exploiter intelligemment le « Big Data » (concept qui permet de traduire l'augmentation du volume de données à traiter par les entreprises). Cette technologie a pour objectif de traiter et d'analyser des données en temps réel. Les **jumeaux numériques** sont des copies virtuelles de tout systèmes, machines, processus, lignes de production, site. Ils évoluent en temps réel comme leurs jumeaux ou en accéléré, ce qui permet d'anticiper le comportement fonctionnel ou comportemental et améliore le pilotage, l'optimisation, et donc la performance du système jumelé.

A l'heure actuelle, les consommateurs souhaitent des produits de plus en plus personnalisés voire même uniques. L'industrie 4.0 représente non seulement ces nouvelles technologies mais aussi l'entrée dans l'ère de la personnalisation des produits. Grâce à cette révolution, les entreprises peuvent répondre à l'exigence d'un produit unique et personnalisé, tout en gardant un coût acceptable malgré les faibles volumes de production. L'industrie 4.0 est la représentation du pilotage industriel qui vise la synchronisation en temps réel des flux physiques et d'information et de la production des produits uniques et personnalisés à partir de la demande des clients. La mise en

œuvre de ces technologies participe à la recherche continue de compétitivité, d'amélioration et de performance.

En parallèle des changements technologiques, la place de l'homme et ses missions vont forcément évoluer de façon importante. Globalement, cela devrait entraîner une diminution de la « charge physique » (moins de pénibilité) et une augmentation de la « charge mentale et cognitive » (autonomie, responsabilisation). Le rôle des acteurs sera plus collectif et actif (intelligence collective, entreprise apprenante voire libérée), [Ivanov et al., 2020].

2.2- Le concept de performance

Le terme performance vient du latin et a pour origine le terme « perfomare » qui signifie « former entièrement ». Ce terme fait référence à la réalisation d'une action.

Selon Philippe Lorino [Lorino, 2003] : « est performance dans l'entreprise tout ce qui, et seulement ce qui contribue à atteindre les objectifs stratégiques ». La performance d'une entreprise s'articule aussi autour de l'amélioration du couple « valeur-coût » et tend ainsi vers la maximisation de la création nette de valeur.

Selon l'ISO 9000-2015, la performance est un « résultat mesurable » qui peut porter sur des éléments quantitatifs ou qualitatifs tout en restant basée sur des mesures [Iso9000, 2015].

De nombreux modèles et démarches de représentation de la performance sont traités dans la littérature [Camara et al., 2013] Aucun ne traite spécifiquement des aspects multidimensionnels de la performance de l'usine du futur.

Il existe également de multiples points de vue de la performance : « globale-locale », « valeur-coût », « interne-externe », « statique-dynamique », « coût-qualité-délai », « efficacité/efficience », productivité, flexibilité, réactivité, etc . [Estampe, 2015], [Hamadmad, 2017], [Moeuf, 2018].

La performance d'un processus ou d'un projet dépend à la fois de la qualité (le projet ou le processus doit répondre aux normes/exigences de qualité), du coût (respect du coût minimum), et du délai (le plus court possible).

L'efficacité est le degré de réalisation des objectifs. L'efficience est le rapport entre les ressources employées et les résultats atteints. L'effectivité est l'adéquation des objectifs, des moyens et des résultats au regard de la finalité du système. [Sénéchal, 2004].

La productivité est le rapport entre la production réalisée et les ressources mises en œuvre pour sa réalisation.

Une entreprise agile est capable de s'adapter rapidement à des changements inattendus de son environnement et recherche en continu la création de valeur. L'entreprise proactive doit être tournée vers le futur. Pour R. Pérez [Perez, 1995], une entreprise proactive est une entreprise qui ne « doit pas seulement s'adapter à des contraintes de marché, mais tenter de modifier ces contraintes en exploitant tout son potentiel dynamique ».

La performance est donc un concept complexe et multidimensionnel qui entraîne une perception différente des acteurs, des niveaux, de la structure, et des objectifs et par voie de conséquence des indicateurs, des variables d'action et des contraintes. C'est dans ce sens que la performance peut se décliner en fonction des différents angles, points de vues, aspects. Chaque décideur doit pouvoir construire son univers de performance et le faire évoluer dans un but ultime de pérennité, de compétitivité et d'amélioration.

Il existe différentes perceptions de la performance à chaque niveau décisionnel : stratégique, tactique et opérationnel. Nous avons choisi de retenir une approche globale de la performance en identifiant les critères déclinables aux trois niveaux décisionnels en termes de points de vues technologique, environnemental, social, économique, sociétal, financier et organisationnel.

Nous avons choisi de reprendre les trois niveaux de représentation de l'entreprise d'un point de vue de l'analyse systémique. Le niveau global prend en compte les objectifs du système, ses composants et leurs interactions, ses liens avec l'environnement, son infrastructure. Le niveau intermédiaire représente le comportement en utilisant le concept de processus ou de projet. Le niveau local met en évidence le comportement détaillé au travers du concept d'activité.

L'approche multidimensionnelle de la performance sera mise en cohérence avec la représentation des trois niveaux de l'usine du futur.

3 PROPOSITION POUR UNE EVALUATION DE LA PERFORMANCE DE L'USINE DU FUTUR

Dans la partie précédente, nous avons expliqué qu'il n'existe pas une vision « unique et universelle » de la performance. Au contraire, suivant le niveau décisionnel de l'entreprise et l'angle que l'on souhaite examiner, cette vision peut être différente. Elle dépend également des valeurs, des contraintes, des opportunités, des choix faits par l'entreprise. Elle peut même être différente suivant le moment ou la période examiné.

C'est pourquoi nous proposons une démarche inspirée des démarches de management des risques [Iso31000, 2018] ou management de la Qualité [Iso9001, 2015]. L'objectif est d'aboutir à la conception de tableaux de bord déclinables aux trois niveaux décisionnels en respectant les multiples points de vue de la performance. Dans le cadre de l'usine du futur, l'utilisation de jumeaux numériques par exemple permettra d'améliorer la traçabilité et le traitement des données, la génération des tableaux de bord, l'analyse des résultats obtenus et le reporting. Le jumeau numérique anticipera les résultats des indicateurs et ainsi, les délais de réponse seront

diminués, favorisant une réaction plus rapide aux variations diverses.

Sur la figure 1 présentant les grandes phases de la démarche, les étapes numérotées 1, 2, et 3 seront développées dans la suite du document.

Sur la base de la vision établie au plus haut niveau décisionnel, la performance sera évaluée au travers des indicateurs de performance déterminés à long terme au niveau stratégique (niveau usine du futur), à moyen terme (niveau tactique, processus ou projet) et court terme (niveau opérationnel, postes de travail). Les dimensions évaluées seront sélectionnées selon les besoins, attentes et valeurs de l'entreprise, son contexte et les parties intéressées pertinentes. La revue de performance sera un bilan régulier pour réévaluer les besoins d'amélioration du système en place. Le jumeau numérique anticipera les résultats du système réel. Tout le système pourra être amélioré si besoin et/ou régulièrement selon le résultat des « revues de performance » et du jumeau numérique. Tout ceci repose sur le principe du cycle PDCA (Plan, Do, Check, Act) [Deming, 1996] qui permet de planifier, mettre en œuvre, vérifier et adapter si nécessaire le système d'évaluation de la performance.

3.1 - Détermination de la vision stratégique, tactique et opérationnelle

Avant tout, il faut que l'entreprise détermine le domaine d'application, c'est-à-dire délimite le champ, l'étendue sur laquelle sera effectuée la future évaluation de la performance. Puis l'entreprise devra définir son contexte interne et externe. La prise en compte du contexte et des parties intéressées pertinentes vont permettre de définir les principaux axes à prendre en compte dans le futur cadre de l'évaluation de la performance. L'usine du futur ne peut se contenter de la vision historique et traditionnelle qui consistait à considérer exclusivement la voix des clients et fournisseurs. On parle désormais de « sphère d'influence » constituée des acteurs à la fois internes (personnel, syndicats...) et externes (clients, fournisseurs, actionnaires...).

Grâce à la transformation digitale de l'usine du futur, la communication et la collaboration avec toutes ces parties intéressées seront facilitées.

De plus, en interne, les salariés devraient constituer une partie intéressée plus active en raison de l'évolution de leurs rôles au sein de l'usine transformée. Leurs besoins et attentes vont évoluer transformant potentiellement ainsi les visions stratégiques, tactiques et opérationnelle de l'usine du futur. Ce seront des éléments constitutifs de la performance globale et de son évaluation.

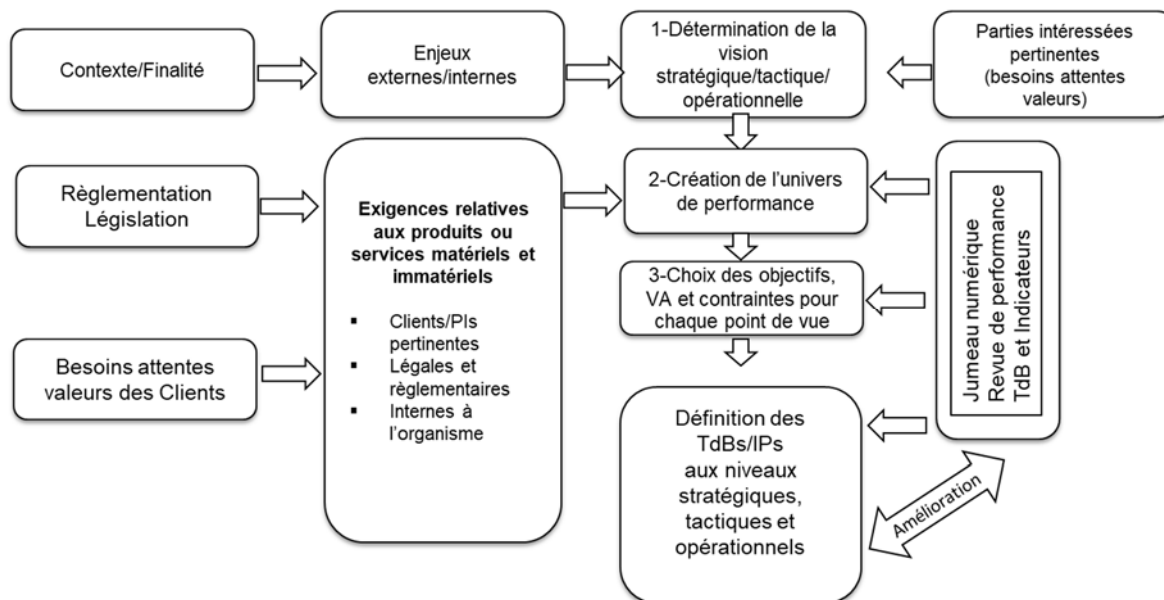


Figure 1 : La démarche de construction des tableaux de bord

3.2 - Création de l'univers de la performance

L'analyse réalisée dans l'étape précédente permettra de prendre en considération les intérêts de l'ensemble des composants de cette sphère d'influence. Quels aspects de la performance est-il important de considérer ?

Nous obtenons alors un « univers de la performance ».

Classiquement l'évaluation de la performance de l'entreprise se fait aux niveaux financier, économique, social, organisationnel, environnemental et sociétal. Pour l'évaluation de l'usine du futur, nous proposons l'ajout de l'aspect technologique décrit dans la partie précédente.

La **performance technologique** de l'usine de futur représente le niveau atteint en matière de nouvelles technologies (digitalisation, data, robots, intelligence artificielle, internet des objets...). La **performance financière** permet de mesurer la rentabilité de l'entreprise et sa capacité de financement des nouveaux projets. La **performance organisationnelle** représente la mesure de la performance de l'entreprise au niveau de la qualité, des délais, de la productivité et de la flexibilité. La **performance économique** permet de mesurer les composantes de la compétitivité, prix et compétitivité hors prix de l'entreprise. La **performance environnementale** représente les résultats mesurables de l'entreprise en relation avec les aspects environnementaux (pollution, déchets, consommation des ressources...). La **performance sociale** représente le niveau atteint par une entreprise d'un point de vue social (salaires, formations, compétences, bien-être, sécurité, autonomie...). En complément, la **performance sociétale** représente le niveau atteint dans les trois domaines

3.3 - Détermination des objectifs, indicateurs, variables d'action et/ou contraintes

Pour chaque niveau décisionnel, pour chaque point de vue de la performance que l'entreprise souhaite évaluer, il faudra déterminer l'objectif à atteindre, les variables à collecter, les indicateurs à calculer, pour ensuite pouvoir, lors de l'exploitation du tableau de bord, analyser les mesures obtenues. Les actions de pilotage de la performance seront

ensuite fixées en fonction des contraintes et suivant les variables d'action définies [Ravelomanantsoa et al., 2018], [Berrah L. et al., 2018].

Les tableaux 1,2 et 3 que nous avons construits permettent de présenter notre proposition de la performance de l'usine du futur selon la déclinaison des trois niveaux décisionnels. Notre approche est basée sur les principes de l'analyse systémique [Melese, 1991], [Yatchinovsky, 2018]. Cette modélisation de l'entreprise nous donne à la fois une vision globale de l'usine du futur et une décomposition plus détaillée en processus et activités.

Le tableau 1 permet d'illustrer la mise en œuvre de notre méthode pour l'usine du futur au niveau stratégique, dans les domaines de la performance environnementale, sociale, économique, sociétale, technologique, financière et organisationnelle.

Le même raisonnement devra être répété aux niveaux tactique et opérationnel. Le niveau tactique représente les décisions à moyen terme pour un système constitué de processus et de projets (tableau 2). Un processus est une ensemble d'activités corrélés ou en interaction qui utilise des éléments d'entrée pour produire un résultat escompté [ISO9000, 2015].

Le tableau 3 reprend le même raisonnement au niveau opérationnel. Le niveau opérationnel représente les décisions à court terme des systèmes décomposés en activités ou des postes de travail. Une activité est un ensemble de tâches élémentaires réalisées par une personne qui en maîtrise le savoir-faire et produisant un résultat escompté [ISO9000, 2015]. A ce niveau-là, les objectifs seront caractérisés par rapport aux 5 M (Matière, Milieu, Matériel, Main d'œuvre et Méthodes), [Barsalou, 2015].

Ces trois décompositions décisionnelles (Tableaux 1,2,3) vont permettre de construire une liste ouverte d'indicateurs intégrés dans des tableaux de bord pour faciliter l'analyse des situations et anticiper les évolutions souhaitables. Les tableaux de bord ainsi élaborés seront également des instruments de communication pour les différentes parties

intéressées de l'usine de futur. Chacun sera décliné en fonction des objectifs dans le but d'évaluer la performance de l'usine du futur soit dans sa globalité, soit à des niveaux plus détaillés.

Organisation	Points de vue de la performance	Objectifs	Variables d'action	Indicateurs
Usine du futur Approche système <i>Ensemble de processus</i>	Technologique	Intégrer et développer les nouvelles technologies	Innovation Résistance au changement	Digitalisation, Cyber sécurité, Connectivité Cloud computing
	Environnementale	Réduire l'empreinte carbone	Règlementation Pollution/déchets	Niveau de Pollution, Emission de gaz à effet de serre
	Sociale	Construire le bilan social Améliorer la qualité de vie au travail	Droit du travail Bilan social	Effectif, Satisfaction Turnover ...
	Economique	Optimiser le couple Valeur/Coût	Barrières à l'entrée Chaîne de valeur Concurrence	Valeur économique, Compétitivité prix, Compétitivité hors prix
	Sociétale	Mettre en œuvre l'économie circulaire, Contribuer au développement économique et social local	Pollution/Déchets Bilan social Chaîne de valeur	Niveau de Pollution, Type de compétences, Développement des parts de marchés,
	Financière	Garantir la rentabilité financière	Capacité financière, Capacité d'investissement	Cash flow, Chiffre d'affaires Retour sur investissement (ROI)
	Organisationnelle	Maîtriser la structure Assurer la résilience	Apprentissage organisationnel Résistance au changement	Degré de flexibilité Vitesse de mise en œuvre du changement

Tableau 1 : La performance au niveau stratégique (global/long terme/agrégé)

Organisation	Points de vue de la performance	Objectifs	Variables d'action	Indicateurs
Processus et/ou Projet <i>Quels processus ? Décomposition Chaîne de valeur Cartographie des processus ISO 9001-2015</i> <i>Ou</i> <i>Quels projets ? PERT GANTT</i>	Technologique	Planifier et mettre en place les nouvelles technologies	Innovation Ressources Résistance au changement	Robotisation- Cobot Internet des objets Jumeau numérique
	Environnementale	Recycler les produits et les composants	Caractéristiques techniques des ressources et des produits	Consommation d'énergie (kw/h) Quantité de produits recyclés
	Sociale	Gérer la qualité de vie au travail Construire un plan de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC)	Ressources humaines	Savoir-faire Communauté apprenante Autonomisation des équipes Compétences
	Economique	Améliorer le triptyque coût-qualité-délai	Mode de réponse au marché	Time to Market Satisfaction clients Coût de revient
	Sociétale	Recycler les produits et les composants Construire un plan de gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC) Améliorer le triptyque coût-qualité-délai	Caractéristiques techniques et produits et des ressources	Quantité de produits recyclés Compétences Coût de revient
	Financière	Gérer les investissements et les budgets	Ressources financières Budget	Chiffre d'affaires Résultats Marges
	Organisationnelle	Planifier les flux et ressources	Coût, qualité, délai	Lead time Takt time Cycle Time

Tableau 2 : La performance au niveau tactique (moyen terme/ intermédiaire)

Organisation	Points de vue de la performance	Objectifs	Variables d'action	Indicateurs
Activités <i>Ensemble de tâches ou postes de travail</i>	Technologique	Numériser les postes Améliorer la robustesse	Collecte des données Compétences Résistance au changement	Données traitées-Big data (volume, temps) Fabrication additive Réalité augmentée Impression3D
	Environnementale	Traiter les déchets Traiter les rejets	Caractéristiques techniques des ressources	Quantité de déchets au poste de travail par type Quantité d'eau usée
	Sociale	Assurer la qualité de vie au travail Améliorer l'ergonomie des postes de travail	Droit du travail Absentéisme Législation française	Nombre de jours d'absence, d'arrêts, d'accidents, Taux de fréquence et de gravité Accidents du travail
	Economique	Qualité des produits Respecter les délais de livraison Réduire les Coûts de revient	Satisfaction des exigences clients et réglementaires Fiabilité de la logistique Maîtrise des coûts	Produits non conformes Planning de livraison Coûts
	Sociétale	Traiter des déchets Assurer la qualité de vie au travail Améliorer le triptyque coût-qualité-délai	Type de déchets Satisfaction du personnel Coûts cachés	Quantité de déchets par type Nombre de formations Taux de satisfaction clients Taux de service Taux de productivité
	Financière	Réduire le coût de revient	Type de ressources Type de matières	Coût des matières Coût de transformation des ressources Coût logistique
	Organisationnelle	Piloter le système physique Gérer les flux physiques et d'informations	Cadence de production Capacité (hommes/machines)	Délai d'obtention du produit Taux de rendement synthétique

Tableau 3 : La performance au niveau opérationnel (local/ court terme /détaillé)

Le tableau 4 considère la dimension « technologique » sur les trois niveaux vus précédemment. La détermination des indicateurs est réalisée en utilisant la méthode d'identification des Objectifs/Variables d'action/Indicateurs selon chaque dimension étudiée [Bitton,1990].

Ainsi, l'aspect « innovation » se décline au niveau stratégique via la digitalisation (« La digitalisation représente la transformation d'un objet, outil, processus en un code informatique dans le but d'améliorer la performance et la rentabilité des entreprises »), au niveau tactique via les

nouvelles technologies permettant l'amélioration des flux des processus (robots/cobots, système d'information...) et au niveau opérationnel via les innovations pour faciliter le traitement des données (Big Data, internet, logiciel...).

Par exemple, les indicateurs déterminés permettent de mesurer au niveau stratégique le degré de digitalisation, au niveau tactique, le nombre de robots et de cobots, et au niveau opérationnel, des indicateurs sur le Big Data ou les logiciels...

Points de vue technologique de la performance	Objectifs	Variables d'action	Indicateurs
Stratégique	Intégrer et développer les nouvelles technologies	Innovation/digitalisation	Degré de digitalisation,
Tactique	Planifier et mettre en place les nouvelles technologies	Innovation/flux Innovation/Ressources	Nombre de Robots Nombre de Cobots % d'Informatisation du Système d'information Niveau de développement de l'Internet des objets et des Jumeaux numériques
Opérationnel	Numériser les postes Améliorer la robustesse	Innovation/Collecte des données	Big Data (volume, temps) Réseau Internet Logiciels

Tableau 4 : Déclinaison la performance technologique – exemple de la digitalisation

3.4 - Intérêts de la démarche proposée

Le principal intérêt de cette démarche est qu'elle s'appuie sur les transformations technologiques de l'usine du futur pour en tirer tous les bénéfices (rapidité, anticipation, efficacité).

Par contre, elle ne nécessite pas de compétences spécifiques ni de transformations profondes puisque basée sur des connaissances largement répandues dans les entreprises qui ont déjà mis en place une logique risque ou qualité de type ISO.

Ensuite, les tableaux de bord définis correspondent réellement aux attentes, besoins et valeurs des parties prenantes ainsi qu'au contexte interne/externe et à la stratégie. Ainsi nous assurons la réelle intégration de l'usine du futur dans son environnement local et global.

Les différents tableaux de bord définis aux niveaux stratégiques, tactiques et opérationnels seront cohérents et complémentaires. Ainsi nous éviterons de multiplier les données inutiles et les indicateurs qui ne servent à rien. A chaque niveau, on déterminera le tableau de bord optimal dans le contexte du moment, contenant les indicateurs importants, et utiles.

La performance évaluée prendra en compte l'ensemble des performances environnementales, économique, sociétales... suivant les axes prioritaires pour l'entreprise et ses parties intéressées pertinentes.

A chaque niveau décisionnel correspond un tableau de bord adéquat associé aux variables d'action et contraintes connues et disponibles à ce niveau. Ce qui garantit une action possible en cas de résultat non satisfaisant tout en ayant la connaissance des risques et des contraintes.

Et enfin, on voit bien qu'à tous les niveaux de l'entreprise chacun peut agir pour permettre d'améliorer la performance globale de l'usine du futur dans les différents domaines de l'environnement de la technologie de la finance ou du sociétal.

4 CONCLUSION

En conclusion, nous avons mis en évidence la nécessaire évaluation multi-niveaux et multidimensionnelle de la performance de l'usine du futur. En effet, les trois niveaux décisionnels de l'entreprise du futur : stratégique, tactique et opérationnel sont indispensables pour une évaluation cohérente et pertinente.

Dans notre réflexion, la performance de l'usine du futur prend en considération de façon simultanée les aspects technologiques, environnementaux, économiques, sociaux, sociétaux, financiers

Les perspectives de recherche concernent, dans la continuité de cette réflexion, l'étude des relations entre les différents niveaux (stratégiques, tactiques et opérationnels) et les différentes dimensions (technologiques, environnement, social, ...). En effet, il existe des liens et des relations, qu'il sera nécessaire d'étudier (hiérarchisation, causes-effet, corrélation).

Nous proposerons, dans le cadre de nos futurs travaux, l'application de la méthode au sein de plusieurs entreprises de différents secteurs d'activités et de différentes tailles.

En définitive, il n'existe pas de méthode universelle pour évaluer la performance de l'usine du futur. Nous espérons toutefois que notre proposition contribuera à construire une

approche pour construire un système d'évaluation qui intègre les aspects multicritères de la performance de l'usine du futur.

5 REFERENCES

- Andre J.C., (2019), « Industrie 4.0, paradoxes et conflits » *Iste Editions*.
- Barsalou M.A., (2015), « Root Cause Analysis: A Step-By-Step Guide to Using the Right Tool at the Right Time », *CRC Press*.
- Berrah L., Cliville V., Foulloy L., (2018), « Objectifs et performances industriels », *Iste Editions*.
- Bitton M., (1990), « ECOGRAI : méthode de conception et d'implantation de systèmes de mesure de performances pour organisations industrielles », *Thèse, Université Bordeaux*.
- Blanchet M., Varin P. (2016). « Industrie 4.0 nouvelle donne industrielle, nouveau modèle économique ». Gambais (Yvelines): Lignes de repères.
- Camara M. S., Ducq Y., Dupas R. (2013), « A methodology for the evaluation of interoperability improvements in inter-enterprises collaboration based on causal performance measurement models », *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*.
- Deming W.E. (1996), « Du nouveau en économie », *Economica*.
- Estampe D. (2015), « Performance de la supply chain et modèles d'évaluation », *Iste Editions*.
- Hamadmad H., (2017), « Définition d'une expression temporelle de la performance des entreprises manufacturières », *Thèse, Université de Grenoble*.
- Iso 9000 (2015) « Systèmes de management de la qualité - Principes essentiels et vocabulaire », *AFNOR*.
- Iso 9001 (2015), « Systèmes de management de la qualité – Exigences », *AFNOR*.
- Iso 31000 (2018), « Management du risque - Lignes directrices », *AFNOR*.
- Ivanov D. et al., (2020) « Researchers perspectives on industry 4.0 : multi-disciplinary analysis and opportunities for operations management », *International journal of production research*.
- Kohler D., Weisz J.D. (2016), « Industrie 4.0, les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand », *Paris, la documentation française*, p.26.
- Julien N., Martin (2018). « L'usine du futur stratégies et déploiement industrie 4.0, de l'IOT aux jumeaux numériques » Malakoff, *Dunod*.
- Lorino P., (2003), « Méthodes et pratiques de la performance », Editions d'organisation.
- Melese J., (1991), « l'analyse modulaire des systèmes, AMS : Une méthode efficace pour appliquer la théorie des systèmes de management », *Editions d'organisation*.
- Moeuf A., (2018), « Identification des risques, opportunités et facteurs critiques de succès de l'industrie 4.0 pour la performance industrielle des PME. », *Thèse, Université de Paris Saclay*.
- Perez R. (1989), « Contraintes stratégiques et logiques d'action des groupes alimentaires », *Economies et Sociétés, série AG, n°20, 23, n°7, pp.9-26*.
- Ravelomanantsoa M.S., Ducq Y., Vallespir B., (2019), « A state of the art and comparison of approaches

for performance measurement systems definition and design “, *International Journal of production research*. Vol. 57 - n°15-16 – pp 5026-5046

Senechal O. (2004), « Proposition d'une méthodologie pour l'aide à l'estimation des performances physico-économiques des systèmes de production dans une approche concourante », *Thèse, Université de Valenciennes*.

Yatchinovsky A. (2018), « L'approche systémique. Pour gérer l'incertitude et la complexité », *ESF*.