



HAL
open science

La structuration des connaissances au service de l'industrie 4.0 : Le cas du projet " SmartEmmma "

Oussama Meski, Florent Laroche, Farouk Belkadi, Benoit Furet

► To cite this version:

Oussama Meski, Florent Laroche, Farouk Belkadi, Benoit Furet. La structuration des connaissances au service de l'industrie 4.0 : Le cas du projet " SmartEmmma ". 16ème colloque national S-mart/AIP-PRIMECA, Apr 2019, les Karelis, France. hal-02302396

HAL Id: hal-02302396

<https://hal.science/hal-02302396v1>

Submitted on 18 Oct 2019

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.

La structuration des connaissances au service de l'industrie 4.0 : Le cas du projet « SmartEmma »

Oussama MESKI

Laboratoire LS2N, 1 rue de la Noë 44321
Nantes Cédex 03

Oussama.Meski@univ-nantes.fr

Farouk BELKADI

Laboratoire LS2N, 1 rue de la Noë 44321
Nantes Cédex 03

farouk.belkadi@ls2n.fr

Florent LAROCHE

Laboratoire LS2N, 1 rue de la Noë 44321
Nantes Cédex 03

Florent.Laroche@ls2n.fr

Benoit FURET

Laboratoire LS2N, 1 rue de la Noë 44321
Nantes Cédex 03

Benoit.Furet@ls2n.fr

***Résumé—** Cet article discute des apports des méthodes de capitalisation et structuration des connaissances pour l'amélioration de la performance dans le contexte de l'industrie du futur. A travers une présentation du projet ANR SmartEmma, les problématiques de l'industrie de demain sont introduites. En particulier, les apports de la capitalisation et la structuration des connaissances dans des systèmes experts sont adressés dans le contexte de l'usinage des pièces mécaniques aéronautiques. L'objectif est d'améliorer la performance de ces processus critiques à travers une maîtrise de la grande masse de données et une aide à la décision ciblée au besoin métier.*

***Mots-clés—** Industrie 4.0, structuration des connaissances, Règles métiers, connaissances hétérogènes*

I. INTRODUCTION

Aujourd'hui, grâce aux progrès réalisés dans les domaines de la digitalisation, et des technologies de l'information et de la communication (TIC), le secteur industriel se développe rapidement vers une "fabrication plus intelligente" et des "usines connectées".

La quatrième révolution industrielle, touche actuellement à de plus en plus de domaines technologiques très variés. Elle assure également une complémentarité et une collaboration entre plusieurs disciplines scientifiques. Parmi les domaines affectés par cette révolution, les industries d'usinage des pièces aéronautiques. Elles ont besoin d'une aide à la décision permanente pour un maximum de réactivité. Le grand défi dans ce secteur stratégique est de produire des pièces de bonne qualité du premier coup, tout en minimisant le temps de travail et en réduisant les coûts de fabrication. En effet, compte tenu de la grande valeur ajoutée et le prix important de ces pièces, le moindre défaut qualité nécessite des heures de travail pour le corriger. Le taux de rebut étant très faible.

Pour répondre à ces contraintes, il est important de détecter les phénomènes à risque à travers une surveillance continue du

processus d'usinage. Ceci nécessite une instrumentation des machines pour assurer l'acquisition et l'analyse de la grande quantité de données et de connaissances hétérogènes, représentatives de ces processus. Pour en assurer la gestion, il est primordial de structurer les données collectées à travers des modèles robustes permettant de classer les différents éléments d'un processus d'usinage, couplés au contexte global de production. Ces modèles doivent inclure également une classification des facteurs majeurs de défaillance et leurs liens de causalité avec les éléments de processus. Combinées aux techniques de l'intelligence artificielle, de gestion et de fouille des grandes masses de données, les techniques d'aide à la décision à base de connaissances apportent alors des nouvelles solutions pertinentes pour les ateliers de production.

Le projet SmartEmma s'intègre dans ce contexte et a pour objectif de faciliter la communication entre les services de management opérationnel (bureau d'étude, méthode, planning, etc.) et l'atelier. Ce projet vise à proposer une plateforme d'aide à la décision intelligente et connectée, à la fois aux machines et aux systèmes d'information. Cet article se focalise sur le rôle des modèles de données et de connaissances pour supporter la démarche globale. La section 2 présente un état de l'art sur le paradigme de l'industrie du futur et les concepts liés au domaine de la modélisation des connaissances. La troisième section reformule les problématiques traitées dans cet article à partir d'une explication du projet SmartEmma. L'accent est mis sur le rôle des modèles de données/connaissances dans de tels systèmes. Dans la section 4, la méthodologie de recherche adoptée pour la construction des modèles de structuration de la base de connaissances globale du Framework SmartEmma, sera expliquée. Les premiers résultats de cette démarche seront également présentés. Enfin, la conclusion donnera un aperçu sur la stratégie d'implémentation et les perspectives de développement.

II. Etat de l'art

A. L'industrie du futur et la gestion des connaissances

Le terme « Industrie 4.0 » a été inventé en 2013 par le gouvernement allemand en introduisant leur plan d'action et leurs stratégies concernant le développement du domaine des hautes technologies, qui encouragent la révolution numérique des industries. Le terme « Smart Industry » décrit aussi l'évolution des technologies industrielles à partir du microprocesseur, et les systèmes industriels embarqués jusqu'aux systèmes cyber-physiques (CPS) qui ont permis de relier intelligemment les différents services de l'industrie et la chaîne industrielle, par internet [1] [2][3].

La science des données est l'une des approches indispensables dans une industrie 4.0 [4]. Elle regroupe les différentes technologies, techniques et théories qui permettent de traiter et d'analyser les données pour pouvoir extraire de nouvelles connaissances. En effet, malgré la dominance des aspects numériques et technologiques dans la quatrième révolution industrielle, le capital humain et son savoir-faire restent des éléments primordiaux dans les entreprises. Choisir la meilleure façon pour la structuration et l'exploitation des connaissances métiers des opérateurs et des experts métiers et la formulation des règles métiers, continuent à alimenter des vraies problématiques de recherche, qui font partie des disciplines de l'ingénierie et de gestion des connaissances. L'ingénierie des connaissances, s'intéresse à tous les métiers de l'industrie, dans les différents niveaux stratégiques, tactiques et opérationnels. L'objectif est de concevoir des modèles, méthodes et outils qui formalisent et gèrent tout le cycle de vie des connaissances des experts en entreprise [5].

B. Typologie des connaissances

Dans la littérature, il y a plusieurs catégories et méthodes de classification selon les spécificités, la pertinence, la valeur des connaissances pour l'entreprise, etc.

Cet article classe les connaissances selon leurs natures.

Le premier type concerne les connaissances tacites, qui n'ont pas de représentation claire mais qui transparaissent par les actions des membres de l'entreprise [6]. Ces connaissances sont très difficiles à formaliser parce que la construction des connaissances à partir des échanges verbaux dépend fortement du système d'interprétation cognitif propre à la personne en face.

Les connaissances explicites, contrairement au premier type, sont formalisées et capitalisées. Elles sont stockées dans des archives de documents, des bibliothèques, des fichiers et des dossiers numériques, et des bases de données. Elles sont transmissibles à travers des outils de formalisation ou des supports technologiques. Dans le cadre du projet SmartEmma, la base de connaissances globale regroupe essentiellement ces deux types de connaissances. Il s'agit donc d'une manipulation et mise en commun d'un ensemble de connaissances hétérogènes.

L'hétérogénéité se manifeste à travers la variété des types et des formes de connaissances, ainsi que les moyens d'échanges et les supports de communication. Il est donc primordial de définir des techniques de structuration des connaissances hétérogènes afin de faciliter leurs exploitations,

ce qui reste le défi de développement des systèmes à bases de connaissances.

Aujourd'hui, la diversité des solutions technologiques et des moyens de production utilisés tout au long de la chaîne numérique industrielle, résulte plusieurs problèmes de rupture suite à un manque de compatibilité, de temporisation, d'interopérabilité, etc. L'étude de la chaîne numérique industrielle, et principalement celle de l'industrie d'usinage des pièces mécaniques aéronautiques, permet de distinguer la diversité des flux d'information et des connaissances générés. L'exploitation de la richesse de ces données et connaissances représente une solution de continuité de la chaîne numérique. Inopportunistement, elle reste très limitée, vu le manque d'outils et techniques de gestion de ces connaissances.

Actuellement, plusieurs travaux de recherche étudient ces problématiques afin de pouvoir trouver des solutions de traitement des connaissances hétérogènes.

C. Le rôle des modèles pour la structuration et la classification

La modélisation est utilisée dans plusieurs domaines tels que les sciences cognitives, l'ingénierie, les sciences de gestion et l'informatique. Un modèle est généralement utilisé pour représenter et décrire de façon formelle et simplifiée un système complexe selon plusieurs points de vue correspondant à des intentions métiers différentes. Dans le même cadre conceptuel, le terme modélisation des connaissances est à l'origine un terme de l'intelligence artificielle. Il est utilisé pour déterminer la liste des connaissances à introduire dans un système informatique pour qu'il devienne « intelligent ».

Vu le contexte du projet, la définition de la modélisation proposée par [7] est adéquate: « Une activité de représentation des connaissances relatives à un domaine donné qui vise à identifier et structurer les connaissances en une représentation schématique pour les rendre visibles, manipulables, compréhensibles et communicables ».

Un modèle possède plusieurs caractéristiques et doit valider plusieurs critères: Compréhensibilité, maniabilité, expressivité et utilité. Pour garantir la fiabilité des modèles proposés, une première phase d'analyse de la bibliographie et des travaux sur la modélisation orientée produit a été établie, afin d'identifier les possibilités de réutilisation de certains concepts génériques dans les modèles propres à SmartEmma.

La modélisation des connaissances métier consiste principalement à modéliser les objets de l'entreprise qui participent, produisent, transmettent la connaissance, etc. Plusieurs modèles ont été développés pour représenter les connaissances industrielles. Ces modèles se basent sur des approches structurantes à l'exemple de :

- L'approche Produit, Process, Ressources qui a été traité dans plusieurs travaux. [8] [9] [10] mettent en valeur ces 3 objets dans leurs modèles.
- L'approche Fonction, Behaviour, Structure – Product Process Resource External Effects [11] étend le modèle FBS (Function Behaviour Structure) proposé les travaux de [12]

- L'approche People, Process, Product qui a été utilisée pour la première fois par Motorola dans son développement de Six Sigma. Cette approche met en valeur la place de l'humain dans l'industrie qui reste incontestable.

En plus de ces approches, les standards enrichissent aussi les données et les connaissances du domaine de la fabrication. Une étude de l'état de l'art a permis de distinguer plusieurs normes utiles pour le développement du modèle de connaissances mais aussi pour l'implémentation logicielle et l'intégration du système d'aide à la décision dans l'entreprise. Parmi ces normes, deux étaient très utiles pour le développement du modèle de connaissances: STEP-NC (STEP compliant Numerical Control) et MANDATE (MANufacturing management DATa Exchange).

STEP-NC (ISO 14649) a été élaboré et publié par l'ISO en juin 2006. Il remplaçait le G-Code et améliorait le STEP (ISO 10303) (STandard for the Exchange of Product model data : standard pour l'échange des données de produit). STEP-NC est un standard d'échange de données pour la programmation de commande numérique, et pour la communication entre les différentes parties de la chaîne numérique CAO-FAO-CN.

La norme MANDATE (ISO 15531) aborde la modélisation des données de la gestion de fabrication telles que : la gestion des ressources, les fonctions liées au temps, la gestion des flux dans la fabrication, etc.

Dans le catalogue des normes ISO, la partie 25 regroupe un ensemble de définitions qui normalisent l'environnement des techniques de la fabrication (Figure 1). Au niveau de cette catégorie, il y a plusieurs sous-catégories et principalement :

- 25.040 - Systèmes d'automatisation industrielle
- 25.060 - Systèmes de machines-outils
- 25.080 - Machines-outils
- 25.100 - Outils de coupe

D. Synthèse et Problématique

L'étude des différentes approches et standards permet d'établir une méthodologie de développement du modèle de connaissances global. Il s'agit de regrouper toutes les sources d'informations de l'entreprise, de bien définir les relations entre ces objets et de réaliser une intégration complète couvrant

les différents points de vue et assurant la non redondance des concepts similaires.

La phase la plus compliquée pour la structuration et l'exploitation des connaissances hétérogènes, reste la mutualisation des connaissances implicites et explicites. Une première phase de préparation au niveau organisationnel est donc cruciale. Cependant, l'étude des thématiques de recherche autour de l'exploitation des données/connaissances dans le contexte de l'industrie 4.0, a permis de dégager quelques questions de recherche :

Quelle est l'importance de la donnée et la connaissance dans ces domaines ?

Quelles sont les moyens pertinents pour la structuration et l'exploitation dans ce domaine ?

Comment, à travers la structuration et l'intégration de connaissances hétérogènes, est-il possible de répondre aux problématiques de la rupture de la chaîne numérique, et proposer une solution d'aide à la décision?

III. CONTEXT SCIENTIFIQUE : LE PROJET SMARTEMMA

Le projet SmartEmma s'intègre dans les problématiques de l'industrie 4.0, à travers le développement de machines-outils intelligentes et connectées pour assurer une évolution dans le domaine de l'usinage à grande vitesse. L'objectif est de développer un système d'aide à la décision permettant la surveillance continue de tout le processus d'usinage, en se basant sur une grande masse de données et connaissances, disponible en atelier. Conceptuellement, la plateforme SmartEmma devra apporter une assistance aux différents acteurs du management opérationnel de l'atelier mais aussi remonter des informations utiles pour le niveau de décision tactique (planification).

Pour fournir une aide à la décision en contexte, la plateforme exploite les principes technologiques des systèmes experts à base de connaissances. Les systèmes d'aide à la décision sont souvent composés de deux parties : une première permettant d'analyser la situation opérationnelle, de détecter les dysfonctionnements, et de comprendre les causes majeures de ces défauts. La deuxième partie consiste à définir les solutions adaptées aux problèmes identifiés, voir, d'intégrer un aspect prédictif dans le système pour anticiper l'apparition de ces problèmes.

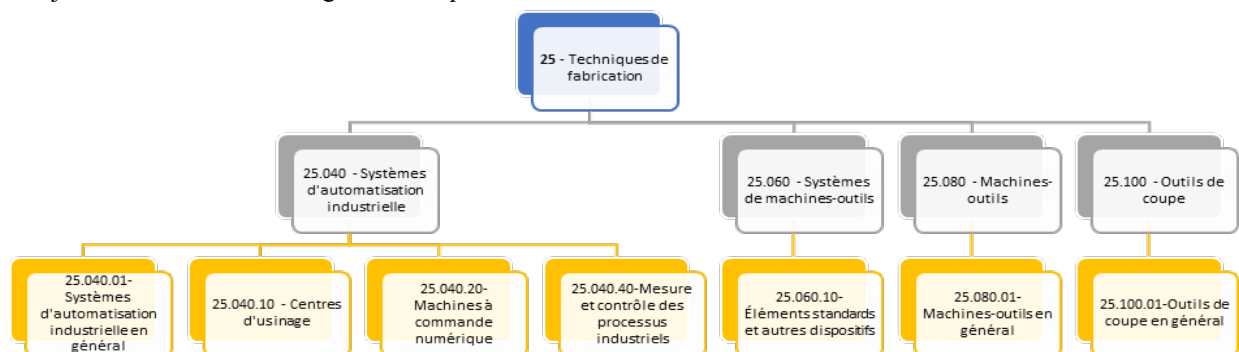


Figure 1. DIFFERENTES CATEGORIES DE NORMES CATEGORIE 25

Quatre axes de pilotage sont identifiés comme prioritaires dans le projet :

- Remonté d'information et Reporting: dans ce premier niveau d'aide à la décision, le système doit fournir aux acteurs de l'entreprise des indicateurs de performance et autres informations contextuelles nécessaires pour comprendre le fonctionnement du processus et de prendre les bonnes décisions.
- Analyse et Diagnostic : dans un niveau d'aide à la décision plus évolué, le système devra permettre une analyse automatique des données et des événements tracés tout au long des processus d'usinage réalisés par le passé pour identifier des relations causes-effets.
- Prédiction : Ceci permettra d'identifier des indicateurs et des situations type pour caractériser l'état de santé des différents équipements (machine, broche, outils). Sur la base de ces connaissances, le système pourra anticiper les probabilités de pannes machines.
- Réaction et planification : dans le dernier niveau d'aide à la décision, le système SmartEmma dispose de plus de liberté d'action sur le processus d'usinage en cours. Particulièrement, au niveau opérationnel, suite à l'identification de situations de panne, le système devra pouvoir déclencher des alertes d'urgence ou de renvoyer des demandes de correction des programmes.

Le processus d'aide à la décision dans le système SmartEmma, repose sur une étape fondamentale de traçabilité des données à partir de plusieurs capteurs et l'extraction de connaissances variées sur les caractéristiques et l'état des ressources utilisées (broche, outil, programmes, etc.) tout au long du processus de fabrication. Les connaissances process sont complétées par les connaissances qualité produit et savoir-faire des experts opérationnels. La section suivante explique la méthode globale de construction des modèles.

IV. METHODOLOGIE DE CONSTRUCTION DES MODELES

L'objectif de ce travail de recherche est de proposer un cadre de modélisation suffisamment générique et robuste pour supporter les différentes formes de données et connaissances métier nécessaires dans la plateforme SmartEmma. Cette section explique la démarche suivie pour la construction de ces modèles. Les premiers résultats seront synthétisés par la suite.

A. Collecte des données

Dans la littérature, il existe plusieurs techniques de collecte de données (l'enregistrement, les mesures, les entretiens, les questionnaires, l'observation directe, l'analyse par examen périodique, la production de données secondaires, etc.). Nous nous sommes basée sur la méthode «émanant des sciences de données, qui prévoit trois étapes principales pour préparer les données et pour pouvoir les exploiter dans des algorithmes, ou pour faire de l'extraction des connaissances dans les données.

La première étape c'est la sélection. Toutes les données ne sont pas toujours utiles pour répondre à une question ou pour expliquer un phénomène précis. Il est donc important de se

limiter aux données qui portent une information sur le phénomène traité et éliminer le reste.

La deuxième étape c'est la préparation. Pour des contraintes de fiabilité, il faut traiter les données pour éliminer les valeurs aberrantes et les bruits, et pour essayer de trouver et remplacer les données manquantes.

La dernière étape c'est la transformation des données, afin d'assurer une cohérence entre les données et pour pouvoir les exploiter dans des algorithmes. Cette étape est importante à cause de la diversification des sources d'acquisition et de temporisation des données.

B. Extraction des connaissances

Une fois les données utiles sont bien structurées, une étape d'extraction des connaissances dans les données est primordiale. Dans le contexte de ce travail, plusieurs facteurs permettent de cibler les recherches sur l'extraction des connaissances utiles, principalement les besoins industriels. L'étude de l'AS-IS situation représente la première solution pour l'analyse des besoins industriels en termes de connaissances. Généralement, ils restent curieux de savoir, les aspects de participation des autres services de l'entreprise dans la production, leurs complémentarités, et les formes de mutualisations nécessaires et possibles afin d'assurer la continuité de la chaîne numérique et finalement, les éventuelles possibilités de collaboration. De plus, ils s'intéressent aussi aux phénomènes qui affectent la qualité des produits. Les experts de l'entreprise, s'appuient sur leurs savoir-faire pour vérifier la qualité de la production, la qualification des pièces produites, ainsi que des défauts et des causes de défaillance.

D'autres types d'information sont primordiaux telles que les informations temporelles renseignant le rendement de l'entreprise (temps utile, temps net, temps brut, temps requis...). À cet égard, dans le domaine du pilotage industriel et du management de la production, divers indicateurs sont souvent calculés par exemple : le Taux de Rendement Economique (TRE : indicateur d'engagement des moyens de production) ou encore le Taux de Rendement Synthétique (TRS : indicateur de productivité). Ce type de connaissances s'intègre dans la catégorie des indicateurs clés de performance (KPI : Key Performance Indicator) qui permettent de mesurer l'efficacité des procédés par rapport à des objectifs précis. Les KPI sont généralement utilisés pour un objectif global commun : le management ou encore l'amélioration continue.

C. Construction des règles métiers

Pour prendre en compte l'interprétation de l'expert, l'intégration des règles métiers dans le modèle de connaissance représente une étape intermédiaire dans le projet qui sera faite après une première présentation des résultats aux experts sur des cas bien connus de broutement.

Les règles métier sont souvent classées comme des connaissances explicites. Ces règles permettent d'une part de construire et de définir des contraintes sur un processus précis. D'autre part, elles permettent la prise de décision et le contrôle de processus dans l'entreprise, en se basant sur un ensemble de critères bien définis. La structuration de ces bases

de règles métiers commence par une première phase d'entretiens avec un acteur de l'entreprise qui se charge de la réalisation d'une tâche précise, en s'appuyant sur son savoir-faire et son expérience. Au bout de la première étape, le maximum de l'expertise potentiellement récupérable est interrogé. Les informations sont ensuite qualifiées et traitées pour vérifier la cohérence et supprimer les redondances. La troisième phase consiste à la traduction de ces règles d'un langage compréhensible et exploitable par des moteurs d'inférence.

Les règles métiers sont très utiles dans les industries. L'un des objectifs du projet SmartEmma est d'assurer un aspect prédictif sur l'apparition de plusieurs événements au moment de l'usinage des pièces mécaniques (Usure ou bris d'outils, broutement, collision, etc.). Afin d'atteindre cet objectif il faut commencer par comprendre les causes d'apparition de ces phénomènes malveillants. Les différentes règles métier, définissent des critères, des contraintes, des conditions et des seuils de détection des éventuels problèmes. En se basant sur ces règles, ainsi que les bases de données tracées, les experts peuvent analyser les comportements aberrants, caractériser des phénomènes indésirables, et de comprendre les causes et risques. L'ensemble est intégré dans la base des connaissances comme un cas discriminant et réutilisable.

V. STRUCTURE GÉNÉRALE DU MODÈLE

L'objectif des modèles de données et connaissances est de supporter la structuration des données qui seront utilisées par la plateforme SmartEmma. De ce fait, le développement de ces modèles devra suivre une démarche incrémentale tout comme pour la plateforme. Une première version du modèle est donc définie et sera améliorée tout au long du projet.

Le modèle de connaissances génériques développé est composé essentiellement de trois niveaux : les modèles nécessaires à l'agrégation des données et le calcul des KPI ; les bibliothèques permettant de construire une définition du contexte à savoir celles des caractéristiques outils, programmes, qualité, etc. Aussi, les règles métier permettant de construire et d'interpréter des relations causes-effet. Les instances de données sont quant à elles, stockées dans des bases de données séparées. Les modèles structurant ces bases de données sont en soit une forme de connaissance permettant d'identifier les sources d'information.

Pour représenter, formellement, les données et les connaissances, nous avons eu recours à l'utilisation des normes et des langages de modélisation unifiés. Ainsi, le choix de l'UML (Unified Modeling Language) est très efficace pour la représentation du méta-modèle. UML un langage graphique pour la modélisation orientée objet, qui est caractérisé par : la simplicité d'utilisation, la modularité des différents types de modèles et surtout l'adaptabilité et la possibilité d'utilisation dans plusieurs domaines. À partir des méta-modèles, une classification des différents concepts est réalisée sous forme d'ontologie détaillée.

La méthodologie de développement adoptée consiste de partir d'un méta-modèle générique et rajouter plusieurs niveaux de granularité au fur et à mesure. Cet article représente juste le modèle de package globale qui a été développé sur la base

d'approches de modélisation orientées produits, l'idée était de fusionner les 3 approches les plus importantes :

- Product, Process, Resources
- Product, Process, Resources, Context
- People, Product, Process

La fusion de ces trois approches produit le modèle global : **CR3P (Context, Resources, Product, Process, People)**.

L'humain a un rôle très important à jouer dans ce projet et dans le contexte des industries du futur de façon générale. Pour mettre en valeur cette place humaine, le package "People" a été développé. Le package "Contexte", supporte la description d'un scénario opérationnel en termes de référence outil, caractéristiques matériaux, état des broches).

La figure 2 représente la première version du modèle de package.

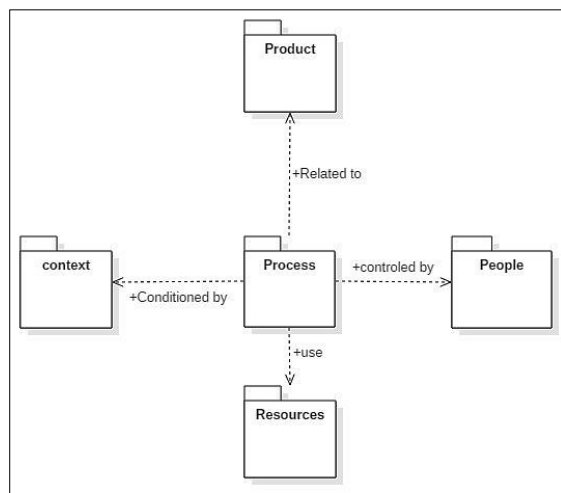


Figure 2. MODÈLE DE PACKAGE GLOBAL

Comme déjà évoqué au début de cet article, pour assurer un processus d'aide à la décision, une étape de traçabilité des données est nécessaire.

La figure 3. représente le modèle de structuration de cette base de traçabilité. Les données et connaissances sont stockées sous forme de points de traçabilité, qui possèdent un objectif bien précis relatif à un contexte d'utilisation, et qui sont destinés à un ou plusieurs acteurs de l'entreprise. Ces points regroupent les données décrivant le contexte d'utilisation ou les métadonnées (id programme, numéro de série, type pièce, type d'opération...), en plus de l'ensemble des données brutes et agrégées (Raw data, Smart data), et des indicateurs de performances (KPI).

Une fois tracés, ces points de traçabilité seront envoyés à la personne concernée selon un mode de traçabilité précis : sur demande, sur événement ou périodique.

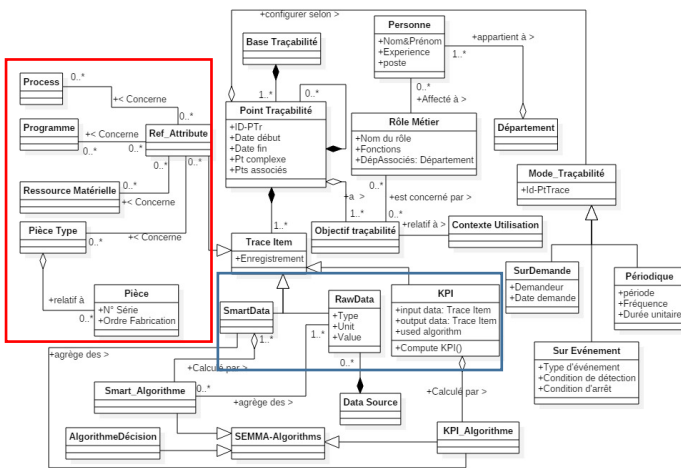


Figure 3. MODELE DE STRUCTURATION DE LA BASE DE TRAÇABILITE

VI. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons discuté la participation du projet SmartEmma dans les processus d'aide à la décision au sein de l'industrie d'usinage des pièces mécaniques aéronautiques, à travers l'exploitation des connaissances et la formulation des règles métiers, l'intégration des systèmes experts et des système multi agents, etc. Actuellement, le projet est en phase de développement et nous travaillons sur l'étude des différentes pistes de recherches adéquates pour le projet, afin d'assurer une meilleure participation de SmartEmma dans les approches de l'industrie 4.0.

Les systèmes à base de connaissances utilisent des règles métiers pour garantir les fonctions de diagnostic et de détection, et pour assurer la prédiction et la planification des tâches afin d'alimenter d'autres couches applicatives qui fournissent l'aide à la décision.

Le projet SmartEmma traite plus l'aspect compréhension de la chaîne numérique industrielle à travers la capitalisation, la structuration et la gestion des connaissances. Aussi, l'analyse de l'environnement et du contexte industriel, ainsi que l'exploitation des règles métiers et des différentes formes de connaissance. Et finalement, le pilotage des indicateurs clés de performance pour assurer l'interopérabilité entre les différents services et les différents acteurs industriels. En plus ces indicateurs permettent d'améliorer la collaboration dans la définition des solutions faces aux problématiques de rupture d'un part, et pour un objectif d'amélioration de la qualité des produits en minimisant les coûts et les temps de production.

Les particularités du projet c'est l'extensibilité et la flexibilité. À travers le Framework SmartEmma, il est possible de développer les couches d'aide à la décision dans l'industrie d'usinage pour permettre aux ressources humaines de l'entreprise à prendre des décisions spécifiques selon le rôle occupé. Et aussi les ressources matérielles, et plus spécifiquement les machines à outils, étant donné que l'un des objectifs des développements, est l'évolution vers des machines communicantes, connectées et pourquoi pas intelligentes, en incorporant l'intelligence artificielle, et les différentes technologies de l'industrie 4.0.

VII. REFERENCES

- [1] A.A. FLORES-SALDIVAR, Y. LI, W. CHEN, Z. ZHAN, J. ZHANG, L. YI CHEN. "Industry 4.0 with Cyber-Physical Integration: A Design and Manufacture Perspective ", the 21st International Conference on Automation & Computing, Glasgow, UK, 2015.
- [2] D. ZUEHLKE. "Smart factory—towards a factory-of-things". Annual Reviews in Control, 34(1) 2010 129–138
- [3] C. TORO, I.BARANDIARAN, J.POSADA "A Perspective on Knowledge Based and Intelligent Systems Implementation in Industrie 4.0". Procedia Computer Science 60(1):362-370, 2015.
- [4] E. UHLMANNA, A. LAGHMOUCHIA, C. GEISERTA, E. HOHWIELERA. «Decentralized Data Analytics for Maintenance in Industrie 4.0 », 2017.
- [5] A. BERNARD S.TICHKIEWITCH. "Methods and tools for effective knowledge life-cycle-management", Springer, 2008.
- [6] M. BARCIKOWSKI. "Vers une évaluation de la robustesse des connaissances au sein d'une base de connaissances", Thèse de doctorat, Université Claude Bernard - Lyon 1, 2006.
- [7] G. PAQUETTE. "Modélisation des connaissances et des compétences ", Saite-Foy, Québec, Presses de l'université du Québec, 2002.
- [8] A.F. CUTTING-DECELLE, R.I.M. YOUNG, J.J. MICHEL, R. GRANGEL, J. LE CARDINAL, J.P. BOUREY. "ISO 15531 MANDATE: a product-process-resource based approach for managing modularity in production management" Concurr Eng 15(2):217–235, 2007.
- [9] F. BORJA RAMIS, A. BILAL. "Product, process and resource model coupling for knowledge-driven assembly automation", 2016.
- [10] K. AGYAPONG-KODUA, C. HARASZKÓ, I. NÉMETH. "Recipe-based integrated semantic product, process, resource (PPR) digital modelling methodology", Procedia CIRP, 17, 112-117, 2014.
- [11] M. LABROUSSE. "Proposition d'un Modèle Conceptuel Unifié pour la Gestion Dynamique des Connaissances d'entreprise ", thèse de doctorat, École Centrale de Nantes et l'Université de Nantes, 2004.
- [12] J. S. Gero. " Design prototypes: a knowledge representation schema for design ". AI magazine, 11(4):26, 1990.