

Alexandre Moeuf

Département d'ingénierie numérique, Quartz  
3 rue Fernand Hainaut  
Saint-Ouen – France  
[alexandre.moeuf@exxelia.com](mailto:alexandre.moeuf@exxelia.com)

Samir Lamouri

LAMIH, Arts et Métiers Paristech  
151 Boulevard de l'Hôpital  
Paris – France  
[samir.lamouri@ensam.eu](mailto:samir.lamouri@ensam.eu)

Robert Pellerin

Département de mathématiques et de génie industriel,  
Polytechnique Montréal  
C.P. 6079, succ. Centre-ville.  
Montréal (Québec) – Canada  
[robert.pellerin@polymtl.ca](mailto:robert.pellerin@polymtl.ca)

Simon Tamayo

CAOR, Mines Paristech  
60 Boulevard Saint-Michel  
Paris – France  
[simon.tamayo@mines-paristech.fr](mailto:simon.tamayo@mines-paristech.fr)

Rodolphe Barbaray

Exxelia Group  
1 rue des temps modernes  
Chanteloup-En-Brie – France  
[rodolphe.barbaray@exxelia.com](mailto:rodolphe.barbaray@exxelia.com)

**Résumé (200 mots)** — Depuis les années 1990, le Juste-à-temps (JaT) s'est imposé comme un paradigme de pilotage permettant des gains importants en terme de productivité, de coût et de délai. Les principes du JaT sont complexes à implanter pour, les PME, Le concept d'industrie 4.0 apporte de nouveaux paradigmes de pilotage basés sur des moyens de mise-en-œuvre technologiques. Ce concept vise à la synchronisation en temps réel de l'ensemble de la supply chain facilitant ainsi la production de lots unitaires et personnalisés. À l'aide d'une analyse des principes du JaT et des moyens de mise-en-œuvre de l'industrie 4.0, nous montrons les synergies potentielles entre ces deux concepts. Il semble ainsi que l'industrie 4.0 puisse améliorer la réactivité de la synchronisation effectuée par le Kanban, et facilite l'implantation du concept JaT à des systèmes de production non répétitifs et peu standardisés.

**Mots-clés**—Juste-à-temps, industrie 4.0, lean manufacturing.

## I. INTRODUCTION

Depuis les années 1990, le *Toyota Production System* (TPS) c'est imposé comme un paradigme d'amélioration des performances opérationnelles[1]. Ce concept vise à la suppression systématique des gaspillages dans le but d'obtenir des baisses importantes concernant les coûts et les délais[2]. Cette méthode, bien qu'ayant fait ses preuves au sein des grandes entreprises[3]–[5]peine à s'implanter dans les PME. D'une part par manque de leadership et d'expertise [6]–[8], mais également parce que le TPS se révèle rigide pour les PME[9].

Le concept d'industrie 4.0 est né à Hanovre en 2011[10]. Ce concept se base sur l'apport des nouvelles technologies du

numérique, tirant profit des nouveaux systèmes de communication, de génération, de stockage et d'analyse de données[11]. L'industrie 4.0 vise à la synchronisation en temps réel de l'ensemble de la supply chain (SC) dans la but de produire des lots unitaires et personnalisés. Ce nouveau paradigme promeut une plus grande flexibilité et une meilleure coordination entre les partenaires[12].

L'objectif de cet article est de montrer les opportunités existantes de l'intégration de l'industrie 4.0 et du JaT. Pour cela, après avoir présenté les principes du JaT dans la section II, et les moyens de mise-en-œuvre de l'industrie 4.0 dans la section III, nous présentons une analyse croisée des deux concepts dans la section IV. Nous discutons des résultats obtenus dans la section V, nous concluons l'article dans la section VI.

## II. LE JUSTE-A-TEMPS

L'objectif de Toyota était de réaliser un grand nombre de modèles de voiture par petit lot de production. Le TPS vise à la suppression systématique de tous les gaspillages le long de la chaîne de valeur, il se base sur deux piliers[13] :

- le juste-à-temps ;
- l'autonomation.

Pour Ohno, le JaT vise à répondre au besoin en produits et matières dans la quantité demandée à la date demandée. Pour cela, le TPS exploite d'une part, le kanban, un moyen de communication entre l'aval et l'amont et d'autre part le flux tiré par l'aval pour viser la réduction des stocks et supprimer les surproductions.

Drew et al. [14] décrivent les 4 principes du JaT :

- Le flux continu : via les cellules de production, cela permet de fabriquer une pièce à la fois. La communication entre les processus est ainsi facilitée et les défauts rapidement repérés pour éviter de les propager[13].
- La production rythmée : via la synchronisation des processus, le rythme de production est adapté en fonction de la demande et du temps disponible. La surproduction est ainsi supprimée[15].
- Le flux tiré : principe de réapprovisionnement du flux aval à la demande. Permet de supprimer les problèmes de synchronisation des niveaux de stocks entre la réalité physique et le système d'information, tout en diminuant les tâches de planification centralisées[16].
- Le lissage de la production (heikunka) : permet d'optimiser l'exploitation des ressources, mais nécessite un personnel hautement polyvalent et qualifié dans le cadre d'une production non répétitive et peu standardisée[17].

Pettersen [18] ajoute à la liste ci-avant le principe de standardisation des processus nécessaire à l'exploitation du JaT. Belekoukias et al. [19] abordent le principe de production en cellule par regroupement des familles de produits sur les mêmes flux de production. Nous enrichissons, à partir des travaux de White[20], les principes du juste-à-temps en ajoutant :

- La polyvalence et la qualification des employés.
- L'approvisionnement en juste-à-temps.
- Le contrôle qualité à 100 % :

Im et Schonberger [21] montrent que le Kanban est une bonne pratique dans les environnements stables et pour des productions répétitives uniquement. Dans une étude sur l'implantation et l'exploitation du JaT dans les entreprises américaines, White et Prybutok [9] montrent qu'il y a des écarts significatifs de performance du JaT entre les entreprises à processus répétitifs et non répétitifs pour sept principes : cercles qualifiés, standardisation des processus, TPM (maintenance totale), réduction des temps de changement de série, lissage de la production, kanban et achat en JaT. Pour Drew et al. [14] le kanban et le rythme de la production doivent être remis à jour pour s'ajuster à la demande ; le calcul du nouveau tempo et le rééquilibrage des lignes de production étant complexe, même chez Toyota cela n'a lieu qu'une à deux fois par année ne permettant pas de répondre aux variabilités fréquentes de la demande. Le JaT manque de flexibilité, Harrison [22] montre que les entreprises ayant adopté le concept JaT trouvent le concept d'agilité difficile à appliquer. Goldsby et al. [23] notent que le JaT et l'agilité sont deux paradigmes opposés qui ne peuvent pas coexister.

Le JaT ne répond pas systématiquement aux besoins spécifiques des PME, l'industrie 4.0 semblent apporter de nouveaux éléments permettant un enrichissement du JaT.

Nous décrivons ce nouveau concept et listons les moyens de mise-en-œuvre de l'industrie 4.0 dans la section suivante.

### III. L'INDUSTRIE 4.0

Des groupes technologiques tels que l'internet des objets[24], [25], les algorithmes d'analyse des données massives (*big data*)[26]–[28] ainsi que l'infonuagique (*cloud computing*) et l'amélioration des réseaux[29] sont récemment entrés dans le monde industriel. L'industrie 4.0 vise à la synchronisation en temps réel de l'ensemble de la SC et se base sur l'émergence de ces nouvelles technologies que nous regroupons sous le terme de moyens de mise-en-œuvre de l'industrie 4.0[30] :

- **L'analyse de données massives** : en temps réel ou différée, les données massives recèlent des sources de valeurs ajoutées tant sur le plan commercial que sur le plan industriel[31]–[33].
- **La simulation et l'optimisation** : la modélisation des produits, des lignes de production et des réseaux multi-sites permet de simuler différents scénarii à l'aide d'outils informatiques, voire d'appliquer des algorithmes d'optimisation sur les modèles définis[34]–[36].
- **Les robots collaboratifs** : les robots plus flexibles, communicants et coopératifs permettent une meilleure collaboration avec l'humain lors des tâches les plus minutieuses[37].
- **L'internet des objets (IoT)** : les objets embarquent des modes de communications permettant la génération de données en temps réel sur l'état des systèmes suivis[11].
- **Les systèmes cyber physiques (CPS)** : les systèmes sont dotés de capacité de communication avec leur environnement, de stockage de données et de calcul favorisant ainsi la reconfiguration en temps réel pour répondre aux besoins[38].
- **L'infonuagique** : les réseaux numériques rendent applications et données disponibles partout en temps réel sur n'importe quel terminal[12], [39].
- **La réalité augmentée** : exploitant des systèmes tels que les *smart glasses* de Google®, les données sont intégrées directement dans le champ de vision des collaborateurs[40].
- **La communication entre machines** : les machines peuvent communiquer, la gestion des parcs machines devient ainsi autonome.
- **La cybersécurité** : la sécurisation des moyens de communication favorisant la protection des actifs informatiques matériels et immatériels des entreprises et des réseaux[41].

Ces moyens de mise en œuvre présentent de nombreux intérêts pour le JaT. Nous avons effectué une analyse de ces moyens de mise-en-œuvre avec les principes du JaT identifiés dans la section II. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la section suivante.

#### IV. L'APPORT DE L'INDUSTRIE 4.0 AU JUSTE-A-TEMPS

Nous avons identifié les impacts potentiels des moyens de mise-en-œuvre de l'industrie 4.0 pour chaque principe du JaT identifié dans la section II. Les résultats de l'analyse sont présentés dans le TABLEAU 1.

##### A. Lissage de la production

La difficulté principale du lissage de la production est de répondre aux variations de la demande. L'internet des objets et de l'infonuagique permettent de générer et de stocker les données massives afin d'obtenir des modèles prédictifs de la demande de manière fiable[28].

Les travaux de Peng et al. [42]présentent un algorithme permettant l'optimisation de la gestion des ressources distribuées dans un contexte collaboratif. Cette optimisation répond aux besoins des productions en job shop que connaissent les PME. Les travaux de Barenji et al. [43]présentent également un logiciel de simulation et d'optimisation de planning prenant en compte les variations de la demande et les perturbations de production.

Les systèmes cyber physiques ainsi que la communication entre les machines permettent une réponse en temps réel à une variation de la demande ou à une perturbation de production, le rééquilibrage de la production est ainsi instantané.

##### B. Le flux tiré

Le Kanban présente l'inconvénient d'imposer la génération d'un stock tampon pour réapprovisionner les processus en aval et d'être dimensionné en fonction de la demande, ce qui présente un risque en cas de forte variabilité.

L'exploitation de l'internet des objets permet d'obtenir une image virtuelle de la situation du système piloté en temps réel. Par exemple, les travaux de Denkena et al. [31]présentent l'exploitation de l'IoT pour la cartographie du flux de production dans le cadre d'une démarche Lean Manufacturing. Sena Ferreira et al. [44]exploitent l'IoT pour mesurer en temps réel les performances des unités au sein d'une entreprise virtuelle impliquant plusieurs partenaires.

Shamsuzzoha et al.[45]présentent une plateforme cloud computing, couplée à l'internet des objets pour surveiller le flux de production distribué entre plusieurs entreprises partenaires et ainsi synchronisé le flux amont en fonction de la demande aval.

##### C. Production rythmée, flux continu et processus synchronisé

Ohno décrit le flux continu, le processus synchronisé et la production rythmée comme les conditions de base pour la suppression des gaspillages dans le respect du flux tiré.

La synchronisation en temps réel et l'organisation autonome des cellules de production favorisent le rééquilibrage des productions distribuées en temps réel [46] alors que ce rééquilibrage était dimensionnant dans les années 1990. De même, les CPS favorisent la flexibilité des cellules de production, ainsi, l'industrie 4.0 semble permettre au JaT de s'adapter aux contraintes particulières des PME, les *job shop* complexes et les productions non répétitives.

##### D. Polyvalence et qualification des employés

Pour appliquer les préceptes du JaT, il est nécessaire que les collaborateurs soient polyvalents et qualifiés dans les environnements non répétitifs et peu standardisés[2], [14].

Les travaux de Quint et al. [47]présentent l'exploitation de la réalité augmentée pour la formation des collaborateurs. L'exploitation d'un tel outil favorise l'apprentissage en simulant des situations réelles[48].

Hao et Helo[25]présentent l'exploitation de la réalité augmentée, couplée à l'IoT et à l'infonuagique, pour transmettre à l'utilisateur les données nécessaires à la réalisation d'une tâche en fonction de l'environnement et du contexte. Il en résulte une amélioration de la prise de décision et de la réaction en cas de perturbation, ainsi qu'une amélioration de la qualité de réalisation de la tâche.

##### E. Production en cellule

Les systèmes cyber physiques ainsi que la communication entre les machines favorisent la production par des cellules flexibles et autonomes.

Les travaux de Wang et al. [49] présentent un algorithme de prise de décision distribuée au sein d'une unité autonome. La réactivité à un changement est ainsi améliorée et évite la propagation d'un défaut constaté.

##### F. Achat en juste-à-temps

L'exploitation du kanban électronique favorise la gestion des achats en JaT. Les travaux de MacKerron et al. [50] présentent l'exploitation de l'IoT pour favoriser le partage d'information avec un fournisseur et ainsi diminuer les niveaux de stock de sécurité.

##### G. Contrôle total de la qualité

A partir du suivi en temps réel du système physique, il est possible d'identifier les dérives et ainsi corriger immédiatement les processus. C'est ce que présentent les travaux de Lanza et al. [51], ils exploitent les CPS et un algorithme d'optimisation pour évaluer les dérives des processus et corrigent en temps réel l'ensemble des processus.

#### V. DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES

Le JaT et l'industrie 4.0 ont plusieurs objectifs en commun. L'autonomie des processus, la réponse à la demande des clients et la synchronisation de l'ensemble de la chaîne logistique.

L'industrie 4.0 peut impacter positivement les principes du JaT, voire rend obsolète la standardisation des processus et des produits, le flux continu et la production rythmée permettant l'extension du JaT sur des productions non répétitives et peu standardisées.

La suppression de ces principes améliore la flexibilité du JaT et permet de répondre aux besoins spécifiques de nombreuses PME dont les productions ne sont pas répétitives et les processus non standardisés.

TABLEAU 1 : L'APPORT DE L'INDUSTRIE 4.0 AUX PRINCIPES DU JUSTE-A-TEMPS

		Principes du Juste à temps									
		Lissage de la production (heikunka)	Flux tirés (Kanban)	Production rythmée ( <i>takt</i> )	Processus synchronisés	Polyvalence et qualification des employés	Production en cellule	Achats en juste-à-temps	Contrôle total de la qualité	Standardisation des processus et des produits	
Les moyens de mise-en-œuvre de l'industrie 4.0	<b>Analyse Big Data</b>	Modèle prédictif de la demande[52]		Modèle prédictif de la planification[52]				Modèle prédictif des besoins[52]	Maintenance prédictive multi-sites[52]		
	<b>Simulation / optimisation</b>	Optimisation des plans de production[43], [53]		Equilibrage de la production[42]				Optimisation des cellules de production[54]	Optimisation des processus en fonction des aléas[43]		
	<b>Robots collaboratifs</b>						Collaboration entre l'humain et la machine [55]			Flexibilité des cellules de production[56]	
	<b>Internet des objets</b>	Suivi de la production tout au long de la SC[45]	Suivi de la production tout au long de la SC[45]	Suivi de la production tout au long de la SC[45]	Suivi de la production tout au long de la SC[45]		Prise en compte de l'environnement[25]		Suivi de la production tout au long de la SC[50]	Contrôle qualité en fonction de la demande[57]	
	<b>Systèmes-cyber-physique</b>	Ordonnancement local optimisé par les CPS[54]		Décentralisation de l'ordonnancement[25]	Synchronisation en temps réel tout au long de la SC[25]		Prise en compte de l'environnement[25]	Cellules de production flexibles[54]		Contrôle à 100% automatique[57]	Cellules de production flexibles et autonomes[54]
	<b>Cloud computing</b>	Partage des informations tout au long de la SC[58]	Kanban électronique en temps réel[50]	Transmission des informations de pilotage tout au long de la SC[45]	Partage des informations tout au long de la SC[59]		Partage et échange des connaissances entre employés[60]		Partenariat facilité au sein des entreprises virtuelles[61]		
	<b>Réalité augmentée</b>						Facilite la formation des employés et l'accès aux documents de production[25]			Documents de contrôle à disponibilité[25]	Document de production à disponibilité
	<b>Communication entre machines</b>	Gestion des aléas en autonomie sur les cellules de production[43]		Gestion des vitesses de production tout au long de la SC[43]	Synchronisation en temps réel tout au long de la SC[43]			Cellules de production flexibles[43]			Reconfiguration de la production en temps réel[43]
	<b>Cybersécurité</b>	Sécurisation du partage d'informations[62]	Sécurisation du partage d'informations[62]	Sécurisation du partage d'informations[62]	Sécurisation du partage d'informations[62]	Sécurisation du partage d'informations[62]	Sécurisation du partage d'informations[62]		Sécurisation du partage d'informations[62]		

D'autre part, l'industrie 4.0 permet d'enrichir les autres principes du JaT. La synchronisation en temps réel de l'ensemble de la chaîne logistique répond au même besoin que le Kanban, mais permet une réactivité plus rapide. De même, le rééquilibrage des chaînes logistiques est instantané grâce au partage accru des données à travers l'infonuagique et les entreprises virtuelles, tirant profit de la flexibilité permise par les CPS et la communication entre les machines.

Cependant, même si les deux concepts semblent converger vers des objectifs similaires, l'industrie 4.0 fait appel à des technologies nouvelles. Le kanban prends appuie sur la simplicité d'utilisation[13], alors que l'industrie 4.0 se compose de moyens de mise-en-œuvre complexes. D'une part, les environnements standardisés facilitent la polyvalence des employés sur de multiples postes de travail, la flexibilité permise par l'industrie 4.0 peut avoir un impact important sur les collaborateurs d'une entreprise comme le suggèrent les travaux de Dombrowski et Wagner (2014). D'autre part, l'expertise nécessaire à l'exploitation de l'industrie 4.0 contraste avec la facilité d'exploitation de certain principe du JaT. Les PME manque d'expertise comme nous l'avons déjà montré lors de nos travaux précédents [8].

Afin de compléter notre recherche et de valider les synergies positives entre les deux concepts, il est nécessaire de définir une méthode de mise en œuvre de l'industrie 4.0 et d'un principe du JaT comportant les éléments suggérés par Zellner[63], puis d'effectuer un cas d'étude de mise en œuvre de la méthode.

## VI. CONCLUSION

L'objectif de cet article était de montrer les synergies potentielles entre l'industrie 4.0 et le juste-à-temps. A l'aide d'un comparatif des moyens de mise-en-œuvre de l'industrie 4.0 et des principes du JaT, nous avons montré que l'industrie 4.0 peut enrichir le JaT en améliorant la performance et la flexibilité.

Le juste-à-temps est l'un des piliers du Lean Manufacturing, un travail similaire doit être réalisé sur les autres piliers tels que l'autonomation [13], l'affectation dynamique des ressources [14] et le management des ressources humaines [6] afin de vérifier si les synergies potentielles identifiées entre le juste-à-temps et l'industrie 4.0 s'étendent à l'ensemble du Lean Manufacturing.

Si ces synergies sont confirmées, l'industrie 4.0 pourrait compléter une démarche longuement éprouvée qu'est le Lean Manufacturing en permettant à de nouveaux modèles d'affaire, tels que ceux des PME, de tirer profit du Lean Manufacturing.

## VII. REFERENCES

- [1] P. Hines, M. Holweg, and N. Rich, 'Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking', *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 24, no. 10, pp. 994–1011, Oct. 2004.
- [2] J. P. Womack and T. J. Daniel, *Lean thinking*, First Free. Simon & Schuster, Inc., 2003.
- [3] J. K. Liker, *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, vol. 4, no. 1. 2007.
- [4] R. Panizzolo, P. Garengo, M. K. Sharma, and A. Gore, 'Lean manufacturing in developing countries: evidence from Indian SMEs', *Prod. Plan. Control*, vol. 23, no. 10–11, pp. 769–788, 2012.
- [5] N. Rose, A.M.N., Deros, B.Md., Rahman, M.N.Ab. & Nordin, 'Lean manufacturing best practices in SMEs', *Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 1, no. 1, pp. 872–877, 2011.
- [6] R. Shah and P. T. Ward, 'Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance', *J. Oper. Manag.*, vol. 21, no. 2, pp. 129–149, 2003.
- [7] P. Achanga, E. Shehab, R. Roy, and G. Nelder, 'Critical success factors for lean implementation within SMEs', *J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 17, no. 4, pp. 460–471, 2006.
- [8] A. Moëuf, S. Tamayo, S. Lamouri, R. Pellerin, and A. Lelievre, 'Strengths and weaknesses of small and medium sized enterprises regarding the implementation of lean manufacturing', *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 12, pp. 71–76, 2016.
- [9] R. E. White and V. Prybutok, 'The relationship between JIT practices and type of production system', *Omega*, vol. 29, no. 2, pp. 113–124, Apr. 2001.
- [10] D. Kohler and J.-D. Weisz, *Industrie : Les défis de la transformation numérique du modèle industriel allemand*. Paris, 2016.
- [11] P. Kopacek, 'Automation and TECIS', *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 24, pp. 21–27, 2015.
- [12] P. Gupta, A. Seetharaman, and J. R. Raj, 'The usage and adoption of cloud computing by small and medium businesses', *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 33, no. 5, pp. 861–874, Oct. 2013.
- [13] T. Ohno, *The Toyota Production System — Beyond Large-Scale Production*. 1988.
- [14] J. Drew, B. McCallum, and S. Roggenhofer, *Objectif Lean*, Dixième ti. Paris: Eyrolles, 2004.
- [15] R. M. Ali and A. M. Deif, 'Dynamic lean assessment for takt time implementation', *Procedia CIRP*, vol. 17, pp. 577–581, 2014.
- [16] N. A. A. Rahman, S. M. Sharif, and M. M. Esa, 'Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation', *Procedia Econ. Financ.*, vol. 7, no. Icebr, pp. 174–180, 2013.
- [17] J. Slomp, J. a. C. Bokhorst, and R. Germs, 'A lean production control system for high-variety/low-volume environments: a case study implementation', *Prod. Plan. Control*, vol. 20, no. 7, pp. 586–595, 2009.
- [18] J. Pettersen, 'Defining lean production: some conceptual and practical issues', *TQM J.*, vol. 21, no. 2, pp. 127–142, 2008.
- [19] I. Belekoukias, J. A. Garza-Reyes, and V. Kumar, 'The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations', *Int. J. Prod. Res.*, no. July 2014, pp. 1–

- 21, 2014.
- [20] R. E. White, J. N. Pearson, and J. R. Wilson, 'JIT Manufacturing: A Survey of Implementations in Small and Large U.S. Manufacturers', *Manage. Sci.*, vol. 45, no. 1, pp. 1–15, Jan. 1999.
- [21] J. H. Im and R. J. Schonberger, 'The pull of Kanban', *Prod. Invent. Manag. J.*, vol. 4, no. 29, p. 54, 1988.
- [22] A. Harrison, 'From leanness to agility', *Manuf. Eng.*, vol. 76, no. 6, pp. 257–260, Dec. 1997.
- [23] T. J. Goldsby, S. E. Griffis, and A. S. Roath, 'MODELING LEAN, AGILE, AND LEAGILE SUPPLY CHAIN STRATEGIES', *J. Bus. Logist.*, vol. 27, no. 1, pp. 57–80, Mar. 2006.
- [24] R. M. Dijkman, B. Sprekels, T. Peeters, and A. Janssen, 'Business models for the Internet of Things', *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 35, no. 6, pp. 672–678, Dec. 2015.
- [25] Y. Hao and P. Helo, 'The role of wearable devices in meeting the needs of cloud manufacturing: A case study', *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, p. , Oct. 2015.
- [26] R. F. Babiceanu and R. Seker, 'Big Data and virtualization for manufacturing cyber-physical systems: A survey of the current status and future outlook', *Comput. Ind.*, vol. 81, no. 2015, pp. 128–137, Sep. 2016.
- [27] M. Chen, S. Mao, and Y. Liu, 'Big Data: A Survey', *Mob. Networks Appl.*, vol. 19, no. 2, pp. 171–209, Apr. 2014.
- [28] H. Mousannif, H. Sabah, Y. Douiji, and Y. Oulad Sayad, 'Big data projects: just jump right in!', *Int. J. Pervasive Comput. Commun.*, vol. 12, no. 2, pp. 260–288, Jun. 2016.
- [29] X. Xu, 'From cloud computing to cloud manufacturing', *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–86, Feb. 2012.
- [30] M. Rubmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel, and M. Harnisch, 'Industry 4.0: the future of productivity and growth in manufacturing industries', 2015.
- [31] B. Denkena, J. Schmidt, and M. Krüger, 'Data Mining Approach for Knowledge-based Process Planning', *Procedia Technol.*, vol. 15, pp. 406–415, 2014.
- [32] F. Rago, 'A Smart Adaptable Architecture Based on Contexts for Cyber Physical Systems', *Procedia Comput. Sci.*, vol. 61, pp. 301–306, 2015.
- [33] N. Kushiro, S. Matsuda, and K. Takahara, 'Model Oriented System Design on Big-data', *Procedia Comput. Sci.*, vol. 35, no. C, pp. 961–968, 2014.
- [34] A. Azevedo and A. Almeida, 'Factory Templates for Digital Factories Framework', *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 27, no. 4, pp. 755–771, Aug. 2011.
- [35] A. Mehraei, B. Henriksen, C. C. Røstad, K. A. Hribernik, and K.-D. Thoben, 'Make-to-XGrade for the Design and Manufacturing of Flexible, Adaptive, and Reactive Products', *Procedia CIRP*, vol. 21, pp. 199–205, 2014.
- [36] I. Veza, M. Mladineo, and N. Gjeldum, 'Managing Innovative Production Network of Smart Factories', *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 3, pp. 555–560, 2015.
- [37] C. Constantinescu, D. Popescu, P.-C. Muresan, and S.-I. Stana, 'Exoskeleton-centered Process Optimization in Advanced Factory Environments', *Procedia CIRP*, vol. 41, pp. 740–745, 2016.
- [38] X. Yue, H. Cai, H. Yan, C. Zou, and K. Zhou, 'Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight', *Microprocess. Microsyst.*, vol. 39, no. 8, pp. 1262–1270, Nov. 2015.
- [39] Z. Wu, Z. Gao, Y. Cao, X. Ye, and J. Yang, 'Tolerance Design and Adjustment of Complex Customized Product Based on Cloud Manufacturing', *Procedia CIRP*, vol. 27, pp. 169–175, 2015.
- [40] J. Lee, S. Han, and J. Yang, 'Construction of a computer-simulated mixed reality environment for virtual factory layout planning', *Comput. Ind.*, vol. 62, no. 1, pp. 86–98, Jan. 2011.
- [41] D. Airehrou, J. Gutierrez, and S. K. Ray, 'Secure routing for internet of things: A survey', *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 66, pp. 198–213, May 2016.
- [42] G. Peng, Y. Jiang, J. Xu, and X. Li, 'A collaborative manufacturing execution platform for space product development', *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 62, no. 5–8, pp. 443–455, Sep. 2012.
- [43] A. V. Barenji, R. V. Barenji, D. Roudi, and M. Hashemipour, 'A dynamic multi-agent-based scheduling approach for SMEs', *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Aug. 2016.
- [44] P. Sena Ferreira, A. H. M. Shamsuzzoha, C. Toscano, and P. Cunha, 'Framework for performance measurement and management in a collaborative business environment', *Int. J. Product. Perform. Manag.*, vol. 61, no. 6, pp. 672–690, Jul. 2012.
- [45] A. Shamsuzzoha, C. Toscano, L. M. Carneiro, V. Kumar, and P. Helo, 'ICT-based solution approach for collaborative delivery of customised products', *Prod. Plan. Control*, vol. 27, no. 4, pp. 280–298, Mar. 2016.
- [46] S. Wang, J. Wan, D. Li, and C. Zhang, 'Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook', *Int. J. Distrib. Sens. Networks*, vol. 2016, pp. 1–10, 2016.
- [47] F. Quint, K. Sebastian, and D. Gorecky, 'A Mixed-reality Learning Environment', *Procedia Comput. Sci.*, vol. 75, no. Vare, pp. 43–48, 2015.
- [48] F. Pürzel, M. Lorenz, E. Wittstock, V. Wittstock, and R. Neugebauer, 'Applications of a Modular Interaction Framework for Virtual Reality Testing in a Smart Environment', *Procedia CIRP*, vol. 9, pp. 35–39, 2013.
- [49] X. V. Wang and L. Wang, 'A cloud-based production system for information and service integration: an internet of things case study on waste electronics', *Enterp. Inf. Syst.*, vol. 7575, no. September, pp. 1–17, Aug. 2016.
- [50] G. MacKerron, M. Kumar, V. Kumar, and A. Esain, 'Supplier replenishment policy using e-Kanban: A

- framework for successful implementation', *Prod. Plan. Control*, vol. 25, no. 2, pp. 161–175, Jan. 2014.
- [51] G. Lanza, B. Haefner, and A. Kraemer, 'Optimization of selective assembly and adaptive manufacturing by means of cyber-physical system based matching', *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 64, no. 1, pp. 399–402, 2015.
- [52] Z. Bi and D. Cochran, 'Big data analytics with applications', *J. Manag. Anal.*, vol. 1, no. 4, pp. 249–265, Oct. 2014.
- [53] M. Matsuda, K. Kashiwase, and Y. Sudo, 'Agent Oriented Construction of a Digital Factory for Validation of a Production Scenario', *Procedia CIRP*, vol. 3, no. 1, pp. 115–120, 2012.
- [54] M. Givehchi, A. Haghghi, and L. Wang, 'Generic machining process sequencing through a revised enriched machining feature concept', *J. Manuf. Syst.*, vol. 37, pp. 564–575, Oct. 2015.
- [55] A. Khalid, P. Kirisci, Z. Ghrairi, K.-D. Thoben, and J. Pannek, 'A methodology to develop collaborative robotic cyber physical systems for production environments', *Logist. Res.*, vol. 9, no. 1, p. 23, Dec. 2016.
- [56] H. C. F. S. K. O. A. Y. C. Nee, 'A novel augmented reality-based interface for robot path planning', *Int. J. Interact. Des. Manuf.*, vol. 8, no. 1, pp. 33–42, 2014.
- [57] D. M. Segura Velandia, N. Kaur, W. G. Whittow, P. P. Conway, and A. A. West, 'Towards industrial internet of things: Crankshaft monitoring, traceability and tracking using RFID', *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 41, pp. 66–77, Oct. 2016.
- [58] L. Ren, L. Zhang, F. Tao, C. Zhao, X. Chai, and X. Zhao, 'Cloud manufacturing: from concept to practice', *Enterp. Inf. Syst.*, vol. 9, no. 2, pp. 186–209, Feb. 2015.
- [59] T. Song, H. Liu, C. Wei, and C. Zhang, 'Common engines of cloud manufacturing service platform for SMEs', *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 73, no. 1–4, pp. 557–569, Jul. 2014.
- [60] C. L. Constantinescu, E. Francalanza, and D. Matarazzo, 'Towards Knowledge Capturing and Innovative Human-system Interface in an Open-source Factory Modelling and Simulation Environment', *Procedia CIRP*, vol. 33, pp. 23–28, 2015.
- [61] B. Huang, C. Li, C. Yin, and X. Zhao, 'Cloud manufacturing service platform for small- and medium-sized enterprises', *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 65, no. 9–12, pp. 1261–1272, Apr. 2013.
- [62] P. Holtewert, R. Wutzke, J. Seidelmann, and T. Bauernhansl, 'Virtual Fort Knox Federative, Secure and Cloud-based Platform for Manufacturing', *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 527–532, 2013.
- [63] G. Zellner, 'A structured evaluation of business process improvement approaches', *Bus. Process Manag. J.*, vol. 17, no. 2, pp. 203–237, 2011.