



# MAINTENANCE PRESCRIPTIVE DIGITALE

Internet des objets, Big Data et Dynamic Case Management : une révolution dans les flux de valeur du secteur de l'industrie

---

**LIVRE BLANC PEGA DÉDIÉ AU  
SECTEUR DE L'INDUSTRIE**

Dr Setrag Khoshafian  
et Carolyn Rostetter  
Pegasystems Inc., États-Unis

Le présent document porte sur la digitalisation de la maintenance prescriptive, et notamment sur le Dynamic Case Management. Il met en exergue différents scénarios qui reflètent le modus operandi de grandes industries exploitant l'Internet des objets (Internet of Things ou IoT, également appelé « Internet of Everything » (IoE) ou encore « Machine to machine »<sup>1</sup>).

L'approche de rupture de la digitalisation transforme la maintenance descriptive et prédictive en une maintenance prescriptive englobant décisions digitalisées, dossiers et Internet des objets. Son champ d'application inclut notamment l'aérospatiale, la défense, le secteur automobile, l'énergie, les services, l'agriculture, l'exploitation minière et les produits grand public tels que les appareils électroménagers, l'éclairage, les thermostats, les télévisions, les dispositifs médicaux et les services mobiles.

# TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION :	
Digitalisation et nécessité d'optimiser les chaînes de valeur dans le secteur de l'industrie	3
CHAPITRE UN :	
Le rôle du Big Data	4
CHAPITRE DEUX :	
Maintenance prescriptive digitale	6
CHAPITRE TROIS :	
Automatisation des tâches de maintenance	8
CHAPITRE QUATRE :	
Règles et analyses	11
CHAPITRE CINQ :	
L'Internet des objets comme solution aux problèmes concrets	13
CHAPITRE SIX :	
Le « Process of Everything »	15
CONCLUSION	17
À PROPOS DES AUTEURS	18
RÉFÉRENCES	19
À PROPOS DE PEGASYSTEMS, INC., ÉTATS-UNIS	20

Introduction :

## Digitalisation et nécessité d'optimiser les chaînes de valeur dans le secteur de l'industrie

La digitalisation révolutionne le secteur de l'industrie par des approches innovantes et des processus métier agiles, qui optimisent les chaînes de valeur de bout en bout. Les chapitres suivants décrivent une nouvelle approche quant aux processus de **maintenance productive totale**<sup>2</sup>, qui s'appuie sur les trois piliers de la digitalisation que sont **l'Internet des objets, les analyses Big Data**, et naturellement le Dynamic Case Management, également appelé Adaptive Case Management.<sup>3</sup>

### LA MAINTENANCE TRADITIONNELLE EST OBSOLÈTE

L'approche holistique de la maintenance s'étoffe désormais d'objets (constituant l'Internet des objets) toujours plus intelligents et plus réactifs. Ce concept avancé présente des avantages de taille par rapport aux modèles traditionnels (maintenance descriptive), préventifs<sup>4</sup> et prédictifs<sup>5</sup>.

La maintenance traditionnelle s'opère habituellement après le dysfonctionnement d'un équipement ou d'un appareil. Cette approche réactive consistant à décrire les dysfonctionnements d'un équipement ou d'un appareil une fois qu'ils se sont produits (maintenance productive) et à les traiter a posteriori représente le pire des scénarios en matière de maintenance. Dans le cadre de la maintenance préventive, les opérateurs ont la possibilité d'exécuter des tâches de maintenance en continu.

Un modèle de rupture exploite la puissance des appareils connectés et l'Internet des objets de façon à modifier la dynamique de la maintenance productive totale conventionnelle, qui définit la maintenance comme le simple fait de réduire les périodes d'immobilisation des machines. L'intégration de logiciels intelligents à ces appareils connectés (objets) facilite les diagnostics et renforce la proactivité de la maintenance. Chaque couche de l'appareil et du logiciel crée un niveau supérieur de contrôle et d'efficacité.

Pour exploiter pleinement la puissance de l'Internet des objets, des analyses Big Data et du Dynamic Case Management, penchons-nous sur le rôle de la maintenance prescriptive dans les processus de maintenance productive totale.

### MAINTENANCE PRESCRIPTIVE

La **maintenance prescriptive** s'étend au-delà de la sphère de la maintenance productive, préventive et prédictive. La maintenance descriptive se concentre sur l'historique des événements.

Les **analyses prédictives** identifient de potentielles options à privilégier à des fins d'anticipation. La maintenance prescriptive s'appuie quant à elle sur l'ensemble de ces approches et de leurs fonctions. **Un tel type de maintenance englobe à la fois les événements susceptibles de survenir et la mise en œuvre de stratégies de maintenance optimisées.** Avec la maintenance prescriptive, les appareils participent de façon proactive à leur propre maintenance en collaboration avec les opérateurs.

De nombreuses tendances convergent pour révolutionner le secteur de l'industrie, et spécifiquement en matière de maintenance. Parmi celles-ci figurent les grands piliers de la digitalisation (réseaux sociaux, mobile et cloud), l'Internet des objets et les analyses Big Data.<sup>6</sup>

## Le rôle du Big Data

### EXPLOITATION DE LA PUISSANCE DU BIG DATA GÉNÉRÉE PAR LES OBJETS

Compte tenu des gigantesques volumes d'informations générés par les appareils connectés dans les chaînes de valeur du secteur de l'industrie, on peut dire que le Big Data se transforme progressivement en « Thing » Data. Les capteurs des appareils périphériques connectés peuvent théoriquement enregistrer leur comportement et leur statut en continu. Ces données d'événements sont alors filtrées, puis agrégées dans des référentiels Big Data gérés par l'intermédiaire de bases de données NoSQL. Les analyses Big Data servent ensuite à préconiser des tâches de maintenance à exécuter dans le cadre de dossiers dynamiques.

Les processus de Mining et de Discovery à partir du Big Data sont ainsi à l'origine de solutions et de diagnostics proactifs, qui permettent d'anticiper et bien souvent d'éviter des incidents susceptibles d'engendrer d'onéreux processus de maintenance.

### DYNAMIC CASE MANAGEMENT

Le **Dynamic Case Management**<sup>7</sup> est parfaitement en phase avec la maintenance prescriptive digitale, dont il constitue sans doute le premier pilier. Dans un tel processus, les tâches de maintenance incluent des fragments de processus répétitifs prédéterminés, ainsi que des tâches non planifiées et ad hoc.

La gestion de dossiers de maintenance de bout en bout se révèle relativement complexe et implique plusieurs types d'acteurs (y compris des objets et des robots), d'entreprises et de tâches. Elle exige en conséquence un certain nombre de fonctionnalités essentielles :

- Digitalisation des étapes de la chaîne de valeur dans le cadre de la maintenance de bout en bout
- Tâches planifiées et ad hoc s'exécutant dans le contexte des processus de maintenance selon une hiérarchie des dossiers
- Gestion des décisions reposant sur différents types de règles métier, ainsi que sur des modèles analytiques (prédictifs ou d'auto-apprentissage, également appelés modèles adaptatifs)
- Modèles prédictifs déterminant la next-best-action en termes de maintenance : le Big Data généré et agrégé à partir des capteurs représente une source cruciale pour les analyses prédictives
- Intégration en flux tendu aux applications de l'entreprise

### DE LA MAINTENANCE PRODUCTIVE TOTALE À LA MAINTENANCE DIGITALE PRESCRIPTIVE

La **maintenance productive totale** est une phase majeure du cycle de fabrication du produit de bout en bout. Issu du toyotisme<sup>8</sup>, ce concept vise historiquement à améliorer le **taux de rendement global** de l'usine.

Ce taux, que les cellules de travail de chaque usine cherchent à améliorer, résulte de la combinaison entre performance, disponibilité et qualité. La maintenance productive totale est traditionnellement holistique et inclusive : les fabricants et les opérateurs collaborent pour entretenir les appareils ou l'équipement. Elle a pour but de créer un environnement d'équipes autonomes au sein duquel les employés sont amenés à prévenir les dysfonctionnements de l'équipement, ce qui entraîne in fine des produits de qualité supérieure et un respect accru des engagements à l'égard des clients.

Les capteurs intégrés, les logiciels, les contrôleurs et la connectivité sont à l'origine d'une révolution digitale dans le secteur de l'industrie et des services après-vente, tels que la garantie et la réparation. Les innovations en matière de mise en réseau, d'edge et de fog computing, de technologie cloud, de rapidité des CPU, de prix de la mémoire, d'efficacité énergétique et de miniaturisation convergent pour créer une puissance de traitement et un stockage de données disponibles en tout lieu et à moindre coût.

Les ordinateurs que l'on trouve aujourd'hui dans les machines, les gadgets, les appareils mobiles et les objets connectés, génèrent des données relatives à leur fonctionnement, leurs performances et leur état.

De tels objets généreront bien plus de données que les individus ou les applications. L'efficacité d'une analyse repose sur la traduction de l'ensemble de ces données en informations et en décisions intelligentes. Les fabricants sont contraints d'explorer, d'exploiter les schémas détectés et d'agir (maintenance prescriptive) afin d'éviter les pannes potentielles susceptibles de nuire gravement aux individus et à l'environnement, ainsi que d'endommager l'équipement lui-même.

Les règles et la logique métier, les analyses Big Data et les algorithmes contribuent pleinement à optimiser la maintenance à la fois « productive », « préventive », et surtout « prescriptive ». La puissance de la maintenance prescriptive digitale se trouve à la croisée de tous ces éléments. Sans maintenance prescriptive, nous payons un prix de plus en plus élevé pour le gaspillage et le manque de coordination entre les objets, les individus, les processus, les données et la technologie.

## Maintenance prescriptive digitale

### DIAGNOSTIC DES ÉVÉNEMENTS AVANT QU'ILS NE SURVIENNENT

La maintenance prescriptive digitale s'oriente autour des opérations à exécuter à partir des différents types de technologies digitales évoquées ci-dessus.

Nous utilisons la formule ci-après pour définir la **maintenance prescriptive digitale** :

- Maintenance productive totale +
- Analyse descriptive, préventive et prédictive des données de l'équipement en vue de la maintenance +
- Processus automatisés de bout en bout avec les capteurs de l'Internet des objets et le Dynamic Case Management<sup>9</sup>

Nous avons appelé ceci le « Process of Everything<sup>10</sup> », c'est-à-dire l'orchestration des dossiers dynamiques de bout en bout impliquant individus, applications, partenaires commerciaux et objets (robots inclus) en tant que participants.

L'évolution de la maintenance productive totale traditionnelle représente un tournant radical. Plutôt que de définir la maintenance comme une simple réduction des périodes d'immobilisation des machines, la maintenance productive totale s'apparente à une approche plus proactive, qui utilise les données pour anticiper les événements futurs et diagnostiquer les éventuels problèmes avant qu'ils ne surviennent. Avec la maintenance prescriptive digitale, les machines prédisent les dysfonctionnements potentiels et déclenchent la maintenance de façon autonome, le tout avec un minimum d'interventions humaines.

### DYNAMIC CASE MANAGEMENT DANS LE CADRE DE LA MAINTENANCE DIGITALE PRESCRIPTIVE

**Nous avons déjà évoqué les principales caractéristiques du Dynamic Case Management et son alignement total avec la maintenance prescriptive digitale.** Le **Dynamic Case Management** permet de créer automatiquement un dossier de maintenance associé à des tâches pouvant être affectées à des objets ou à des individus.

Il arrive que l'intervention de maintenance ou de réparation de l'équipement soit exécutée à distance par un logiciel. On peut également faire appel à un technicien. Dans un tel cas, ce dernier est informé du problème, des pièces concernées et des outils nécessaires grâce au Dynamic Case Management.

Dans de telles circonstances, le suivi intégral du dossier est assuré pour garantir une résolution appropriée. Les données relatives au dossier peuvent faire l'objet d'un audit et d'une recherche à des fins de gestion des connaissances. Par exemple, les causes et les conditions de l'événement peuvent être analysées au moyen d'analyses prédictives afin de prioriser les next-best-actions pour résoudre le problème, diagnostiquer les causes sous-jacentes et identifier la solution la plus appropriée.

Les machines (ou objets) qui font partie du système de Dynamic Case Management se gèrent de plus en plus de façon autonome et peuvent au fil du temps « s'occuper d'elles-mêmes », réduisant ainsi le besoin de reconfiguration et les efforts manuels qui polluent habituellement les interventions de maintenance.

La capacité à collecter et analyser les flux de données structurées issues des machines et des autres sources, ainsi que la capacité à combiner les données semi-structurées et non structurées (images, audio et vidéo) avec l'ensemble de données transforment l'avenir de la fabrication et du service après-vente.

Autre point important du Dynamic Case Management : la flexibilité au niveau des tâches structurées, semi-structurées et ad hoc, dans le contexte de dossiers de bout en bout créés par des individus ou des objets.

Tous les acteurs de la chaîne de valeur ont accès aux étapes du processus dans sa globalité. Les analyses de Dynamic Case Management et les visualisations des données permettent de capturer les performances du processus et fournissent un cycle virtuel d'amélioration continue. Les données de suivi des dossiers et de résolution des problèmes engendrent pour les managers et les opérateurs des opportunités supplémentaires d'éliminer les goulets d'étranglement, ainsi que de rationaliser et de simplifier le processus.

Le Dynamic Case Management présente un atout majeur : le processus n'est plus statique et ne dépend plus des interventions d'amélioration extérieures. Avec le Dynamic Case Management, les processus dynamiques optimisés intégrés au système favorisent les améliorations. Pour résumer, la somme des éléments est désormais plus importante que la globalité : les fabricants améliorent dans le même temps les durées des cycles, la qualité, la productivité et l'expérience client. Une telle approche réduit les coûts et les risques et génère des résultats tangibles.

Mais surtout, le Dynamic Case Management favorise l'automatisation, la surveillance et l'optimisation des tâches de maintenance des différentes catégories. Tel est le sujet du chapitre suivant.

## Automatisation des tâches de maintenance

### TRANSFORMATION ET RÉVOLUTION DES PROCESSUS DE PRODUCTION

La maintenance prescriptive digitale transforme et révolutionne les processus de production. Le Dynamic Case Management constitue la principale fonctionnalité qui permet à la maintenance prescriptive digitale de transposer au niveau opérationnel les tâches à exécuter afin d'optimiser la maintenance. La proposition de valeur du Dynamic Case Management peut être résumée comme suit.

### AUTOMATISATION DYNAMIQUE, HOLISTIQUE ET ORGANISÉE

La maintenance désigne essentiellement l'organisation et l'exécution de tâches par différents acteurs. Parmi eux figurent les opérateurs internes, les sous-traitants, ainsi que les experts sollicités par le fabricant ou le fournisseur. Avec le Dynamic Case Management, la maintenance implique plusieurs travailleurs, opérateurs, départements et applications. Les tâches et le contenu sont coordonnés et automatisés par la solution de maintenance de Dynamic Case Management sous-jacente. Dans le contexte d'une chaîne de valeur et d'une chaîne logistique globales, chaque département et chaque équipe peuvent se concentrer sur un sous-dossier et contribuer ainsi à la gestion du dossier de maintenance parent.

**REMARQUE : le Dynamic Case Management est essentiel pour l'orchestration prescriptive (tâches à exécuter) de l'ensemble de la maintenance planifiée et ad hoc, ainsi que de la maintenance reflétant les modifications dans les processus de production.**

### UNE SOLUTION SOCIALE, COLLABORATIVE ET FLEXIBLE

Pour atteindre les objectifs fixés, la maintenance prescriptive digitale implique du contenu, de la documentation (texte, images et vidéo) et une collaboration continue. Une solution de Dynamic Case Management agrège et référence les documents et le contenu de maintenance associés à un dossier spécifique. Par ailleurs, les acteurs de maintenance prescriptive digitale peuvent exploiter les flux de discussion, les échanges synchrones ou les chats, les wikis de connaissances et les blogs d'opinion relatifs au dossier dynamique et aux objectifs fixés. Le dossier reste actif et s'étoffe constamment grâce aux échanges d'idées nouvelles et aux demandes, tandis que les connaissances sur le produit et le service sont agrégées à des fins de référence ou d'analyse dans la chaîne de valeur.

**REMARQUE : la flexibilité est primordiale car les exceptions ne sont pas rares. Il s'agit de processus de maintenance planifiés pouvant être contrôlés et automatisés via la solution de Dynamic Case Management. Il existe également des tâches ad hoc que les techniciens ou les responsables de maintenance peuvent attribuer de façon dynamique dans le contexte d'un dossier de maintenance.**

### IMPLICATION DES TRAVAILLEURS DU SAVOIR ET DES TRAVAILLEURS DU SAVOIR ASSISTÉ

Les travailleurs du savoir<sup>11</sup> désignent les ingénieurs et les experts en maintenance cognitive, ainsi que les auteurs des stratégies et procédures de fonctionnement de la maintenance. Ils sont généralement isolés et ne s'impliquent pas dans les processus opérationnels. Avec le Dynamic Case Management, les travailleurs de cette catégorie majeure s'engagent de plus en plus dans les dossiers transposés au niveau opérationnel.

Le Dynamic Case Management inclut également une catégorie encore plus importante : les travailleurs du savoir assisté<sup>12</sup>. Ceux-ci s'appuient sur les règles décisionnelles et métier, ainsi que sur l'exécution situationnelle/contextuelle des interactions pour exécuter leurs tâches spécifiques en fonction de la hiérarchie des dossiers.



Figure 1 : Connaissances relatives à la maintenance

### GESTION COLLABORATIVE DES DOSSIERS

Un dossier englobe la coordination et la collaboration de plusieurs parties ou participants qui traitent différentes tâches dans un but spécifique. Les tâches sont organisées selon une hiérarchie des dossiers (sous-dossiers).

La coordination et le traitement des dossiers nécessitent une collaboration renforcée des différents ingénieurs, travailleurs sur site, employés de bureau, et de plus en plus, des objets ou des robots. Lors de l'exécution de ces tâches, un dossier s'étoffe de contenu souvent issu de plusieurs systèmes d'information d'entreprise ou de référentiels de gestion du contenu.

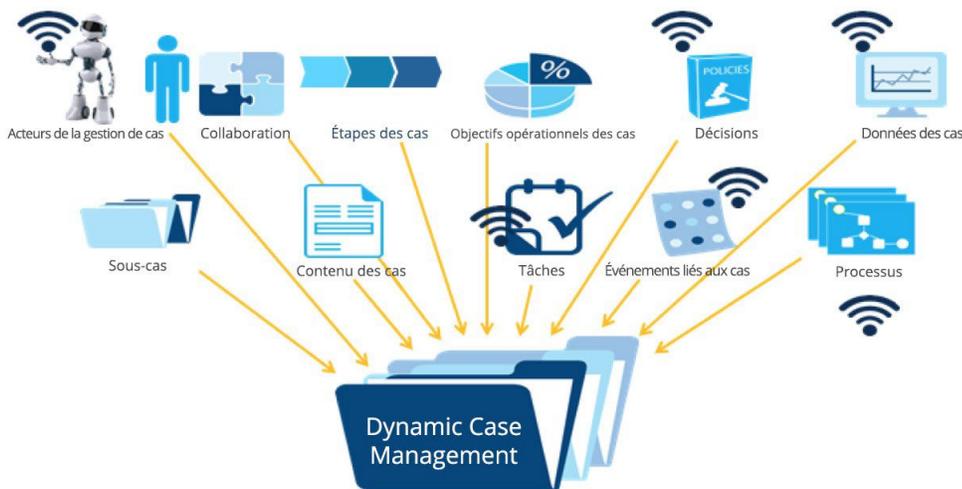


Figure 2 : Anatomie d'un dossier dynamique

Certaines tâches sont planifiées dans des flux de processus prédéterminés, d'autres non. Les dossiers sont donc dynamiques : ils ajoutent ou modifient certains éléments, répondent à des événements et en génèrent.

Un dossier dynamique (ou instance) de maintenance digitale prescriptive peut inclure une ou plusieurs des catégories ou tâches suivantes :

- **L'appareil ou l'équipement faisant l'objet d'une intervention de maintenance**

Ainsi, une instance de dossier dynamique peut être associée à l'appareil concerné pendant toute sa durée de vie. Un dossier est généralement associé à de nombreux sous-dossiers et instances de dossiers. Par conséquent, l'ensemble des dossiers de documentation, d'historique, d'événements, ainsi que les dossiers de maintenance, de garantie et de mise à niveau seront intégrés ou associés au dossier principal de l'appareil.

- **Un dossier de maintenance planifié spécifique**  
Il peut s'agir d'un sous-dossiers du dossier de l'appareil ou d'un dossier distinct associé. De nombreuses instances de dossiers de maintenance planifiés jalonnent le cycle de vie de l'appareil. En plus des tâches planifiées, il peut y avoir des tâches ad hoc (par rapport aux dossiers d'exception intégraux).
- **Dossiers non planifiés et dossiers d'exception**  
Les situations exceptionnelles et les incidents non planifiés sont inévitables. Dans un tel cas, des sous-dossiers d'exception semi-structurés sont générés. Ils s'accompagnent de modèles relatifs aux traitement des tâches d'exception et de dispositions concernant les tâches ad hoc.
- **Dossiers associés**  
Les dossiers de maintenance sont souvent associés à d'autres dossiers, ou peuvent générer d'autres dossiers. Le dossier de garantie est l'un des dossiers plus importants qui est instancié dans le cadre des dossiers d'exception planifiés ou non. Il vérifie les politiques de garantie et ajuste en conséquence les coûts de maintenance et les remboursements sur la chaîne de valeur (par exemple en remboursant les fournisseurs).

### EXEMPLE DU DOSSIER DE MAINTENANCE D'UN VÉHICULE

La figure suivante illustre le dossier de maintenance d'un véhicule et certains sous-dossiers inhérents. Ce schéma inclut la maintenance des pneus, du changement d'huile et du système ABS. Des tâches et des acteurs dédiés au dossiers et aux sous-sous-dossiers sont affectés à chacun de ces composants.

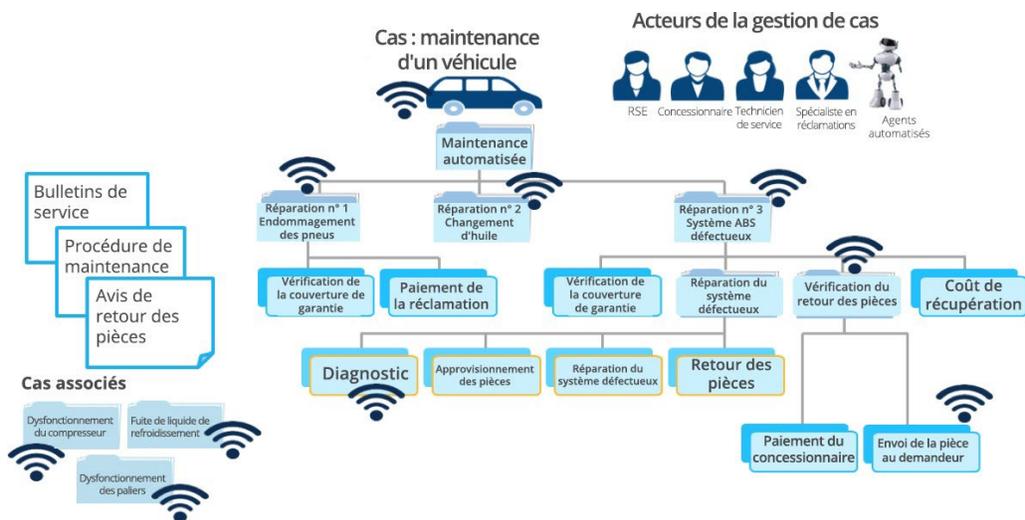


Figure 3 : Hiérarchie des dossiers dynamiques liés à la maintenance d'un véhicule

Le dossier de maintenance et les sous-dossiers associés s'appuient sur des règles métier et des modèles d'analyse pour déterminer les next-best-actions. Tel est le sujet du chapitre suivant.

## Règles et analyses

### LA PUISSANCE DES RÈGLES MÉTIER ET DES ANALYSES AVEC LE DYNAMIC CASE MANAGEMENT ET LA MAINTENANCE PRESCRIPTIVE DIGITALE

Les règles métier mettent en œuvre une logique décisionnelle et des stratégies métier. Elles orientent les dossiers dynamiques vers des solutions de maintenance prescriptive digitale.

Il existe plusieurs catégories et types de règles métier, parmi lesquels les arbres de décision, les tables de décision, les contraintes et les expressions. Les règles métier sont déclaratives, ce qui signifie qu'elles se concentrent sur l'externalisation de la logique métier le plus près possible du type d'activité, sans se préoccuper du délai, de la méthode, ni de l'ordre d'exécution.

Les stratégies des procédures opérationnelles qui aboutissent à des règles métier proviennent de différentes sources, y compris les manuels de directives, les experts ou des travailleurs du savoir, ainsi que les applications existantes. Parmi les règles métier pouvant être créées figurent les expressions (par exemple pour différents calculs comme le volume, la pression globale, etc.), les arbres de décision (SI – ALORS), les tables de décision et les contraintes (par exemple pour les actions en cas de dépassement des limites supérieures ou inférieures).

### RÈGLES PUBLIQUES ET ANALYSES PRÉDICTIVES

Les règles peuvent être également être découvertes (faire l'objet d'un « data mining ») dans des données en tout genre, y compris les données d'événements transactionnels, les data warehouses ou les référentiels Big Data, de plus en plus sollicités. Les sources et les types des données sont hétérogènes. Les flux des capteurs à la demande ou en continu sur l'état de l'appareil ou les flux d'événements constituent une source inépuisable de données en vue de la maintenance.

Les techniques de modélisation prédictive peuvent s'appliquer à ces données pour trouver des schémas de performances des appareils afin de recourir aux modèles détectés ou de les transposer au niveau opérationnel dans le contexte des solutions de maintenance prescriptive digitale. Une fois les schémas trouvés, les analyses prédictives peuvent en « extraire les connaissances » en dégagant les stratégies d'optimisation de la maintenance des immenses quantités d'informations digitales.

En outre, le Dynamic Case Management permet d'exploiter les connaissances trouvées à des fins de maintenance prescriptive digitale.

### GESTION D'ÉVÉNEMENTS ET ANALYSES EN TEMPS RÉEL

La gestion d'événements représente une catégorie de logique métier particulièrement importante au niveau des objets intelligents. Elle permet de corréliser les événements et d'y répondre, d'adhérer aux modifications d'un événement ou d'un état, et de traiter les événements par catégorie d'appareils. C'est un élément constitutif fondamental de la maintenance prescriptive digitale.

Dans notre dossier de maintenance d'un véhicule, une catégorie de gestion d'événements est symbolisée par des règles temporelles, qui incluent les niveaux de service pour le dossier dynamique ou les tâches. Des événements complexes peuvent être mis en corrélation au sein de fenêtres temporelles.

Les solutions de maintenance prescriptive digitale (incluant robots ou objets dans les processus de maintenance) peuvent être adaptatives : elles peuvent continuellement s'étoffer et s'adapter aux événements ou au comportement d'un appareil ou de ses composants. Le fait de s'appuyer sur les règles métier et d'exécuter une analyse continue en temps réel générant des décisions exploitables présente d'incroyables avantages pour la chaîne de valeur de la maintenance.

Les solutions reposant sur les règles métier et les capacités d'analyse mentionnées ci-dessus permettent aux entreprises de bénéficier d'une maintenance préventive, qui détecte les éventuels problèmes ou dégradations de performances d'un équipement avant qu'ils ne surviennent.

Grâce aux analyses et aux règles métier, les seuils de tolérance peuvent être respectés, définis et contrôlés de façon dynamique.

## GESTION D'ÉVÉNEMENTS DU DOSSIER DE MAINTENANCE D'UN VÉHICULE

La figure suivante illustre le « système nerveux » intelligent du dossier de maintenance d'un véhicule. De nombreux types de règles englobant différentes stratégies sont utilisés dans la gestion de bout en bout du dossier de maintenance d'un véhicule. Les experts et les travailleurs du savoir créent certains d'entre eux, tandis que d'autres sont recherchés dans le cadre d'analyses prédictives.

L'auto-apprentissage (c'est-à-dire l'apprentissage de la machine ou l'analyse adaptative) est également exploité pour apprendre de façon dynamique à partir des historiques de maintenance et des comportements des véhicules. Cela guidera les mesures préventives ou les interventions de maintenance suivantes les plus adaptées (next-best) pour n'importe quelle pièce ou n'importe quel composant.



Figure 4 : Règles métier et analyses dans le cadre de la maintenance prescriptive digitale

Les règles ou les prises de décisions peuvent être exécutées ou exploitées par les hommes ou les objets participant aux dossiers dynamiques de maintenance. Le chapitre suivant approfondit le recours à l'IoT dans le contexte de la maintenance.

# L'Internet des objets comme solution aux problèmes concrets

## QUATRE SCÉNARIOS DE MAINTENANCE PRESCRIPTIVE DIGITALE

Pour gagner en efficacité, les technologies de l'Internet des objets doivent résoudre des problèmes concrets qui impliquent généralement plusieurs activités exécutées de façon collaborative par des individus, des systèmes et des objets. En d'autres termes, l'Internet des objets doit être orchestré par des processus intelligents automatisés, que l'on appelle le Process of Everything.

Penchons-nous sur quatre scénarios majeurs de maintenance prescriptive digitale dans lesquels l'Internet des objets est géré par le Process of Everything.

### 1. Objets participant aux processus au sein de dossiers dynamiques dans le cadre de la maintenance prescriptive digitale

Les participants gérant les processus métier sont traditionnellement des individus (fonctions, compétences, équipes, etc.), des systèmes (applications back-end ou services) et des partenaires commerciaux (processus B2B). Avec l'Internet des objets et le Process of Everything, les objets (y compris les robots) participent également aux processus. Les objets (appareils fabriqués ou de production) gagnent progressivement en intelligence et s'autogèrent. Résultat : les dossiers dynamiques de maintenance incluent désormais la catégorie de participants Objet. Dans le cadre de la maintenance prescriptive digitale, les objets (les composants d'un véhicule, par exemple) commencent à effectuer des diagnostics et à assurer eux-mêmes leur maintenance. De la même façon, les robots participent activement aux tâches de maintenance.

### 2. Dossiers dynamiques instanciés à partir des événements des objets

L'un des scénarios les plus représentatifs concernant le Process of Everything dans le cadre de la maintenance prescriptive digitale est l'instanciation d'un dossier de maintenance en cas de détection (via les capteurs IoT) d'un dysfonctionnement ou d'un problème majeur avec l'appareil. Elle survient par exemple en cas de niveaux de CO élevés, de problème avec un essieu, de températures élevées ou de réduction anormale du niveau d'huile. L'objet intelligent le détecte de façon autonome et active un dossier d'exception (tel que mentionné précédemment), directement ou via un intermédiaire. Cela inclut généralement la surveillance par le système de back-office et la répartition des techniciens sur site pour réagir et résoudre le problème. Dans le cadre des processus qui s'exécutent en relation avec le dossier d'exception, les tâches et les activités sont affectées à des individus, ainsi qu'à des objets ou des robots. Dans le contexte de la maintenance prescriptive digitale, le dossier dynamique assure l'organisation des individus, des fournisseurs, des fabricants et des opérations de back-office, ainsi que la gestion de la garantie.

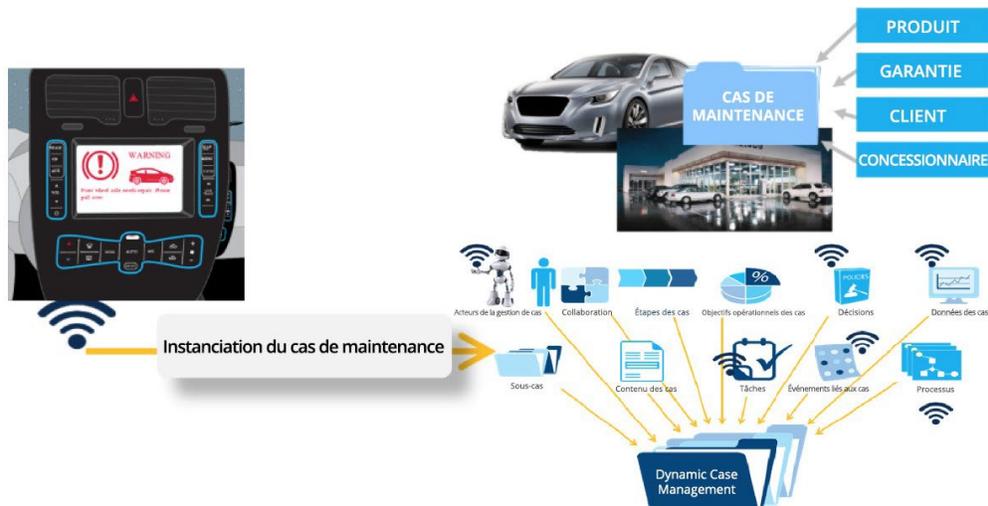


Figure 5 : Maintenance prescriptive digitale instanciée à partir d'un événement détecté

### 3. Mise en corrélation des événements complexes en temps réel dans le cadre de la maintenance prescriptive digitale

Le précédent scénario a mis en évidence la détection d'un événement ou d'un état défavorable (analysé potentiellement en périphérie ou sur l'appareil) pour instancier un dossier de maintenance. Le plus souvent, il ne s'agit pas d'un événement isolé, mais d'un flux d'événements qui signalent un problème potentiel nécessitant une résolution à l'aide de cas de maintenance. Vous devez parfois identifier les schémas impliquant plusieurs événements sur une période définie.

La mise en corrélation de ces événements dans une fenêtre temporelle est un scénario de maintenance courant. La mise en corrélation doit avoir lieu en temps réel. Par exemple, deux pics de température survenant en moins de cinq minutes peuvent signaler un sérieux problème à résoudre au moyen d'un dossier d'exception. Les corrélations d'événements sont digitalisées en tenant compte des règles décisionnelles et l'action prescriptive est traitée via l'instanciation du dossier de maintenance.

### 4. Analyses prédictives et Big Data dans le cadre de la maintenance prescriptive digitale

Tel que mentionné précédemment, les appareils génèrent d'énormes quantités d'informations. Comme un nombre croissant d'équipements et d'appareils disposent d'une connexion à Internet (Internet des objets, la quantité de données que ces appareils génère dépasse de beaucoup ce que les utilisateurs humains d'Internet ont généré jusqu'à présent. Le Big Data se transforme progressivement en « Thing » Data.

Ces données brutes ne suffisent plus. Elles peuvent faire l'objet de mining et d'analyses pour mieux comprendre les caractéristiques de l'appareil et les problèmes potentiels afin d'assurer une maintenance intelligente. Contrairement au scénario précédent de mise en corrélation en temps réel des événements, les données sont agrégées au fil du temps, visualisées et analysées à l'aide de modèles d'analyse prédictive.

**REMARQUE : lors de l'exploration de l'historique d'événements de l'objet, les techniques prédictives identifient parfois des schémas de corrélation inattendus ou inhabituels. Les informations ainsi détectées et les modèles prédictifs sont alors digitalisés en solutions de dossiers dynamiques de maintenance prescriptive digitale.**

Pour pouvoir prouver la valeur fournie par les objets, notamment en matière de maintenance, ils doivent être orchestrés avec d'autres objets, humains et applications d'entreprise dans des dossiers dynamiques de bout en bout. Tel est le sujet du chapitre suivant intitulé « Le "Process of Everything" ».

## Le « Process of Everything »

### PROCESSUS INTELLIGENTS AUTOMATISÉS ET MAINTENANCE PRESCRIPTIVE DIGITALE

La maintenance prescriptive digitale s'appuie sur les processus métier intelligents et la gestion décisionnelle dans des dossiers dynamiques automatisés impliquant les appareils IoT en tant que participants. Plus spécifiquement, la maintenance prescriptive digitale offre aux fabricants un accès aux fonctionnalités suivantes.

#### DIAGNOSTICS DE PRODUCTION

Les **systèmes de pilotage de la production**<sup>13</sup> capturent les importants volumes de données opérationnelles pouvant être combinées avec les données issues des machines elles-mêmes, des appareils mobiles et de l'environnement externe. Les appareils mobiles permettent aux responsables des usines de surveiller l'efficacité de l'équipement et des lignes au moyen d'alertes, de visualisations des données et de tableaux de bord en temps réel.

Par exemple, un fabricant international utilise le Dynamic Case Management en complément de son système standard de planification des ressources d'entreprise (ERP) pour améliorer la qualité et la rentabilité de ses produits. Les données de qualité des produits sont journalisées à chaque étape du processus de production. Un suivi des dysfonctionnements est ensuite mis en corrélation avec les séries d'événements et de données des machines, comme la température, l'humidité, la vitesse et autres états afin de déterminer l'origine et les facteurs ayant contribué aux dysfonctionnements en question. Un dossier peut être créé dans le but de surveiller et signaler toute action requise pour résoudre le problème et éviter qu'il ne se reproduise.

Ce processus de feedback en circuit fermé permet aux opérateurs d'effectuer des ajustements en temps réel, d'améliorer les rendements au premier passage et de réduire les erreurs et le gaspillage. La capacité de dépannage et de diagnostic en temps réel constitue pour le fabricant un atout compétitif de taille dans un secteur où les marges sont faibles.

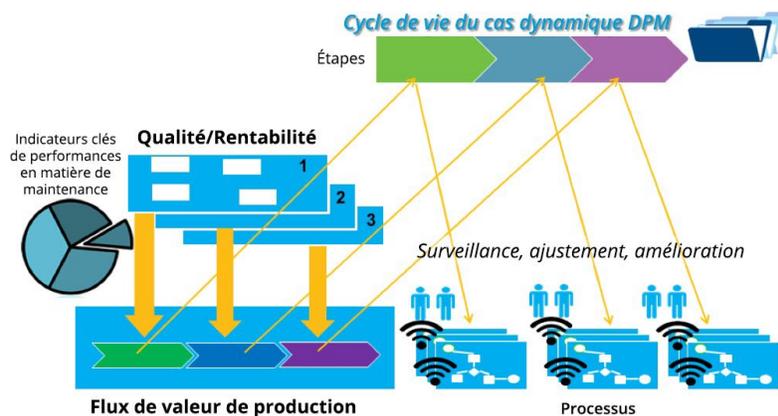


Figure 6 : Flux de valeur de production avec le case management de maintenance prescriptive digitale

#### ANALYSE DE LA CHAÎNE DE VALEUR

L'Internet des objets, le Big Data et le Fast Data<sup>14</sup> transforment la gestion traditionnelle de l'ensemble de la chaîne logistique. Les leaders de la logistique accumulent et analysent d'immenses volumes de données, y compris les demandes client et l'impact des tendances du marché et d'événements majeurs externes. La chaîne logistique doit aujourd'hui puiser dans les sources de données transactionnelles internes et les sources de données digitales externes, qui incluent à la fois des données structurées et non structurées.

Les spécialistes en logistique et en données améliorent la capacité à anticiper l'avenir et à réagir aux événements à haut risque ou perturbant la chaîne logistique.

En combinant le Dynamic Case Management et le Big Data, les équipes de planification avancée utilisent le case management et la gestion des workflows pour optimiser les niveaux de stock. Ils peuvent exécuter des scénarios reposant sur des modèles prédictifs et adaptatifs pour s'assurer que les pièces appropriées sont disponibles au moment et au lieu opportuns. Si un bouleversement majeur inattendu, comme un incendie ou une inondation, survient dans une usine ou sur le site d'un fournisseur, la chaîne logistique peut réagir en temps réel afin d'éviter les pénuries, déménager le stock ou trouver une autre source.

Un autre fabricant international met en place un projet pilote pour surveiller les données issues des réseaux sociaux comme Twitter et Facebook. L'analyse des sentiments et des perceptions des clients sera utilisée pour améliorer le design et la fabrication des futurs produits, ainsi que le service après-vente.

La portée des scénarios intégrant l'IoT dans le Dynamic Case Management et la maintenance prescriptive digitale est vaste. Voici d'autres exemples relatifs à l'industrie et la gestion de la chaîne logistique.

### DIAGNOSTICS IOT

Les objets seront dotés d'un CPU ou de capacités d'exécution, ou bien seront capables de se connecter (par exemple en Bluetooth) à un appareil disposant d'une connectivité intégrée à faible puissance. La solution DPM (Digital Prescriptive Maintenance, maintenance prescriptive digitale) inclura les fonctions suivantes :

- **Mises à jour automatiques du logiciel intégré à l'appareil**  
Aujourd'hui, les appareils sont souvent dotés de logiciels sophistiqués pouvant être mis à jour à distance par le fabricant.
- **Détection automatique et données métriques de l'appareil périphérique connecté**  
Un fabricant peut avoir besoin de collecter les données de l'appareil ou de les épinglez à des fins de mesures et d'analyses spécifiques.
- **Contrôle automatique en vue de la maintenance**  
Les appareils peuvent également être contrôlés à distance ou via un logiciel d'aide à la décision intégré.

### CHAÎNE LOGISTIQUE IOT ET RETOUR DES PIÈCES

L'appareil périphérique connecté qui doit remplacer un appareil défectueux peut être surveillé par le fournisseur, le distributeur ou le consommateur (par exemple, au moyen de fonctionnalités de géolocalisation satellite intégrées). De la même façon, il est possible de surveiller le retour au fournisseur ou au fabricant de l'appareil défectueux à remplacer.

### RÉPARATION IOT OU VALIDATION DES PIÈCES

Suite à la réparation ou au remplacement d'une pièce, le fabricant peut valider le traitement du problème et la conformité à la stratégie de gestion de la garantie.

Ces scénarios illustrent clairement la transformation qui s'opère dans le secteur de l'industrie grâce à la maintenance prescriptive digitale.

## Conclusion

De nouvelles tendances en matière de digitalisation ont commencé à bouleverser le secteur de l'industrie et l'économie industrielle. Pour ne pas perdre pied, un changement au niveau de la stratégie métier s'impose. La maintenance prescriptive digitale, qui remplace la maintenance productive totale, permet de générer plus rapidement et plus efficacement davantage de valeur pour le client, avec des coûts réduits et une qualité accrue.

Le nouveau paradigme nécessite une métamorphose de la chaîne logistique et des activités de production pour inclure l'**Internet des objets**, notamment par le biais du **Process of Everything**. Les fabricants doivent être en mesure d'analyser rapidement les événements en temps réel et d'agir à partir des modèles issus du Big Data dans le contexte de dossiers dynamiques de bout en bout. La maintenance prescriptive digitale qui en résulte génère de la valeur pour le client et le fabricant — en réalité pour l'ensemble de la chaîne de valeur — grâce à la collaboration des individus et des machines (ou objets).

Bref, la **maintenance prescriptive digitale** révolutionne le secteur de l'industrie et de la haute technologie. La capacité à réunir le Big Data, l'IoT et le **Dynamic Case Management** propulsera le secteur dans l'avenir bien plus rapidement que tout ce que nous avons déjà expérimenté.

La prochaine révolution industrielle est déjà en marche ; il s'agit de la disruption digitale. Pour se positionner en tant que leaders industriels, les fabricants doivent investir immédiatement et prendre des initiatives avant leurs concurrents. Le simple fait d'analyser ce qui s'est produit par le passé n'est plus suffisant. La clé du succès réside dans les modèles prédictifs et prescriptifs.

Les leaders anticiperont les événements à venir et prendront les meilleures décisions pour optimiser leurs performances. Les processus doivent être mieux intégrés et moins compartimentés au sein des entreprises, et la modification des systèmes ERP et des applications personnalisées existants demeure à la fois trop onéreuse et trop longue.

Les fabricants avisés créent des solutions innovantes qui harmonisent l'ensemble de l'écosystème digital, interconnectant ainsi processus métier, systèmes, données, individus et objets.

## À propos des auteurs

### **SETRAG KHOSHAFIAN**

**Chief Evangelist et VP Business Process Management Technology**

**Pegasystems Inc., États-Unis**

Le Dr Setrag Khoshafian est l'un des pionniers du secteur et un expert reconnu en matière d'entreprises digitales, notamment en ce qui concerne le Dynamic Case Management basé sur l'Internet des objets et la gestion des processus métier (BPM) intelligente. Il travaille dans l'industrie du logiciel depuis 25 ans, au cours desquels il a inventé, conçu et piloté la production de plusieurs solutions et produits logiciels professionnels. Il est aujourd'hui Chief Evangelist chez Pegasystems. Leader visionnaire de la transformation digitale stratégique, il est impliqué dans de nombreuses initiatives technologiques, de leadership, de marketing, d'alliance et orientées client. Il a écrit 10 livres et de nombreux articles.

Il passe une grande partie de son temps au côté d'entreprises du classement Fortune 500 pour les aider à tirer parti des technologies digitales (transformation digitale, IoT et amélioration des processus via le Dynamic Case Management).

Ses centres d'intérêt et son expertise portent sur toutes les innovations concernant les entreprises digitales. Celles-ci incluent la gestion des processus métier (BPM) intelligente, l'analyse prédictive et adaptative, le Dynamic Case Management, les réseaux sociaux, la mobilité et le cloud, l'Internet des objets ou l'Internet of Everything (il est à l'origine de l'expression « Process of Everything »), les entreprises orientées service (SOE), la digitalisation via la gestion des processus métier pour la simplification et la modernisation des systèmes existants et la transformation des entreprises, l'approche Lean Six Sigma en temps réel, les méthodologies agiles et les centres d'excellence, ainsi que l'impact organisationnel de la digitalisation avec le BPM intelligent.

### **CAROLYN ROSTETTER**

**Senior Director, Industry Principal**

**Manufacturing & High Technology**

**Pegasystems, Inc., États-Unis**

Carolyn Rostetter mène des projets d'optimisation des processus métier depuis près de vingt ans dans des entreprises faisant partie des plus reconnues au monde. En tant qu'experte, elle propose sa vision et son expérience dans les domaines de la productivité, de la qualité, de la planification stratégique, de la conduite du changement et des communications. Elle a déployé à grande échelle des programmes de développement Lean Six Sigma dans des secteurs tels que la banque et la finance, les médias, le divertissement et l'industrie. Carolyn Rostetter a déployé avec succès des programmes d'entreprise comme les services de conformité et de réglementation, Net Promoter Score (NPS) pour les services client, la transformation organisationnelle, les services de gestion des revenus et de trésorerie, l'optimisation du portefeuille d'applications, la gestion des données de référence (MDM) et les services d'évaluation des fournisseurs. Elle occupe aujourd'hui la fonction d'Industry Principal for Manufacturing & High Tech chez Pega.

- 
- <sup>1</sup> Khoshafian, S. (2014c). « Rise of Things: IoT's role in Business Processes ». <http://www.informationweek.com/mobile/mobile-devices/rise-of-thingsiots-role-in-business-processes/a/d-id/1317010>
- <sup>2</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Total\\_productive\\_maintenance](http://en.wikipedia.org/wiki/Total_productive_maintenance)
- <sup>3</sup> <http://adaptivecasemanagement.org>
- <sup>4</sup> Levitt, J. (2011). Complete Guide to Predictive and Preventive Maintenance. New York : Industrial Press Inc.
- <sup>5</sup> Khoshafian, S. (2010). « Predictive BPM ». Publié en 2010. BPM and Workflow Handbook. Publié en association avec la Workflow Management Coalition (WfMC). Édité par Layna Fischer. <http://futstrat.com/books/handbook10.php>
- <sup>6</sup> Khoshafian, S. (2014a). « The Adaptive Digital Enterprise: Top 10 Trends ». <http://e.pegacom/10-enterprise-trends>
- <sup>7</sup> Khoshafian, S. (2014b). « Dynamic Case Management for the Modern Worker ». <http://www.pegacom/insights/articles/trend-6-dynamic-casemanagement-modern-worker>
- <sup>8</sup> Toyotisme.  
[http://www.toyota-global.com/company/vision\\_philosophy/toyota\\_production\\_system](http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system)
- <sup>9</sup> Khoshafian, S. (2014d). iBPM : The Next Wave. Couvre l'ensemble des fonctionnalités de transformation digitale de la gestion intelligente des processus métier, y compris la digitalisation et le Dynamic Case Management (chapitre 9). <http://e.pegacom/ibpms>
- <sup>10</sup> Khoshafian, S. & Schuerman, D. (2013). « Process of Everything ». Publié dans iBPMS : Intelligent BPM Systems, préface de Jim Sinur, édité par Layna Fischer. Lighthouse Point, FL: Future Strategies, Inc., Book Division. [http://www.futstrat.com/books/iBPMS\\_Handbook.php](http://www.futstrat.com/books/iBPMS_Handbook.php).
- <sup>11</sup> Davenport, T. H. (2005). Thinking for a Living. Boston : Harvard Business School Press.
- <sup>12</sup> Khoshafian, S. (2011). « Knowledge-Assisted Workers ». <http://www.zdnet.com/article/knowledge-assisted-workers/>.
- <sup>13</sup> Meyer, H., Fuchs, F., & Thiel, K. (2009). Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning, and Deployment. New York : McGraw Hill.
- <sup>14</sup> Définitions du Big Data et du Fast Data : [http://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_data](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_data) and <http://www.infoworld.com/article/2608040/big-data/fast-data--the-next-step-after-big-data.html>.



## À PROPOS DE PEGASYSTEMS

---

Pegasystems développe des applications stratégiques destinées aux secteurs des ventes, du marketing, du service après-vente et des opérations. Les applications Pega simplifient les opérations métier stratégiques, mettent aisément en relation les entreprises et leurs clients en temps réel sur différents canaux et s'adaptent à l'évolution des impératifs. Les clients Pega qui font partie du classement Global 500 comptent parmi les premières entreprises au monde en termes d'envergure et de technologie de pointe. Disponibles sur site ou dans le cloud, les applications Pega reposent sur la plateforme unifiée Pega 7 et peuvent être étoffées et remaniées aisément au moyen d'outils visuels afin de satisfaire les impératifs stratégiques des clients. Nos clients l'affirment : Pega leur assure un délai de rentabilisation inégalé, un déploiement extrêmement rapide, une réutilisation efficace et une portée mondiale.

Pour plus d'informations, rendez-vous sur le site [WWW.PEGA.COM](http://WWW.PEGA.COM).