

Business Process Management & Workflow

Polycopié du cours

Dr. Hayat BENDOUKHA

Département d'Informatique
Faculté des Mathématiques et Informatique
USTO-MB - Oran
Septembre 2023

Table des matières

I. Introduction générale	1
I.1. Présentation du cours	1
I.2. Public cible	1
I.3. Prérequis	1
I.4. Structure du polycopié	1
II. Business Process Management (BPM)	3
II.1. Introduction	3
II.2. Business, Process & Management	3
II.2.1. Business : Le métier	3
II.2.2. Process : Le Processus	4
II.2.3. Management : La gestion	6
II.3. Business Process Management	7
II.4. Cycle de vie d'un Business Process	8
II.4.1. La phase de modélisation "Process Modeling"	8
II.4.2. La phase d'implémentation "Process Implementation"	9
II.4.3. La phase d'exécution "Process Execution"	9
II.4.4. La phase de pilotage et d'optimisation "Process Analysis"	9
II.5. Exemple illustratif	10
II.6. Conclusion	11
III. Workflow : Concepts et Standards	12
III.1. Introduction	12
III.2. Définition du workflow	12
III.3. Concepts fondamentaux du workflow	13
III.4. Système de gestion de Workflow	13
III.4.1. Définition d'un système de gestion de workflow	13
III.4.2. Architecture d'un système de gestion de workflow	14
III.5. Classification des workflows	15
III.5.1. Workflow de production	15
III.5.2. Workflow administratif	15
III.5.3. Workflow ad hoc	15
III.5.4. Workflow collaboratif	17
III.6. Exemple illustratif	17
III.7. Conclusion	18

IV. Approche Orientée Processus et Workflow	19
IV.1. Introduction	19
IV.2. Représentation graphique d'un Workflow	19
IV.3. Définition Formelle d'un Workflow	19
IV.4. Modélisation orientée processus des workflows	21
IV.4.1. Workflow Patterns	21
IV.4.2. Structure d'un workflow	22
IV.4.3. Spécification d'un workflow	23
IV.4.4. Composition d'un workflow	23
IV.5. Conclusion	25
V. Modélisation Workflow des Processus Métier avec BPMN	26
V.1. Introduction	26
V.2. Définition et historique	26
V.3. Concepts de base du BPMN	28
V.4. Elements de base de BPMN	28
V.4.1. Éléments de workflow	30
V.4.2. Éléments d'organisation	30
V.4.3. Elements de lisibilité en BPMN	31
V.4.4. Comportements spécifiques	31
V.5. Le routage Workflow via BPMN	34
V.6. BPMN via l'exemple	34
V.7. Conclusion	35
VI. Exécution du workflow via BPEL	36
VI.1. Introduction	36
VI.2. Workflow Scientifique	36
VI.3. Cycle de vie d'un workflow scientifique	37
VI.4. Type de workflows scientifiques	38
VI.5. Comparaison des workflows scientifiques avec workflows professionnels	39
VI.6. De la composition de workflow à la composition de service	39
VI.7. Composition des services workflow	40
VI.7.1. Chorégraphie	40
VI.7.2. Orchestration	41
VI.7.3. Chorégraphie et orchestration : La Comparaison	41
VI.8. Langages de Composition de service	43
VI.8.1. ebXML	43
VI.8.2. XLANG	44
VI.8.3. WSFL	44
VI.8.4. BPEL	45
VI.9. BPEL pour la composition des service	45
VI.9.1. Structure d'une spécification BPEL	46
VI.9.2. Activités dans une spécification BPEL	47
VI.9.3. Infrastructure de BPEL	48

Table des matières

VI.9.4. Qualité de Service	49
VI.10 Conclusion	50
Conclusion générale	51
Bibliographie	54

Table des figures

II.1. Le Processus Métier	6
II.2. Le Business Process Management	8
II.3. Le cycle de vie d'un Processus Métier	9
III.1. Architecture de référence d'un système de gestion de workflow	14
III.2. Classification des workflows	16
IV.1. Exemple de la représentation graphique d'un workflow	20
IV.2. Définition formelle d'un workflow	20
IV.3. Les workflow Patterns	22
IV.4. La structure d'un workflow	22
IV.5. La composition d'un workflow	24
V.1. L'OMG	27
V.2. Historique du BPMN	27
V.3. Versions du BPMN	28
V.4. Catégories des éléments de base du BPMN	29
V.5. Elements de Workflow du BPMN	30
V.6. Elements de lisibilité en BPMN	31
V.7. BPMN-Message	32
V.8. BPMN-signal	32
V.9. BPMN-Boucles	33
V.10. BPMN-Erreur	33
V.11. BPMN-Minuterie	33
V.12. Workflow Patterns en BPMN	34
V.13. BPMN-Exemple	35
VI.1. La composition des services	41
VI.2. L'orchestration	42
VI.3. La chorégraphie	43
VI.4. La structure d'une spécification BPEL	46
VI.5. L'Infrastructure de BPEL	49

I. Introduction générale

I.1. Présentation du cours

Ce polycopié de cours s'inscrit dans l'administration des systèmes informatiques et vient compléter tous les cours autour de la numérisation digitalisation. Ce cours s'intéresse particulièrement à la discipline du Business Process Management (BPM) qui offre une palette de technologies et d'outils aux entreprises et aux scientifiques depuis plusieurs décennies. Le workflow représente la technologie phare du domaine du BPM.

I.2. Public cible

Ce cours s'adresse aux étudiants en Master Informatique, notamment dans les spécialités autour des systèmes informatiques, de l'administration des systèmes d'information, de l'ingénierie et du management.

L'étudiant a besoin de ses acquis de la licence en Informatique avec un focus sur les cours de systèmes d'information, de génie logiciel et de Business intelligence.

L'objectif de ce cours est de présenter le domaine du BPM (Business Process Management) et de montrer tout l'intérêt du management orienté processus durant tout le cycle de vie d'un processus métier. Afin d'atteindre les objectifs pédagogiques de ce cours, tous les concepts fondamentaux du BPM sont présentés avant de décrire en détail la technologie phare du BPM ; à savoir le workflow.

Le contenu de ce cours est parfaitement adapté à la matière "Processus d'Entreprise et Workflow" adressé aux étudiants de Master SID (Systèmes Informatiques et Données) en semestre 3.

I.3. Prérequis

Licence en Informatique

I.4. Structure du polycopié

Ce polycopié dédié au BPM et au Workflow est composé, outre l'introduction et conclusion, de 5 chapitres.

Le chapitre II, intitulé "Business Process Management (BPM)", présente le domaine du Business Process Management comme la discipline qui a révolutionné les systèmes

I. Introduction générale

d'information des entreprises. Ce chapitre décrit tous les concepts fondamentaux du BPM.

Le chapitre III, intitulé "Workflow : Concepts et Standards", présente le cœur de ce polycopié à savoir le Workflow. La technologie est d'abord définie ensuite décrite à travers ses caractéristiques, ses concepts et son architecture générique. Ce chapitre décrit, également, l'approche orientée processus et montre tout l'intérêt du focus sur le flux de travail coopératif au sein d'une entreprise.

Le chapitre IV, intitulé "Approche Orientée Processus et Workflow" met l'accent sur la définition des processus métier en workflow avec l'approche orientée processus.

Le chapitre V, intitulé "Modélisation Workflow des Processus Métier avec BPMN" vient renforcer les notions avancées dans le chapitre précédent sur la modélisation orientée processus avec le langage dédié BPMN (Business Process Modeling Notations).

Le chapitre VI, intitulé "Exécution du Workflow via BPEL", se veut une clôture du cycle de vie d'un processus métier et s'intéresse à la phase de déploiement et exécution des workflow, notamment celles des workflow scientifiques sur les systèmes à haute performance comme les cloud en utilisant le standard BPEL pour Business Process Execution language. Ce chapitre permet, également, de montrer les outils workflow comme ordonnanceurs dans différents types de plateformes informatiques.

II. Business Process Management (BPM)

II.1. Introduction

Ce chapitre a pour objectif de présenter le domaine du Business Process Management.

II.2. Business, Process & Management

Le concept de processus métier occupe aujourd'hui une place majeure dans le domaine des systèmes d'information. Toutefois, ces processus métier doivent être en constante évolution afin de permettre aux entreprises de répondre aux exigences du marché et aux inflexions des besoins de leurs différents interlocuteurs, et par conséquent, de construire ou préserver leur avantage concurrentiel. Afin de bien comprendre la BPM, il est important de comprendre le Trio Business, process et Management.

II.2.1. Business : Le métier

Depuis toujours, les entreprises cherchent à créer, innover et imaginer dans le but de produire de la valeur qui pourra être proposée à leurs clients.

Depuis le bas moyen âge jusqu'à la fin du XIXème siècle, la valeur était principalement conçue par des artisans ou des manufactures et se révélait être la plupart du temps un bien concret. Cette valeur était produite par le biais de commandes effectuées par différents clients, ou bien pour constituer un stock qui sera écoulé dans le futur [5].

Avec les avancées technologiques du début du XIXème siècle (combustible fossile, électricité...), la révolution industrielle change la donne. Les productions sont multipliées et une baisse de prix des différents produits créés devient possible. On assiste alors à une explosion des besoins avec l'apparition du jeu de l'offre et la demande, la marchandise étant produite en plus grande quantité et devenant ainsi de plus en plus accessible.

Vers la fin du XXème siècle, l'entreprise, toujours consacrée à la production de profit via la création de produit, change pour répondre à une demande toujours croissante de rapidité de production (on veut tout et tout de suite) et de qualité de la part de ses clients. Ce dernier critère devient même aujourd'hui un élément important dans la création de valeur et même critique en fonction du domaine dans lequel il est mis en œuvre. Il apparaît aussi dans cette période que les entreprises commencent à proposer des services, soit l'apparition de la création de biens et de valeurs dématérialisés. En outre, l'entreprise profite de nouveautés majeures dans le domaine de l'informatique,

tels que la création du micro-processeur, l'arrivée massive d'ordinateurs de bureaux et d'Internet. Ces outils conduiront à une robotisation grandissante des industries, à une facilité de la mondialisation des échanges et à la création de grandes sociétés uniquement dédiées à la vente de services (comme par exemple des Sociétés de Service en Ingénierie Informatique). De plus les employés, jusqu'alors spécialisés dans leur métier en général technique, seront recrutés pour répondre à plusieurs besoins qui vont solliciter de plus en plus des capacités intellectuelles.

II.2.2. Process : Le Processus

Qu'est-ce qu'un processus ? Étymologiquement parlant, Le mot processus vient du latin pro (au sens de « vers l'avant ») et de cessus, *cedere* (aller, marcher), soit aller vers l'avant, avancer. Le dictionnaire Larousse complète cette définition en indiquant que le processus est un

« Enchaînement ordonné de faits ou de phénomènes, répondant à un certain schéma et aboutissant à quelque chose... ».

Enfin, si nous nous référons à la norme ISO 9000 (version 2005), le processus est un *« ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie ».*

La notion de processus est donc considérée comme étant un ensemble d'activités exécutées dans un objectif bien déterminé par un acteur correspond à un rôle. Le déroulement du processus utilise des ressources et peut être conditionné par des événements d'origine interne ou externe. L'agencement des activités correspond à la structure du processus.

II.2.2.1. L'historique

Dans l'histoire de l'industrie et au sein de l'entreprise, l'utilisation des processus à des fins d'amélioration de la production fait sa grande apparition à la fin du XVII^{ème} siècle. Les grands économistes de l'époque, dans un but d'accroître la productivité du travail (appelé aussi processus industriel), cherchent à diviser toutes les activités en tâches simples. Ces tâches comprennent une entrée, une sortie et peuvent être effectuées par des machines ou des ouvriers spécialisés. A cette époque, cette méthode n'est appliquée que de manière locale sur de petites entreprises et non à grande échelle. Ces préceptes seront repris et optimisés par Frédéric Taylor au début du XX^{ème} siècle, en préconisant la parcellisation des tâches pour les ouvriers et employés qui doivent devenir de simples exécutants. Peu de temps après, Henry Ford poussera à son apogée ce concept avec l'arrivée du travail à la chaîne où les employés verront leurs mouvements réduits au strict minimum. Les deux guerres mondiales de la première moitié du XX^{ème} siècle auront une forte influence quant à l'évolution de ce dernier modèle. Cependant, en dépit de la réussite de cette méthode de travail prolifique pour l'entreprise mais démotivante pour les salariés, le fordisme semble se fragiliser dans les années 1960/1970. En effet, il connaîtra à ce moment une grave crise dont les causes seront multiples (événements de mai 68, premier choc pétrolier de 1973,...).

II. Business Process Management (BPM)

Aujourd'hui, l'emploi des processus au sein de l'entreprise est utilisé de manière bien différente de celle du début du siècle dernier, mais ayant toujours la même finalité : scinder un maximum de tâches en un maximum de processus pour les rendre efficaces et avec pour but de créer plus de valeur. Ces nouveaux processus, qui sont désormais plutôt dénommés « processus opérationnels » du fait de leur utilisation dans le monde de l'entreprise et non plus de l'industrie du XIX^{ème} siècle, peuvent être définis selon trois critères principaux qui seront déterminant pour une utilisation optimale :

- L'efficacité : des processus efficaces pourront devenir plus cohérents et éviter le gaspillage. Ceci permettra de créer une plus grande valeur ajoutée pour les clients et les acteurs.
- La transparence : Avoir un processus comprenant une capacité d'ouverture, d'adaptation et de visualisation est très important. Ceci afin que les différents acteurs de ce processus puissent comprendre leur rôle dans la chaîne globale de la création de valeur.
- L'agilité : il s'agit là du critère qui est le plus intéressant en termes de besoin opérationnel car c'est lui qui va permettre de réagir et de s'adapter le plus rapidement possible en cas d'imprévu.

D'autres caractéristiques peuvent aussi entrer en ligne de compte tels que le pilotage (celui qui rend compte du fonctionnement des processus), les éléments d'entrées et de sorties (données ou produits), les ressources requises (financière, humaine, matérielle...) et le système de mesure, de surveillance ou de contrôle associé.

Enfin, dans une entreprise, il est important de visualiser les processus comme différentes actions qui vont répondre aux questions suivantes : « Quoi faire ? » « Pour quelle valeur ajoutée ? » « Par qui ? ». Il est important de ne pas confondre les processus avec les procédures qui elles vont répondre aux questions : « Comment faire ? » « Quand ? ». La typologie de processus la plus communément reconnue distingue trois catégories :

- Les processus de pilotage
- Les processus de support
- Les processus de mesure
- Les processus métier

II.2.2.2. Le Processus métier

Un processus métier ou "Business Process" en anglais est défini par le Workflow Management Coalition (WfMC) comme :

"un ensemble de procédures ou d'activités liées les unes aux autres pour atteindre collectivement un objectif métier en définissant les rôles et les interactions fonctionnelles au sein d'une structure organisationnelle" [23].

En effet, un processus métier met en exergue une collection d'activité et de tâches organisées dans le temps, qui une fois achevée, permettront d'atteindre un objectif organisationnel et un résultat précis et mesurable. Autrement dit, il est considéré comme un ensemble de relations logiques relations entre un groupe d'activités incluant des interactions différentes entre différents partenaires et participants tels que des applications, des acteurs humains ou d'autres processus métier sous la forme d'échange d'informa-

tions et de données pour fournir une valeur ajoutée tangible aux clients et aux différents interlocuteurs d'une organisation.

Pour synthétiser, un processus métier peut être vu comme une collection d'événements, d'activités et de décisions qui impliquent un nombre d'acteurs et de ressources ; qui collectivement mènent à un résultat avec une valeur ajoutée sur l'organisation ou sur ses clients. La figure II.1 résume tous ces éléments de synthèse.

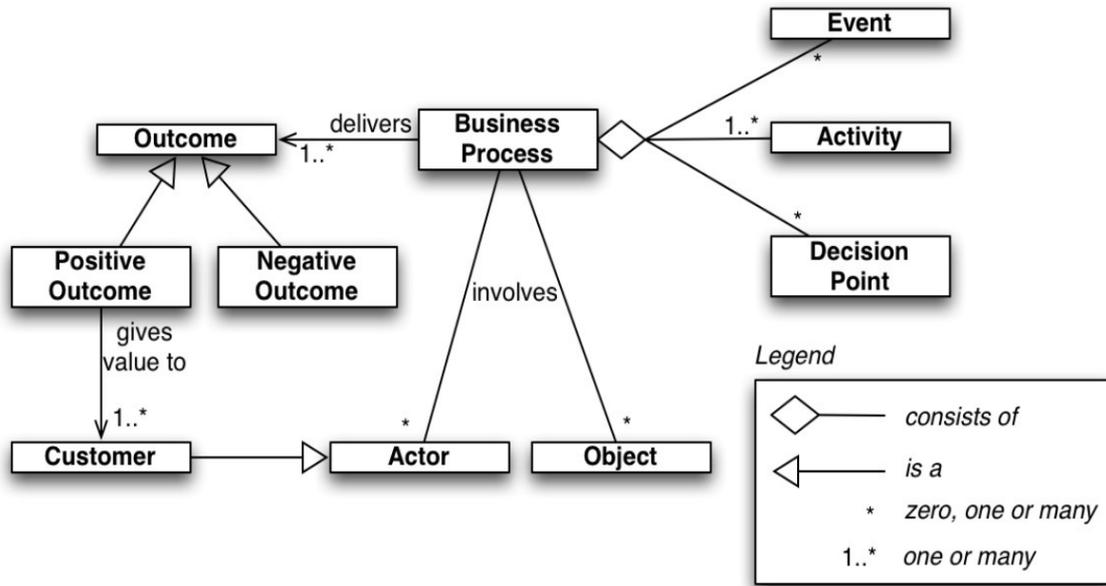


FIGURE II.1. – Le Processus Métier

II.2.3. Management : La gestion

La gestion, dite aussi management, dans le contexte du marché actuel, a pour but de mettre les personnes, les processus et les systèmes en mouvement afin d'atteindre les objectifs métiers. Le terme de management, qui semble en premier lieu être d'origine anglo-saxon avec le verbe « to manage » (en Français : gérer, administrer, diriger), a en réalité un sens bien antérieur et d'origine Française. En effet, des recherches étymologiques montrent que ce mot provient des termes français à l'origine des mots ménagers et ménagement, donc en relation avec la pratique de la gestion domestique.

La définition que nous donne le Larousse confirme cette vision, en apportant cependant une précision clairement orientée vers le monde de l'entreprise :

«Ensemble des techniques de direction, d'organisation et de gestion de l'entreprise.»

L'apparition du management dans l'entreprise, même si le terme est plutôt récent, se fait au début du XXème siècle. En effet, les concepts amenés et surtout appliqués par Frederic Taylor et Henry Ford de division du travail, impliquent une décision de nature managériale. Ici le management a pour principal but d'accroître la productivité et ne prend pas forcément en compte les imprévus et risques qui pourraient survenir. Dans un

II. Business Process Management (BPM)

même temps, Henri Fayol, directeur d'une entreprise qu'il a réussi à sortir de la faillite, expose ses méthodes via une approche similaire sur la finalité en matière de production. Ainsi, il réalise que différents paramètres comme la rentabilité des outils utilisés par les ouvriers, le tarif des fournitures, l'agencement des lieux de travail et la valeur de l'encadrement, comptent tout autant que la quantité de biens produits par l'entreprise. On parle alors d'une administration moderne, qui fut alors et est toujours aujourd'hui la base de tout manuel de gestion. Il amène les concepts de standardisation du travail du dirigeant, de la prévision jusqu'au contrôle en passant par la décision. On reconnaît alors les premiers principes de gestion qui sont toujours d'actualité aujourd'hui : Planifier, Organiser, Contrôler et Ajuster. Ces préceptes sont le fondement de la roue de Deming.

Le facteur humain et social devient aussi progressivement un thème de recherche pour le management. L'homme est au cœur du système de performance des organisations. À partir des années 1930, Elton Mayo, psychologue et sociologue Australien, réalise une enquête dans une grande entreprise. De cette dernière, il présentera le fait que la motivation n'est pas forcément liée aux incitations, aux capacités physiques des travailleurs et à la spécialisation comme on le pensait à l'époque, mais plutôt du contexte dans lequel ils évoluent.

De nos jours, le management est une activité clé dans la majeure partie des entreprises existantes. Il répond aux quatre principales gestions de fonctions qui lui sont demandées : La planification, l'organisation, le contrôle et le leadership. C'est au travers de lui que l'entreprise va pouvoir assurer et maîtriser son activité de manière sereine, tout en exploitant au mieux l'ensemble de ses ressources.

II.3. Business Process Management

Le BPM «Business Process Management», en français «Gestion des processus métier» est une méthodologie qui prend en compte les trois activités majeures dans le monde de l'entreprise actuelle et ce afin de mieux réaliser leurs objectifs, il peut être présenté comme un catalyseur qui a comme objectif d'arriver à atteindre des résultats le plus rapidement possible d'une manière très efficace concernant le métier de l'entreprise.

Le "Business Process Management" (BPM), est défini par Van der Aalst comme [1] : *"l'utilisation de méthodes, techniques et systèmes logiciels pour concevoir, exécuter, contrôler et analyser des processus opérationnels faisant intervenir des hommes, des applications, des documents et d'autres sources d'information"*.

Cela est donc considéré comme une approche managériale axée sur l'alignement de tous les aspects d'une organisation aux besoins des clients qui place les processus métier au centre d'une réflexion globale d'intégration "Process-centric". Le but est, en effet, de favoriser l'efficacité opérationnelle tout en abordant la question de l'amélioration continue des processus priorisant le point de vue « métier » au point de vue « technique », cela rend donc les processus plus efficaces et capables de s'adapter à d'éventuels changements dans l'entreprise. En d'autres termes c'est une approche permettant à une organisation de s'assurer que ses processus sont mis en œuvre efficacement, tout en répondant aux besoins de ses différents interlocuteurs avec un niveau, de performances

optimales et une maîtrise des coûts (voir figure II.2).

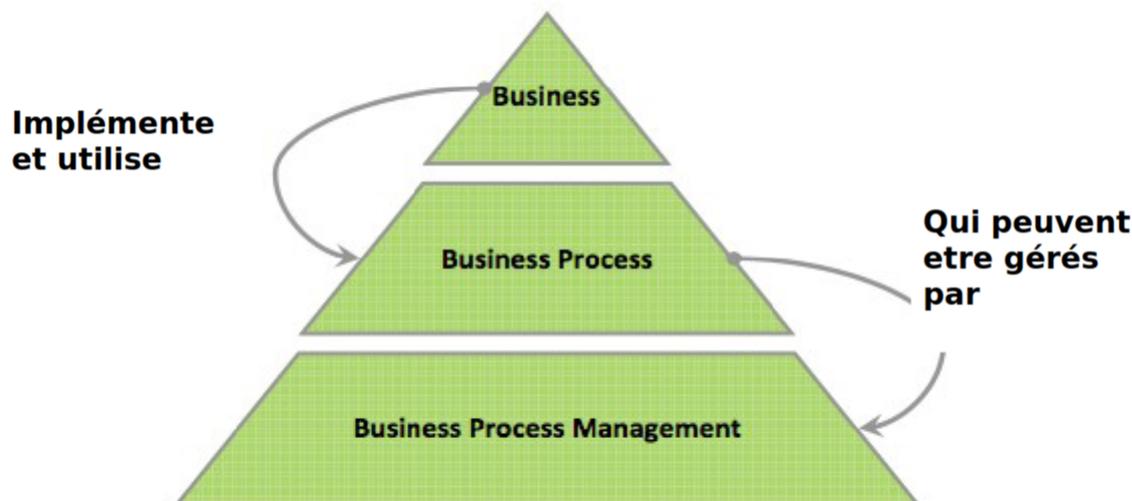


FIGURE II.2. – Le Business Process Management

II.4. Cycle de vie d'un Business Process

Le cycle de vie d'un processus métier selon une démarche BPM permet un accompagnement d'un processus métier depuis sa conception à sa gestion et son pilotage tout en évoluant les permanences selon les objectifs métiers qui le définissent. Cela se manifeste par une mise en œuvre du point de vue "théorique" au point de vue "pratique" d'un processus métier à travers plusieurs définitions et perspectives.

En général, le cycle de vie est composé de quatre phases principales comme le montre la figure II.3 :

II.4.1. La phase de modélisation "Process Modeling"

il s'agit de la première phase dans la cycle de vie du BPM. Dans cette phase les experts métiers définissent, d'une manière abstraite ou détaillée, les processus métier ou redéfinissent à l'aide d'un outil de modélisation ce dernier permet de spécifier l'ordre des tâches dans le processus métier. L'outil de modélisation est une approche utilisant une notion de modélisation graphique basée généralement sur l'adoption du standard "Business Process Modeling Notation" (BPMN). Les modèles de processus créés dans cette phase sont généralement d'un niveau d'abstraction élevé pour être directement exécuter par un moteur de processus en raison de manque d'informations techniques telles que les liaisons entre les différents services, les formats de données pour chaque tâche ...etc., Par conséquent un modèle de processus métier ou "Business Process Diagram" doit être transformé en un modèle de processus exécutable, qui est l'objet de la phase suivante.

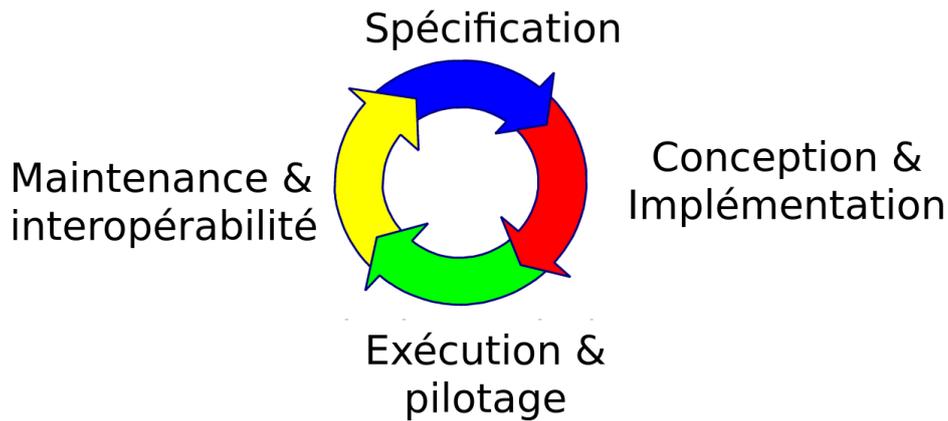


FIGURE II.3. – Le cycle de vie d'un Processus Métier

II.4.2. La phase d'implémentation "Process Implementation"

Dans la phase d'implémentation, le processus créé dans la phase de modélisation est transformé et enrichi par les ingénieurs IT dans le but d'être exécuté par un moteur de processus "Process Engine". A cet effet, le langage standard pour décrire les processus exécutables dans le contexte d'une architecture orientée services est bien le BPEL "Business Process Execution Language" ou appelé aussi BPEL. En effet, BPEL exprime donc une séquence d'événements du Business Process. Le modèle de processus exécutable qui en résulte, peut-être déployé dans un moteur de processus pour son exécution, et cela afin de réaliser l'interfaçage avec les différents systèmes nécessaires au fonctionnement du processus et pour mettre en œuvre les règles métier.

II.4.3. La phase d'exécution "Process Execution"

La phase d'exécution est la phase opérationnelle où la solution de BPM émise en œuvre. En effet, durant cette phase, le processus exécutable qui spécifie le déroulement de l'ensemble des activités d'un service est interprété par un moteur d'exécution appelé BPE "Business Process Engine". Le BPE est le responsable des interactions entre les acteurs du processus (les documents, les informations et les tâches). Il exécute des instances de processus tout en déléguant les tâches automatiques aux services web et les tâches manuelles aux acteurs. Si une exception se produit durant l'exécution du processus, le BPE a le rôle de lancer une action de compensation pour amener le processus à une exécution valide.

II.4.4. La phase de pilotage et d'optimisation "Process Analysis"

La phase de pilotage sert à superviser l'exécution opérationnelle des processus métier et mesurer les performances en se basant sur des fichiers logs. En effet, dans une organisation, le pilotage efficace d'une activité métier représente un point important pour la

performance technique et économique de cette dernière [29]. Le BPM dans son objectif principal de management des processus métier doit fournir des outils de pilotage permettant ainsi une prise de décision concernant l'efficacité et l'amélioration des processus. Ces outils doivent permettre de mesurer et de présenter la performance de l'activité métier qu'elle gère. De manière générale, les solutions de BPM nomment cette fonctionnalité BAM "Business Activity Monitoring " ou supervision de l'activité métier, en français.

II.5. Exemple illustratif

On considère un système de gestion de prêt bancaire immobilier. Le processus commence lorsqu'un client soumet une demande de prêt. Suite à cette demande, un employé de la banque (« loan officer ») vérifie sa complétude et sa consistance. Si la demande est incomplète ou incohérente, elle est retournée au client avec des indications sur les erreurs qu'elle contient, saisie par l'agent. Le client a 2 semaines pour resoumettre une version corrigée, sans quoi sa demande sera clôturée automatiquement. Quand une demande est considérée comme complète, elle passe par deux vérifications effectuées en parallèle : (i) une analyse du risque effectué par un «financial officer», et (ii) une estimation de la valeur du bien immobilier pour lequel le prêt est demandé par un « property appraiser » de la banque.

En retour de l'analyse de risque, la demande est estimée par un « risk score » (un entier entre 1 et 100, 100 étant un risque maximal). L'estimation est simplement la valeur estimée du bien au prix du marché immobilier actuel («market value»). Quand les deux vérifications ont été effectuées, le «loan officer» (préférentiellement le même que celui ayant traité la demande initiale) vérifie l'éligibilité du client. Si le client n'est pas éligible, la demande est rejetée. Dans le cas où la demande dépasse les 5000000 DA, un second «loan officer» (différent du premier) vient confirmer l'éligibilité de la demande.

Quand la demande est considérée éligible et ainsi acceptée, un «loan officer» (n'importe lequel) prépare le contrat de prêt. Le contrat est transmis au client, imprimé, signé par le client et soumis en version électronique à la banque via un formulaire (en attente de la réception papier de l'original). Le contrat signé doit être reçu dans les 14 jours qui suivent la mise à disposition du contrat par la banque. Lors de la réception des originaux, le prêt est considéré comme accepté. Si les documents ne sont pas reçus dans le délai, ou si le client le décide, la proposition est considérée comme déclinée.

1. Ce scénario représente-il un processus métier ? justifier

Réponse : Oui, il s'agit d'un processus métier car il regroupe tous les éléments de définition. Il consiste en un ensemble d'activités corrélées (ex : soumettre demande, effectuer analyse de risques, ...) et ces activités donnent à la fin un service à savoir l'octroi d'un crédit bancaire.

2. Extraire du scénario les concepts suivants : activité, événement, objectif, ressource, acteur, décision, objet.

Réponse :

— Activité : Soumettre demande, retourner demander, confirmer éligibilité, préparer contrat, etc.

II. Business Process Management (BPM)

- Evenement : Aucun
- Objectif : accorder un prêt bancaire
- Ressource : Aucune mentionnée dans le scénario
- Acteur : Loan officer, financial officer, property appraiser, ...
- Décision : décider éligibilité du client, décider l'octroi du prêt, ...
- Objet : Demande, contrat, ...

II.6. Conclusion

Ce chapitre avait comme objectif de mettre la lumière sur le BPM comme une discipline qui a révolutionné les entreprises modernes en associant Informatique et Management.

III. Workflow : Concepts et Standards

III.1. Introduction

L'usage des systèmes de gestion de workflow est une tradition dans la gestion des processus métier et dans le domaine du business. Depuis les années 90, des techniques robustes ont été développées pour le support, le pilotage et l'exécution des processus métier. Un workflow de type business définit le workflow comme étant un processus métier basé sur une gestion de processus métier (BPM) pour Business Process Management [1]. Il s'agit d'une instance d'une tâche bien définie qui est souvent répétée comme une partie d'une tâche standard d'entreprise, par exemple les étapes requises afin d'effectuer une commande d'achat. Ce chapitre présente les définitions, concepts et standards liés à la technologie Workflow.

III.2. Définition du workflow

Le terme workflow a été standardisé par le consortium WorkFlow Management Coalition (WFMC)¹ en 1995. Le standard propose un modèle de référence pour la création, le déploiement et le contrôle d'applications de workflow. La WfMC définit le workflow comme suit :

«L'automatisation de tout ou partie d'un processus d'entreprise au cours duquel l'information circule d'une activité à l'autre, c'est-à-dire d'un participant (ou d'un groupe de participants) à l'autre, pour action en fonction d'un ensemble de règles de gestion. »

Cette définition désigne un workflow comme une solution permettant l'automatisation d'un processus métier. Un processus se définit comme un enchaînement coordonné d'un ensemble de tâches aboutissant à un résultat bien déterminé. La coordination spécifie le mode de séquençement des tâches ainsi que les données échangées entre les tâches. En d'autres termes, un processus métier peut être vu comme une application. Cette dernière est construite par composition temporelle de tâches, avec éventuellement des dépendances de données entre ces tâches [23].

Il faut être attentif au fait que le workflow ne contribue pas à l'automatisation des tâches proprement dites, mais à l'automatisation de leurs interdépendances à travers de multiples interactions de coopération et de coordination.

1. <http://www.wfmc.org/>

III.3. Concepts fondamentaux du workflow

Les concepts du workflow ont été résumés par les « 3R » de Marshak [22] :

1. **Les Routes** (itinéraires du processus de transformation des informations et des documents) : le routage ou la circulation des documents, des informations ou des tâches est la première grande fonction du workflow.
2. **Les Règles** (procédures d'action) : la gestion des règles de coordination des activités est la deuxième grande fonction du workflow. Elle est complémentaire à la première dans la mesure où l'itinéraire d'un processus dépend de règles qui définissent à la fois la nature des informations et leur modalité de transition d'une personne à une autre. Ces règles peuvent être simples ou complexes, mais elles sont indispensables au fonctionnement d'un Workflow.
3. **Les Rôles** (les compétences des différents participants) : la troisième grande fonction du workflow consiste à l'affectation des rôles aux acteurs du workflow. Un rôle est associé à la réalisation d'une ou plusieurs tâches. Celui-ci peut être affecté à plusieurs acteurs et un acteur peut réaliser plusieurs rôles.

III.4. Système de gestion de Workflow

L'automatisation d'un processus métier, ou d'une application, est associée à un système de gestion des workflow pour workflow management system (WfMS), connu également sous le nom de *moteur de workflow* (en anglais workflow engine).

En fonction de l'enchaînement et la circulation des données qui y sont spécifiées, le moteur a pour responsabilité la planification statique ou dynamique de l'ordonnancement des tâches sur une architecture matérielle, l'ordonnancement et le lancement effectifs des tâches et l'acheminement des données nécessaires pour leur exécution. Par abus de langage, le terme workflow est couramment utilisé pour désigner le moteur de workflow.

III.4.1. Définition d'un système de gestion de workflow

Un moteur de workflow est un système de gestion des tâches à accomplir à partir de l'information fournie en entrée et qui correspond à la composition de ces tâches.

Un WfMS supporte les fonctionnalités des workflows par le biais de deux modules modélisation et exécution où le module de support à la modélisation fournit les primitives nécessaires à la définition des composants. Ces composants sont : activités, entités responsables de l'exécution des activités, données et flux de contrôle entre les activités et enfin, les conditions de début (pré) et de fin (pro) d'exécution des activités.

La WfMC a résumé le rôle d'un moteur de workflow par la définition suivante [1] :

«Un système de gestion de workflow est un système qui complètement définit, gère et exécute les workflows à travers l'exécution de logiciels dont l'ordre d'exécution est dirigé par une représentation informatique de la logique du workflow.»

Au moment de la conception d'un WfMS, le défi est de concevoir un environnement dans lequel diverses technologies, allant des bases de données au traitement distribué, doivent être intégrées de manière simple et flexible. En effet, chaque technologie impliquée dans le fonctionnement d'un workflow a ses caractéristiques fonctionnelles et structurelles. Par conséquent, les questions d'interopérabilité des systèmes surgissent de nouveau.

III.4.2. Architecture d'un système de gestion de workflow

Dans son processus de standardisation, la WfMC ne s'est pas contentée de la définition d'une terminologie et d'un ensemble de concepts mais elle a aussi proposé une architecture générique de tout WfMS. Le standard prédominant dans la structuration d'un workflow est le modèle de référence de la WfMC. Ce modèle a été largement utilisé comme référence de nombreux fournisseurs de solutions workflow. La Figure III.1 présente les interfaces entre les composants d'un WfMS. Le modèle de référence d'un

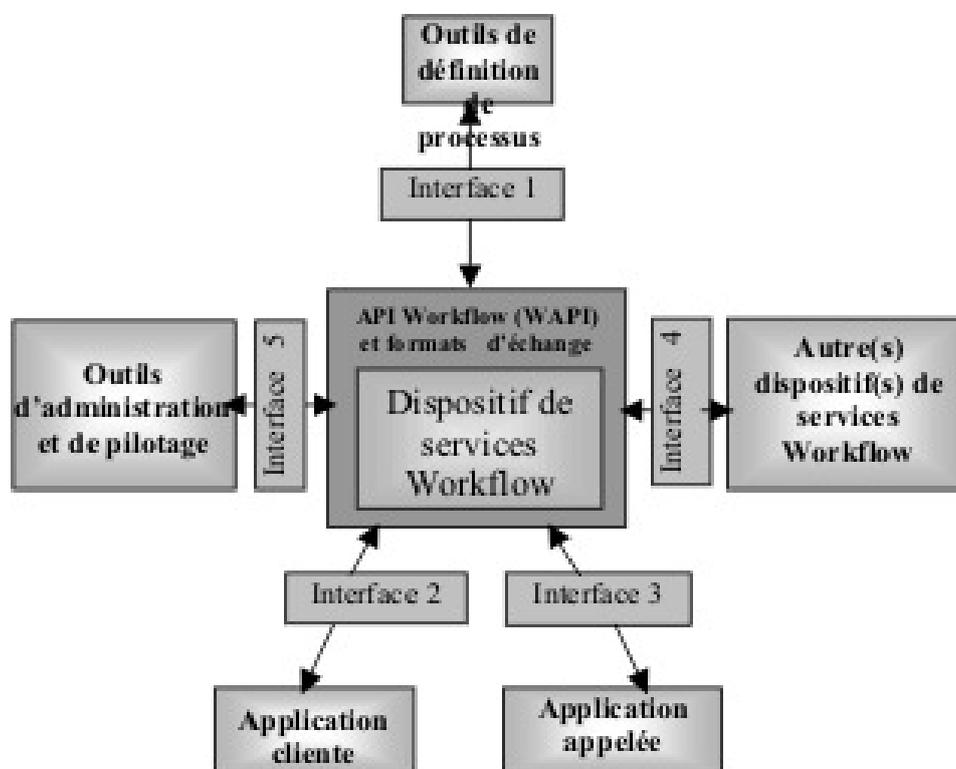


FIGURE III.1. – Architecture de référence d'un système de gestion de workflow

workflow dispose de cinq interfaces entre ses composants :

Interface 1 (Serveur-concepteur) : Elle définit un format commun pour l'échange des spécifications des processus statiques entre l'outil de définition des processus et le serveur workflow.

Interface 2 (Client-Serveur) : Elle supporte les interactions entre l'application client du workflow et le serveur workflow. Ces interactions incluent les workflows, la demande d'informations et de contrôle des processus workflow et de leurs activités et enfin, les fonctions administratives. Cette interface permet, également, à une application client d'un vendeur d'interagir avec le serveur workflow d'un autre vendeur (interopérabilité workflow/Application Usager).

Interface 3 (Invocation d'applications) : Elle permet de décrire comment des ressources externes sont invoquées par le serveur workflow.

Interface 4 (Serveur-Serveur interopérabilité workflow/workflow) : Elle décrit les interactions entre les serveurs workflows. Ces interactions incluent l'initiation, la demande d'informations et de contrôle des processus workflows et de leurs activités et les fonctions administratives.

Interface 5 (Surveillant-Serveur) : Elle définit les fonctions d'administration et de surveillance du serveur workflow.

III.5. Classification des workflows

Il existe plusieurs classifications du workflow et celle proposée par la WfMC est la plus adoptée dans la plupart des ouvrages. Elle est utile pour représenter de manière fonctionnelle les différentes applications de workflow. Cette classification est résumée dans figure III.2.

III.5.1. Workflow de production

Les processus sont au coeur du métier de l'entreprise et représentent pour elle un niveau de risque élevé. Les tâches effectuées dans le cadre de workflow de production changent peu et sont récurrentes. Elles impliquent la participation de plusieurs départements de l'entreprise et l'existence d'une structure créée pour les mettre en place et les contrôler. Exemple de procédures transactionnelles : instruction de demandes de prêts bancaires, traitement des réclamations déposées par les compagnies d'assurances.

III.5.2. Workflow administratif

Fondé sur la messagerie et ses extensions, ce type de workflow gère les tâches « administratives » répétitives (approbation des dépenses, demande d'achat, demande de billets pour les voyages, congés, etc.).

III.5.3. Workflow ad hoc

Ici, il s'agit de tâches qui sont plutôt associées à des projets qu'à des traitements intensifs. Si les workflows de production gèrent des tâches répétitives, les workflows ad hoc sont soumis à des objectifs dont les étapes et les niveaux d'interaction entre les

III. Workflow : Concepts et Standards

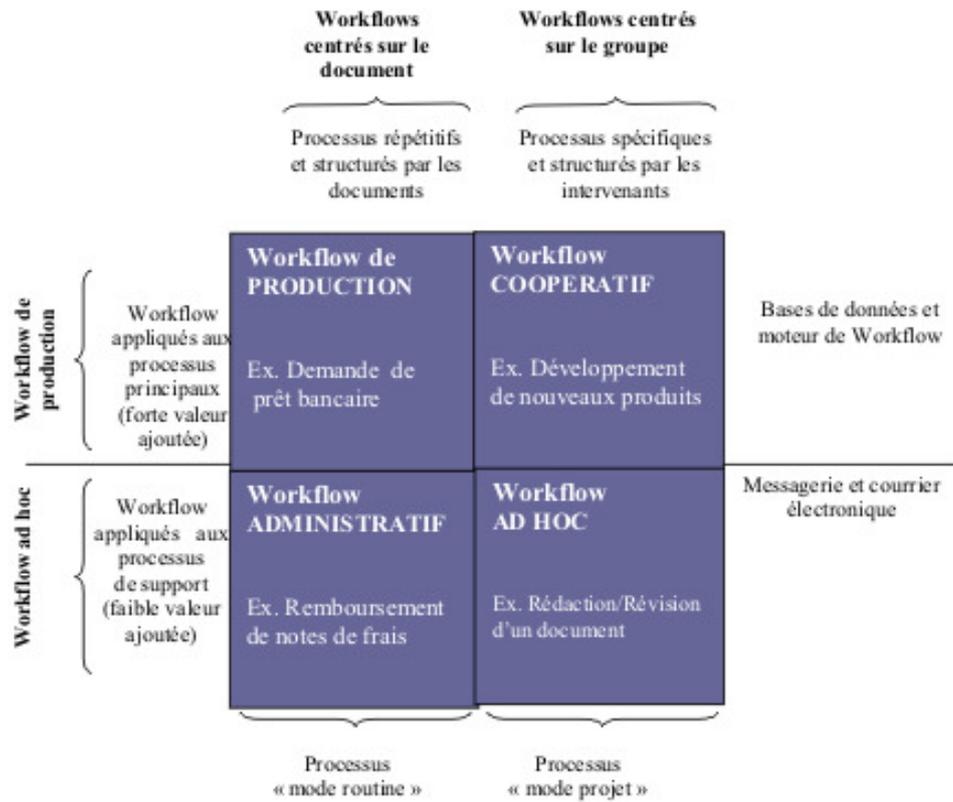


FIGURE III.2. – Classification des workflows

intervenants sont plus difficiles à définir en détail et à prévoir. Exemples : Activités liées à un nouveau produit, un marché, l'embauche d'un candidat, etc.

III.5.4. Workflow collaboratif

Le workflow collaboratif est souvent considéré comme du groupware [11]. Ils se concentrent sur le travail d'équipe en vue d'atteindre des objectifs communs. La taille des groupes peut-être très variable. Elle peut aller du petit comité avec une organisation orientée projet, au grand groupe réparti à travers le monde et ayant des intérêts en commun. Les workflows collaboratifs ont pour but de faciliter les communications inter-groupes. Exemple : La gestion des processus plus ou moins formalisés de définition d'un nouveau produit.

III.6. Exemple illustratif

Soit à gérer l'expédition des ventes d'une entreprise

- * Le processus d'expédition dans un magasin de vente par correspondance démarre lorsque le vendeur signale que des articles doivent être expédiés.
- * Le vendeur demande alors au magasinier de préparer le colis contenant les biens vendus. De plus, il doit décider si l'expédition peut se faire par la poste, ou si elle doit être réalisée par un transporteur.
- * Si, l'expédition peut être faite par la poste, le vendeur doit vérifier qu'aucune assurance particulière n'est requise (ex, assurance anti-casse), auquel cas, il doit demander au logisticien de lui accorder l'assurance.
- * Dans le cas où ils sont sollicités, le magasinier et le logisticien doivent à la fin de l'accomplissement de leur mission, envoyer un rapport au vendeur.
- * Une fois le coli prêt, le comptable établit la facture suite à une demande du vendeur.

La facture est envoyée au client. La livraison a lieu dès que le paiement est effectué.

Question 1 : Montrer à partir du scénario, ce qui le distingue comme processus métier

Réponse 1 : Ce scénario représente un processus métier car il décrit un ensemble d'activités corrélées autour d'un objectif final qui est la livraison de colis.

Question 2 : Extraire à partir du texte les concepts de base de workflow (3R)

Réponse 2 : Il est intéressant de modéliser le processus métier en utilisant la technologie workflow en présence des concepts de base, les 3R :

1. Les **Rôles** représentent les acteurs chargés des différentes activités. Il s'agit de la compétence, la responsabilité ou le poste. Pour ce processus métier, les rôles sont : vendeur, comptable, magasinier, logisticien.
2. Les **Routes** représentent les interdépendances entre les différentes activités afin de couvrir la coordination entre les différents composants du workflow. Dans ce processus métier, on :
 - **le routage séquentiel** par exemple entre les activités : signaler une expédition et demander au magasinier de préparer le coli.

- **le routage sélectif** par exemple entre les activités : vérifier l'assurance dans le cas où la livraison se fait par poste et ne pas faire d'assurance dans le cas contraire.
 - **le routage parallèle** par exemple entre les activités : demander au magasinier de préparer le coli et vérifier le mode d'envoi.
3. Les **Règles** représentent tous éléments de construction du workflow en dehors des routes et des rôles. Les règles englobent les objets tels que : facture, assurance et aussi l'affectation des personnes aux rôles lors de la création des instances.

III.7. Conclusion

Dans ce chapitre, la technologie workflow est présentée en présentant les définitions, concepts, architectures du workflow et les vendors.

IV. Approche Orientée Processus et Workflow

IV.1. Introduction

Dans le cycle vie d'un processus métier, l'étape de définition et de modélisation constitue la phase la plus importante et a été le volet qui a révolutionné les entreprises à l'arrivée du BPM et Workflow avec l'approche orientée flux de travail. ce chapitre décrit cette approche et présente la modélisation des processus selon cette dernière.

IV.2. Représentation graphique d'un Workflow

Un workflow est considéré comme un graphe qui comporte des nœuds et des arcs. Une relation de contrôle de flux permet de relier deux nœuds dans le graphe et visualise leur ordre d'exécution.

Les noeuds sont les constructions de bases d'un Workflow représentant les tâches ou les coordinateurs qui sont :

- choix (**choice**),
- fusion (**merge**),
- branchement (**fork**), et
- les deux nœuds de début (**begin**) et de fin (**end**).

Voici un exemple d'un graphe workflow, présenté dans la Figure IV.1.

IV.3. Définition Formelle d'un Workflow

On appelle un Workflow l'automatisation complète ou partielle des procédés durant lesquels des informations sont passées d'un participant à un autre et des tâches sont effectuées par ces derniers en accord avec des procédures. Il faut s'Assurer que le bon travail est fait au bon moment par la bonne personne et dans le bon ordre.

Un workflow est aussi défini comme une suite ordonnée d'activités dont le but est la résolution d'un problème ou la réalisation d'un objectif.

Chaque activité représente une étape logique dans la résolution. Elles sont ordonnées par des transitions.

Afin de bien comprendre cette définition liée aux tâches et à leurs interdépendances, la figure résume cet aspect de définition formellement comme suit dans la Figure IV.2 :

IV.4. Modélisation orientée processus des workflows

Les systèmes de workflow des différents vendors ont conçu beaucoup d'interfaces utilisateur qui permettent à un utilisateur de relier toutes les activités dans leurs propres workflows. En effet, un workflow est souvent modélisé comme un graphe d'activités. Une activité est un bloc unique de processus qui peut être lié à un autre bloc de traitement si une dépendance de contrôle ou de données existe entre eux. Dans un graphe, les activités sont faiblement couplées montrant un minimum de communication entre elles. Un exemple d'activité peut être une instance d'un modèle de prévision hydrologique. Si le modèle est exécuté en parallèle, le graphe doit montrer ce parallélisme avec des activités multiples, une par instance. Une activité peut être quelque chose aussi simple comme un outil de conversion d'un fichier d'un format à un autre. Une activité pourrait prendre la sortie du modèle complexe d'une prévisions météo de 3 jours, extraire les prévisions et les lectures et écrivent les lectures sous forme d'un fichier de valeurs séparées par des virgules.

Les systèmes de workflow fournissent souvent des activités par défaut qui peuvent être utilisées comme composants d'un workflow. Ces activités peuvent être indépendantes du domaine ou ciblées vers un domaine particulier.

Selon [31], la conception d'un workflow inclut quatre facteurs clé, à savoir : (a) la structure du workflow, (b) la spécification du workflow, (c) la composition du workflow et (d) les contraintes de qualité de service.

IV.4.1. Workflow Patterns

L'initiative Workflow Patterns est un effort conjoint de l'Université de Technologie d'Eindhoven (dirigée par le Professeur Wil van der Aalst) et de l'Université de Technologie de Queensland (dirigée par le Professeur Arthur ter Hofstede) qui a débuté en 1999. L'objectif de cette initiative est de fournir une base conceptuelle pour la technologie des procédés. Les Workflow patterns constituent une forme spécialisée d'un schéma de conception tel que défini dans le domaine de l'ingénierie logicielle ou de l'ingénierie des processus métiers, respectivement. Ils font donc référence aux solutions habituellement apportées à des problèmes récurrents, Une collection bien connue de workflow patterns est celle proposée par Wil van der Aalst. Cette collection de patterns ou de modèles se concentre sur un aspect spécifique du développement d'applications orientées processus, à savoir la description des dépendances de flux de contrôle entre les activités dans un workflow [4].

Le Workflow modélise les processus coopératifs bien structuré :

- Un seul point d'entrée et un seul point de sortie
- Toute activité est sur un chemin allant du point d'entrée au point de sortie
- Les connecteurs de flot de contrôle sont bien parenthésés (AND-Split-AND-Join ; XOR-Split, XOR-Join ; OR-Split-Jonction ...)

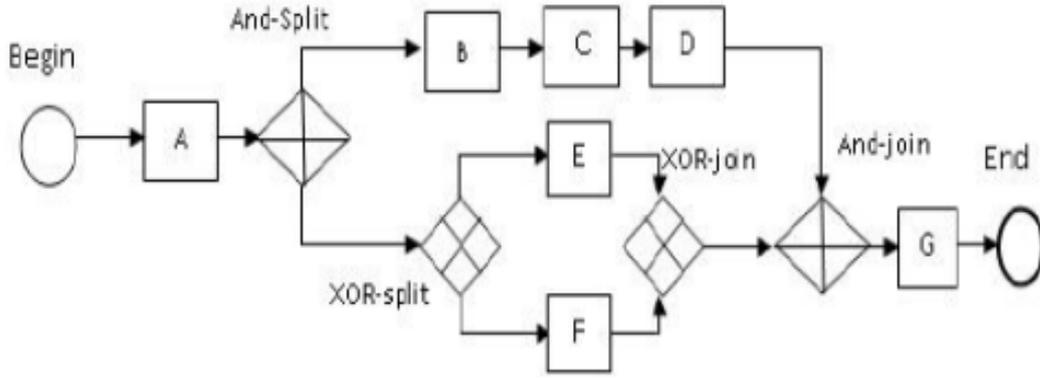


FIGURE IV.3. – Les workflow Patterns

IV.4.2. Structure d'un workflow

Le workflow est constitué de la connexion de multiples tâches selon leurs interdépendances. La structure d'un workflow aussi appelée *pattern* [1], indique la relation temporelle entre ces tâches. En général, un workflow peut être représenté par un graphe acyclique dirigé DAG pour (Directed Acyclic Graph) ou un non-DAG (Non-Directed Acyclic Graph) (voir Figure IV.4). Dans un workflow à base de DAG, La structure de

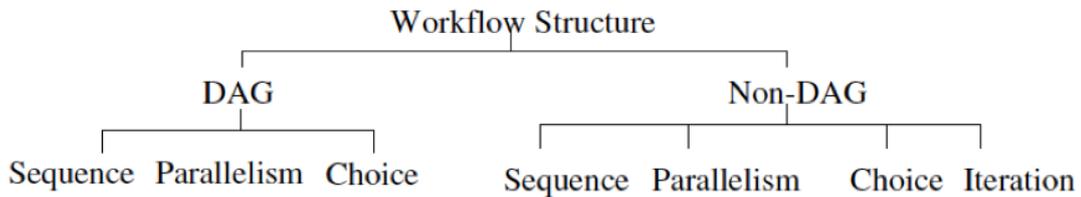


FIGURE IV.4. – La structure d'un workflow

tout workflow peut être classée comme une *séquence*, un *parallélisme* ou une *choix*. La séquence est définie comme une série ordonnée de tâches qui commencent chacune à la fin de sa précédente. Le parallélisme représente les tâches qui sont exécutées de façon concurrentielle. Dans le modèle contrôlé par un choix, une tâche est sélectionnée à être exécutée en temps réel quand les conditions qui lui sont associées sont vérifiées. En plus de tous les patterns contenus dans un DAG, un non-DAG inclue également la structure d'*itération* dans laquelle, des sections de tâches d'un bloc d'itération sont autorisées à se répéter. L'itération est aussi un cycle ou une boucle. La structure de l'itération est plus fréquente dans les applications scientifiques.

Ces quatre structures de workflow décrites précédemment, à savoir, la séquence, le parallélisme, la condition et l'itération peuvent être utilisées pour construire des work-

flows complexes. De plus, des sous workflows peuvent également se baser sur les mêmes structures dans la construction de blocs pour la modélisation d'un workflow à large échelle.

IV.4.3. Spécification d'un workflow

La spécification d'un workflow aussi appelée modélisation définit un workflow contenant la définition de ses tâches et de sa structure. Souvent les concepteurs de workflows scientifiques distinguent deux types de modèles : le modèle abstrait et le modèle concret. Ils représentent respectivement les tâches constituant un workflow avec leurs interdépendances et l'ensemble des ressources physiques impliquées dans l'exécution du workflow [21].

La modélisation d'un workflow consiste en la modélisation de la structure du processus à prendre en charge par le workflow.

Cette modélisation processus nécessite la prise en charge des 3 concepts fondamentaux du workflow, à savoir : Rôle, Route et Règle.

La modélisation orientée processus est centrée autour du flux de travail. Ainsi, elle met l'ensemble des activités composant un processus au cœur du modèle aux quelles elle associe les 3R.

IV.4.4. Composition d'un workflow

Les systèmes de composition de workflow sont désignés pour permettre aux utilisateurs d'assembler des composants en un workflow. Ils doivent fournir une vue de haut niveau de la construction des applications des utilisateurs et cacher la complexité des systèmes. Dans [30], les auteurs présentent un état de l'art des classes principales de tous les outils et langages de la composition de workflow. Cet état de l'art est montré dans la Figure IV.5 où les auteurs donnent une taxonomie dédiée aux systèmes de composition de workflow. Les systèmes orientés utilisateurs permettent à ces derniers de modifier directement leurs workflows tandis que les systèmes de composition automatique génèrent les workflows automatiquement aux utilisateurs. En outre, les avantages d'une composition automatique sont : (1) la sélection des composants du workflow est effectuée de façon sémantique et automatique. Ceci est utile dans le cas où des centaines de milliers de composants sont concernés par cette sélection ; (2) des workflows alternatifs peuvent être modélisés automatiquement. Dans le cas où un composant n'est pas disponible ou tombe en panne, un workflow alternatif peut être adopté ; (3) les workflows conçus automatiquement peuvent être optimisés afin de pouvoir être exécutés dès que les ressources et les objets d'entrée sont disponibles.

Cependant, dans l'objectif d'assurer une bonne communication avec l'utilisateur, instaurer un haut degré de transparence et de facilité d'utilisations des environnements de type grille, les systèmes de composition orientés utilisateurs sont sans doute les meilleurs. Dans cette classe de systèmes, les utilisateurs disposent, en général, d'outils basés sur des graphes ou sur des langages afin de composer leurs workflows.

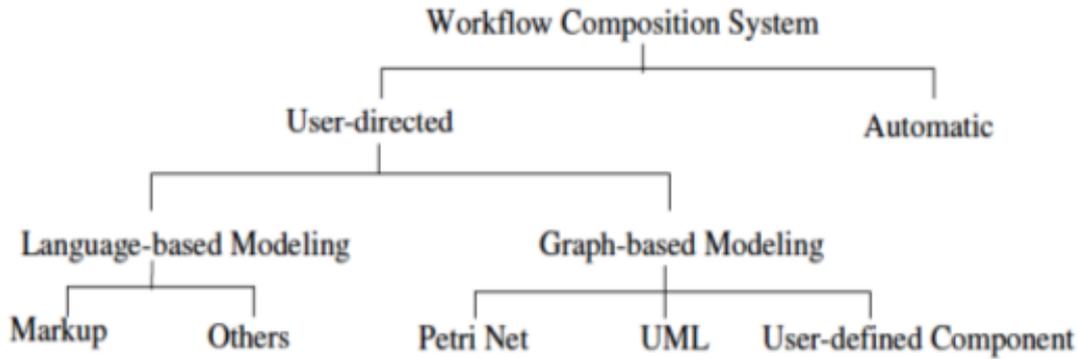


FIGURE IV.5. – La composition d’un workflow

IV.4.4.1. Modélisation à base de langage

Lors d’une modélisation à base de langages, les utilisateurs peuvent exprimer leur workflow en utilisant des langages à balises tel que : Extensible Markup Language (XML) ¹, GridAnt [18], WSFL [19], BPEL4WS [3], W3C-XML-Pipeline ², Gridbus Workflow [6] ou d’autres formats comme le Condor DAGman ³.

La modélisation à base de langage peut être appropriée pour les utilisateurs à grande expertise car elle requiert que ces derniers connaissent la syntaxe spécifique à un langage donné. De plus, il est impossible pour les utilisateurs d’exprimer un workflow grand et complexe par une édition manuelle du workflow. Mais, les langages workflow sont plus simples à partager, à manipuler et à transporter tandis que les représentations graphiques sont intuitives mais doivent être convertis en d’autres forme afin d’être manipulées.

IV.4.4.2. Modélisation à base de graphe

La modélisation à base de graphes permet une définition graphique d’un workflow. Elle permet à des utilisateurs Les utilisateurs peuvent composer et mettre à jour le workflow par un simple clic sur les composants qui les intéressent. La modélisation à base de graphes est souvent favorisée par les utilisateurs car elle est intuitive ne requiert pas une grande expertise. Cependant, lors de la modélisation, les composants d’un workflow peuvent devenir très nombreux et grands et deviennent difficiles à gérer. Les approches les plus répandues sont celles basées sur les réseaux de Petri ⁴ et UML (Unified Modeling Language) ⁵. Les réseaux de Petri représentent une classe spéciale des graphes orientés

1. <http://www.w3.org/XML/>

2. <http://www.w3.org/TR/xml-pipeline/>

3. <https://research.cs.wisc.edu/htcondor/dagman/dagman.html>

4. <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>

5. <http://www.uml.org/>

pouvant modéliser une exécution séquentielle, parallèle ou conditionnelle des différentes tâches [28]. Ils ont été utilisés par plusieurs WfMSs tels que Grid-Flow⁶ et FlowManager [8].

Les diagrammes d'activités d'UML [14] ont également été largement utilisés comme un langage de modélisation de workflow. Comparés aux diagrammes d'UML, les Réseaux de Petri possèdent une sémantique formelle et ont largement été utilisés pour construire un grand nombre de workflows [28].

IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre a mis l'accent sur l'approche orientée processus qui a accompagné le développement des différents systèmes de gestion de workflow.

6. <http://gridflow.ca/>

V. Modélisation Workflow des Processus Métier avec BPMN

V.1. Introduction

BPMN est un standard permettant au métier et à l'IT de partager un langage commun contribuant à faciliter et à rendre plus efficace le développement d'applications métiers BPM. Le BPMN est à la fois un ensemble de conventions visuelles pour la modélisation et des règles sémantiques spécifiant l'exécution du code informatique que représentent ces éléments.

Ce chapitre vient mettre l'accent sur tous les concepts couverts par BPMN pour la modélisation workflow.

V.2. Définition et historique

Business Process Model and Notation (BPMN), c'est-à-dire « modèle de procédé d'affaire et notation », est une méthode de modélisation de processus d'affaires pour décrire les chaînes de valeur et les activités métier d'une organisation sous forme d'une représentation graphique. Elle constitue la norme internationale ISO/CEI 19510.

BPMN a été développé au départ par la Business Process Management Initiative (BPMI), et est maintenu par l'Object Management Group (OMG) depuis la fusion de ces deux Consortium en juin 2005.

La version actuelle de BPMN est la 2.0.2 et date de 2013. Elle est une norme ISO depuis juillet 2013. (voir Figure V.2).

Plusieurs versions du modèle ont vu le jour au cours de ces dernières années.

La première version de BPMN est livrée par la BPMI en mai 2004 initialement sous la désignation Business Process Modeling Notation.

En février 2006, l'OMG adopte la version 1.0.

En janvier 2008, l'OMG livre la version 1.18.

En janvier 2009, l'OMG livre la version 1.29.

En janvier 2011, l'OMG livre la version 2.0. Celle-ci introduit des changements majeurs, notamment avec l'introduction de diagrammes de conversation et de diagrammes de chorégraphie, et une plus grande richesse dans la spécification des événements. Elle introduit également des formats d'échange de modèles.

En juillet 2013, l'ISO adopte la version 2.02 comme norme internationale ISO/CEI 19510 :2013 sous le titre « Technologies de l'information - Modèle de procédé d'affaire et

V. Modélisation Workflow des Processus Métier avec BPMN

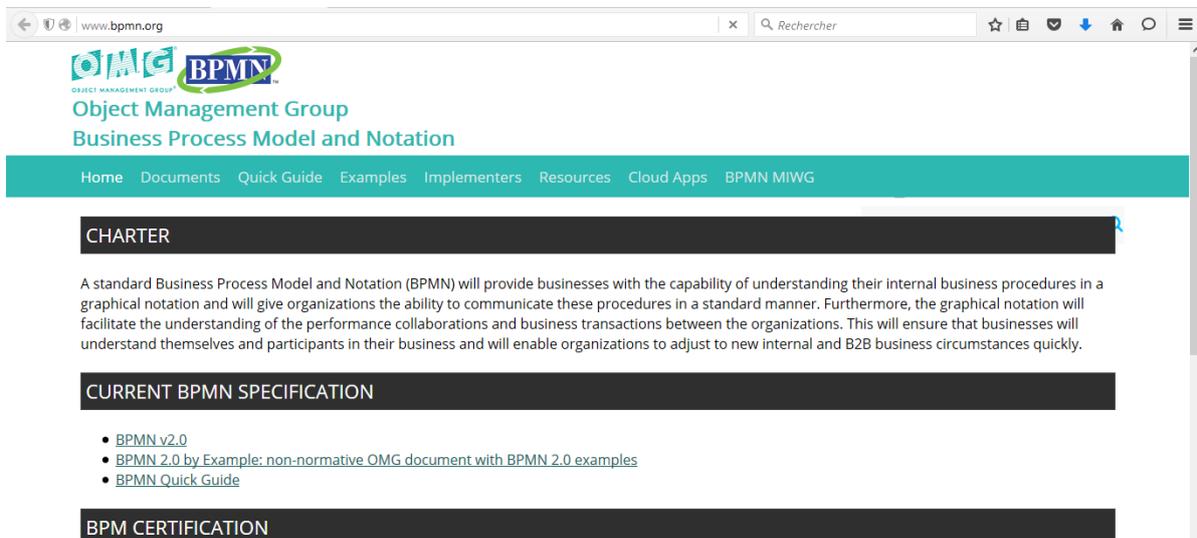


FIGURE V.1. – L'OMG

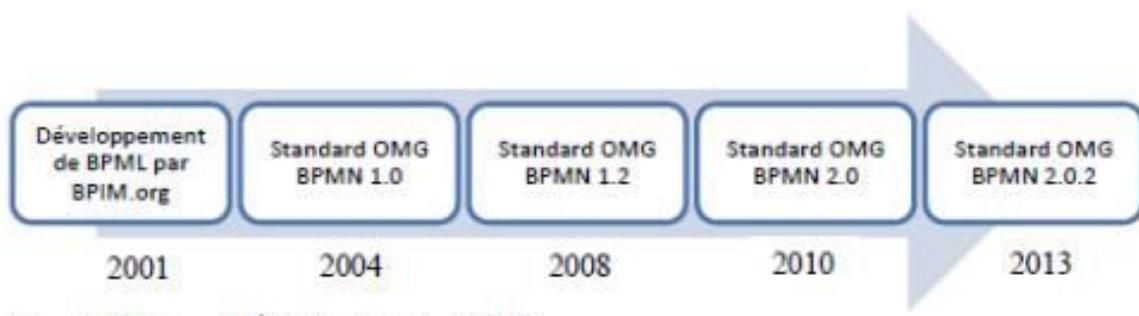


FIGURE V.2. – Historique du BPMN

notation de l'OMG » (en anglais Information technology - Object Management Group Business Process Model and Notation).

En décembre 2013, l'OMG entérine la version 2.0.2, qui ne contient que des changements mineurs concernant les fichiers d'échange de modèles en XML.

<i>Version</i>	<i>Signification</i>
1.x	Business Process Modeling Notation
2.x	Business Process Model and Notation

FIGURE V.3. – Versions du BPMN

V.3. Concepts de base du BPMN

Cette section présente les différents concepts du BPMN afin de montrer toute la force de cet outil en termes de modélisation.

BPMN repose sur trois types de modèles :

- Modèle de processus pour représenter le déroulement des processus internes d'une organisation ainsi que les processus publics (c'est-à-dire s'interfaçant avec des activités de tiers externes) ;
- Modèles de collaboration pour représenter les processus de plusieurs entités et les échanges permettant de relier ces processus ;
- Modèles de chorégraphie pour représenter les comportements attendus des acteurs dans un processus.

V.4. Elements de base de BPMN

BPMN permet de représenter les procédures d'entreprise internes, mais également des procédures B2B, par le biais de processus publics et des chorégraphies, ainsi que des concepts d'orchestration de processus avancés, comme la gestion des exceptions et la compensation des transactions.

BPMN est un langage complètement orienté flux de travail. Il est centré sur les éléments de base autour des activités, des événements et les branchements. BPMN considère 3 niveaux de complexité où les symboles BPMN ont un double objectif :

- Ils représentent visuellement un flux de processus.
- Ils peuvent être traduits en code exécutable qui permet de transformer un diagramme de processus en une application informatique.

Les éléments BPMN peuvent également être catégorisés selon trois niveaux de complexité : basique, intermédiaire et avancé (Voir Figure V.4).

Ces modèles combinent les éléments de base principaux suivants : es variantes de ces éléments de base et des marqueurs d'activités permettent de préciser davantage la signification du modèle.

	Basique	Intermédiaire	Avancé
Activités	Abstraite	Humaine Service Appelante	
Événements	Début Fin	Message Minuterie Erreur Signal	Sous-processus événementiel
Portes	Parallèle Exclusive	Inclusive	
Flux séquentiel	Séquence	Flux conditionnel Flux par défaut	
Autre	Pools Lanes		Boucle Multi-instance
	Annotation Liens		

FIGURE V.4. – Catégories des éléments de base du BPMN

Les éléments de modélisation du BPMN dans plusieurs catégories générales : Éléments de workflow ; Éléments d'organisation ; Éléments de lisibilité et les Comportements spécifiques.

V.4.1. Éléments de workflow

Ils incluent les activités, portes et événements, ainsi que les flux séquentiels qui les lient. Chacun de ces éléments propose plusieurs types qui peuvent être connectés dans une séquence.

- **les pistes** (pool en anglais) et les corridors (lane en anglais) représentent les entités et les participants dans un processus ;
- **les activités** (activity en anglais) représentent la décomposition du processus ;
- **les événements** (event en anglais) ;
- **les flux de contrôle** (sequence flow en anglais) représentent l'enchaînement entre ces éléments ;
- **des branchements** (gateway en anglais) permettent de scinder ou de faire converger des flux de contrôle ;
- **des messages et des flux de messages** permettent de matérialiser les échanges ;
- **des données** ;
- **des annotations et des associations** entre éléments liés.

De nombreux La figure V.5 résumant les éléments essentiels.

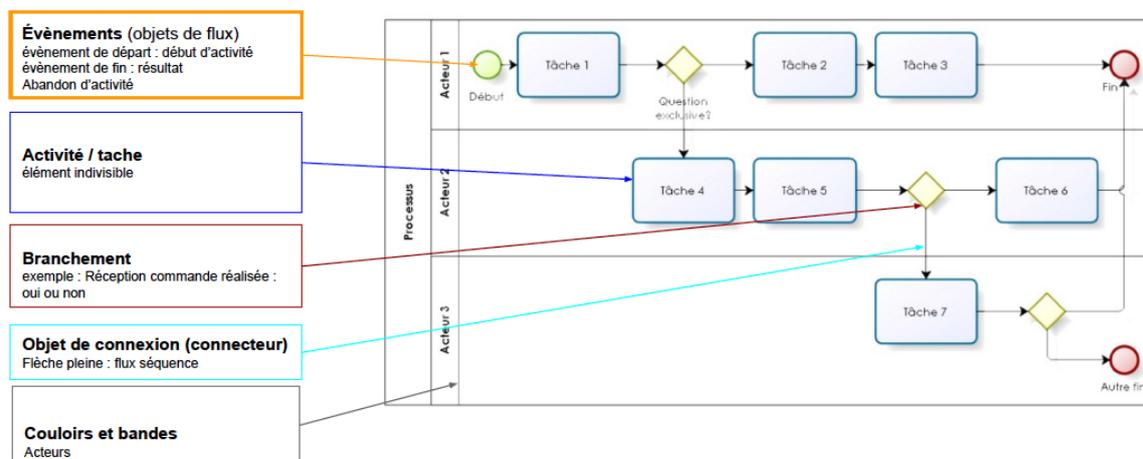


FIGURE V.5. – Elements de Workflow du BPMN

V.4.2. Éléments d'organisation

Ils incluent les pools et les lanes. Ce sont des conteneurs pour le flux de processus :

- **Pools** Contiennent un processus unique et complet. Un workflow ne peut pas sortir d'un pool : il convient de transférer les actions ou les données d'un pool/processus à un autre par d'autres moyens.
- **Lanes** Utilisées pour organiser le processus en fonction de qui fait quoi (acteurs). Dans une piscine, les lignes d'eau servent à séparer les nageurs afin qu'ils ne se percutent pas. Un workflow peut franchir les limites des lanes comme si elles n'existaient pas. Elles ont une fonction purement organisationnelle.

V.4.3. Elements de lisibilité en BPMN

Les elements de lisibilité sont les annotations et les liens.

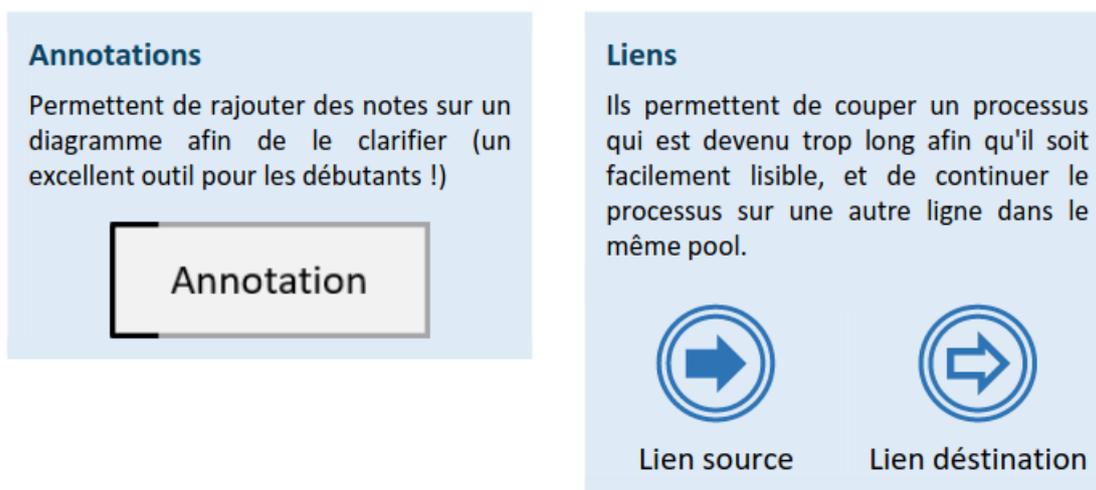


FIGURE V.6. – Elements de lisibilité en BPMN

V.4.4. Comportements spécifiques

Les comportements spécifiques incluent un ensemble d'événements et de marqueurs de tâches.

V.4.4.1. Messages et flux de messages

Les messages sont utilisés pour transférer des données d'un pool/processus à un autre et pour corréler des processus liés. La corrélation est utilisée pour coordonner l'avancement entre deux instances de processus en cours et mettre en correspondance les événements des messages (Voir Figure V.7).

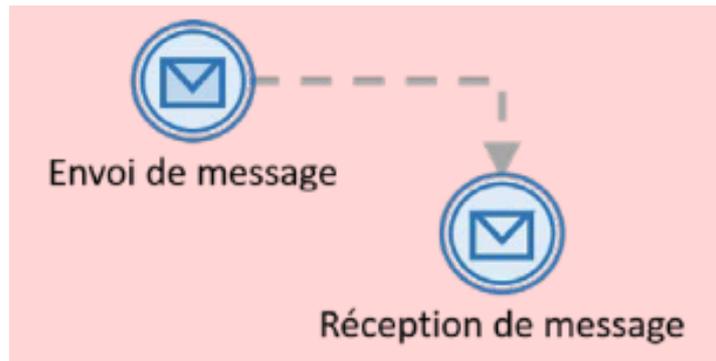


FIGURE V.7. – BPMN-Message

V.4.4.2. Signaux

Les signaux sont utilisés pour diffuser des informations d'un processus donné vers plusieurs autres processus (Voir Figure V.8).



FIGURE V.8. – BPMN-signal

V.4.4.3. Boucles et multi-instances

Elles sont utilisées pour répéter des tâches telles que de multiples lancements de la même tâche (multi-instance) ou la répétition de la même tâche (boucle); (Voir Figure V.9).

V.4.4.4. Erreurs

Les erreurs sont utilisées pour définir le comportement lorsque le système rencontre une erreur (Voir Figure V.10).

V.4.4.5. Minuterics

Elles sont utilisées pour démarrer périodiquement des activités ou pour vérifier qu'une activité s'est déroulée dans un délai défini (Voir Figure V.11).

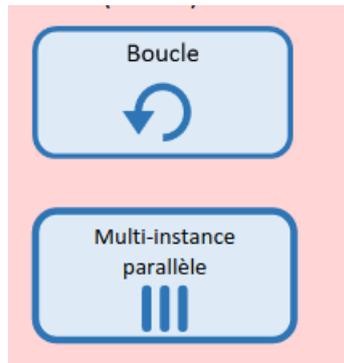


FIGURE V.9. – BPMN-Boucles



FIGURE V.10. – BPMN-Erreur



FIGURE V.11. – BPMN-Minuterie

V.5. Le routage Workflow via BPMN

En plus de tous les éléments de modélisation présentés dans les sections précédentes, il est nécessaires de rappeler que BPMN occupe une position très importante dan sle marché du Workflow e du BPM et ce grâce à sa prise en charge de tous les routages du workflow et de son efficacité dans la modélisation des flux de travail les plus complexes. La figure V.12 résume toutes les notations des workflow patterns avec leurs correspondants en BPMN.

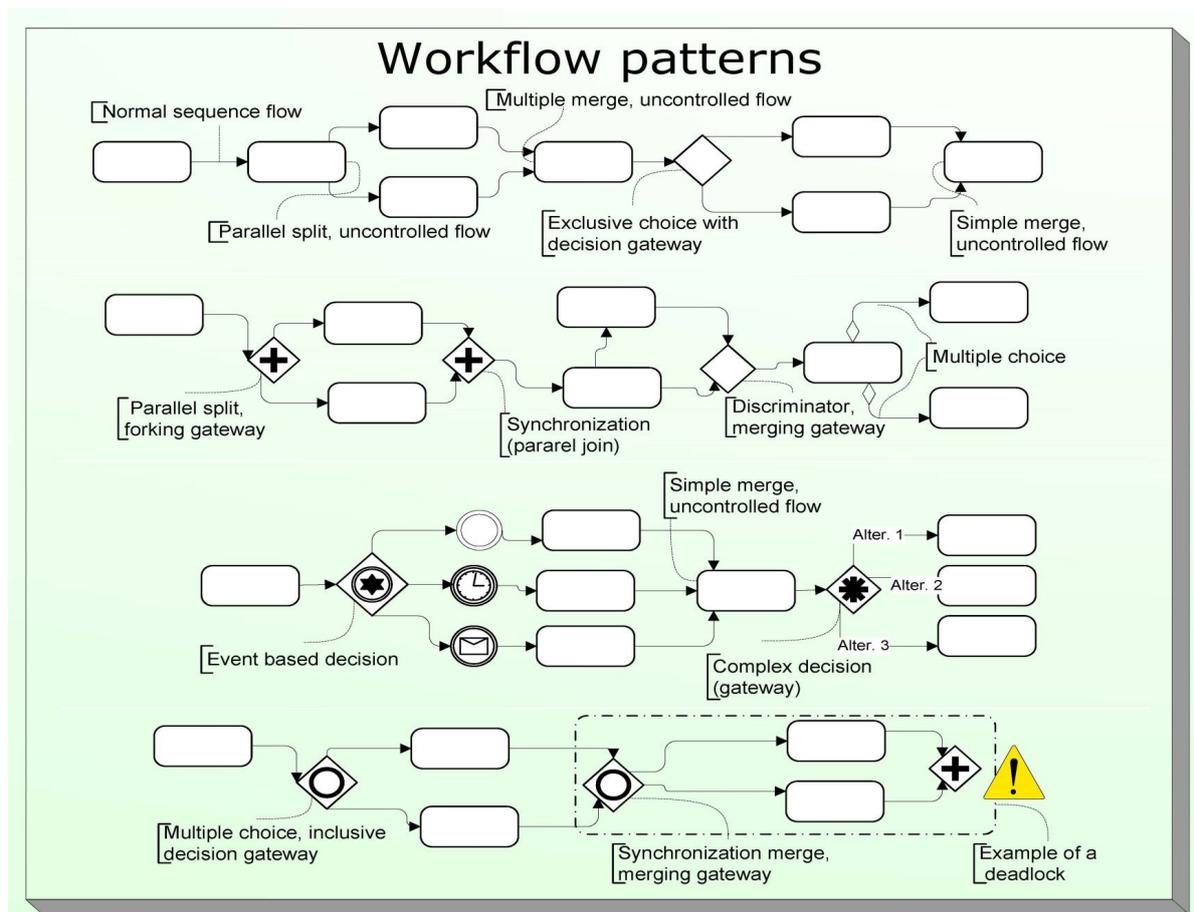


FIGURE V.12. – Workflow Patterns en BPMN

V.6. BPMN via l'exemple

Afin de bien synthétiser tous les concepts vus dans ce chapitre, soit à modéliser en BPMN un processus de gestion d'incident dans un établissement selon scénario suivant :

- Un client demande de l'aide à un technicien au comptoir à propos d'un problème avec un produit qu'il a acheté.

- Le technicien essaie d’abord d’y répondre par lui-même.
- Dans le cas contraire, le technicien demande l’aide au support de niveau 1.
- Soit ce niveau sait répondre, soit il demande l’aide du niveau 2.
- Soit le niveau 2 sait répondre, soit il externalise la demande vers le fournisseur du produit.
- Soit celui-ci résout le problème, soit il le recense à corriger.
- Dans tous les cas, l’explication finale est donnée au client par le technicien au comptoir.

Le modèle correspondant en BPMN est donnée dans la Figure V.13

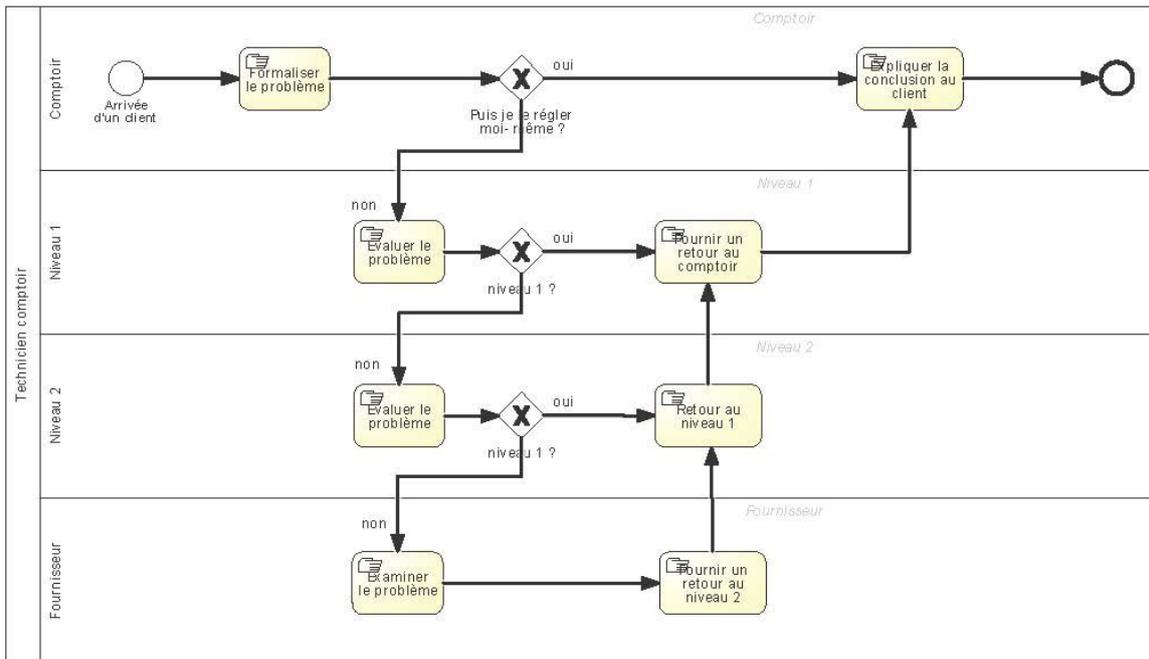


FIGURE V.13. – BPMN-Exemple

V.7. Conclusion

Dans ce chapitre, l'intérêt est porté sur un des outils les plus importants dans le monde de la modélisation orientée processus, à savoir le BPMN comme langage à base de graphe dédié principalement aux applications orientées utilisateurs.

VI. Exécution du workflow via BPEL

VI.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est d'explorer un volet important du déploiement et de l'exécution des workflows, notamment sur des systèmes à hautes performances comme les clouds. Ce déploiement est possible grâce à l'existence de langages dédiés à la fois à la modélisation orientée processus et orientée service. Le langage phare de cette catégorie est le langage BPEL (Business Process Execution language).

Cette phase du cycle de vie d'un workflow a toute son importance avec le type particulier des workflows scientifiques. En effet, pour les processus métier classiques de type administratif ou collaboratif, le système de gestion de workflow est doté d'un moteur de workflow chargé de l'exécution interne des workflow mais dans le cas de workflow scientifiques de nouveaux outils doivent être mis en place pour permettre l'exécution sur des serveurs distants. ce chapitre présente les workflows scientifiques avant de présenter les langages et outils d'exécution de ces workflows.

VI.2. Workflow Scientifique

Les workflows ont initialement été introduits dans les entreprises afin d'automatiser les procédures administratives dans lesquelles des documents circulent entre différents services. Par la suite, ils ont connu un grand essor dans le domaine du génie logiciel pour la modélisation des processus industriels [20].

Quelques années après leur apparition, leur champ d'utilisation s'est élargi dans le domaine scientifique, tel que l'astronomie, la bio-informatique, l'écologie, la météorologie, etc., faisant apparaître la notion de *workflow scientifique*. Ces derniers sont vus comme une adaptation des premiers modèles pour la conception d'applications distribuées, typiquement pour les applications de calcul intensif sur des données massives et pour l'allocation dynamique de ressources d'exécution, en particulier sur grilles de calcul [9].

Dans le contexte de la science, les workflows sont utilisés pour décrire des expériences scientifiques. Un workflow scientifique est un flux de tâches principalement des tâches de calcul, qui font partie d'une expérience scientifique. Les workflows scientifiques sont exécutés sur des systèmes distribués vu leur grande demande en capacités de calcul et de stockage [4]. Il existe beaucoup de similarités entre les workflows de type business et les workflows scientifiques. En effet, les workflows scientifiques trouvent leurs racines

dans les processus humains et les processus métier. Ils sont vus comme une adaptation des modèles de type business pour la conception d'applications distribuées, typiquement pour les applications de calcul intensif sur des données massives et pour l'allocation dynamique de ressources d'exécution, en particulier sur les grilles de calcul [5]. Néanmoins, certaines différences séparent ces deux types de workflow. Ces différences sont résumées dans ce qui suit [6]. Un workflow humain est une séquence de tâches effectuées par une ou plusieurs personnes pour atteindre un certain objectif. Les workflows automatiques ou partiellement automatiques se produisent dans les opérations de fabrication d'ordonnement, la gestion des stocks et la gestion des processus métier. Les workflows de type business focalisent sur l'optimisation de l'efficacité, car ils sont gérés de façon répétée sur un long calendrier et changent rarement. Dans le domaine de l'e-science, toutefois, la recherche a porté sur le renforcement de la flexibilité et de la dynamité des systèmes de workflow afin qu'ils puissent répondre au processus de découverte de la science.

VI.3. Cycle de vie d'un workflow scientifique

La figure I représente une vue de haut niveau du cycle de vie du workflow scientifique. À partir d'une hypothèse scientifique à tester, ou de certains objectifs expérimentaux spécifiques, la phase de conception d'un workflow est initiée. Au cours de cette phase, les scientifiques veulent souvent réutiliser des workflows et des modèles préexistants ou les affiner. À l'inverse, ils peuvent décider de partager un design de workflow (éventuellement révisé et amélioré) ou de créer des produits de workflow (données dérivées, nouveaux composants, sous-workflows, etc.) Disponible via un référentiel public ou un espace de projet partagé. La conception du flux de travail scientifique diffère considérablement de la programmation générale, des bibliothèques d'analyse, des services Web disponibles et d'autres composants préexistants étant souvent "cousus ensemble" (similaire aux approches de script [8]) pour former de nouvelles pipelines d'analyse de données.

Pendant la préparation du workflow, les sources de données sont sélectionnées et les paramètres définis par l'utilisateur. Les workflows peuvent exiger l'ordonnement des ressources informatiques hautes performance (HPC) telles que les ordinateurs de cluster locaux ou les ressources à distance (Grid ou cloud computing); Les données peuvent également être mises en scène, c'est-à-dire déplacées vers certains endroits où les travaux de calcul fonctionnant sur les grappes HPC les attendent. Pendant l'exécution du workflow, les données d'entrée sont consommées et les nouveaux produits de données créés. Pour les simulations de sciences informatiques à grande échelle (fonctionnant sur des centaines ou des milliers de nœuds, pendant des heures, des jours ou des semaines à la fois), la surveillance de l'exécution est d'une importance critique : les produits de données intermédiaires et les informations de provenance spéciales sont souvent affichés sur une surveillance sur le Web " Tableau de bord "pour informer le scientifique des progrès et des problèmes éventuels lors de l'exécution. Selon cette information, le scientifique peut décider d'interrompre une simulation ou un workflow. Les scientifiques ont souvent besoin d'inspecter et d'interpréter les résultats du workflow dans une phase de

analyse post-exécution pour évaluer les produits de données (ce résultat a-t-il un sens ?), Examiner les traces d'exécution et les dépendances de données (ces résultats ont-ils été "tachés" par cet ensemble de données d'entrée ?), Les débogues (Pourquoi cette étape a-t-elle échoué ?), Ou simplement analyser les performances (quelles étapes ont pris plus de temps ?). Selon les résultats du workflow et les résultats de l'analyse, les hypothèses d'origine ou les objectifs expérimentaux peuvent être révisés ou affinés, ce qui donne lieu à de nouvelles conceptions de workflow et une nouvelle itération du cycle peut débuter. Le cycle de vie du workflow implique généralement des utilisateurs dans différents domaines : les scientifiques de domaine agissent souvent comme les concepteurs de workflow (de haut niveau) et en tant qu'opérateurs de workflow, c'est-à-dire qu'ils exécutent et éventuellement surveillent le workflow après avoir préparé l'exécution en sélectionnant des ensembles de données et des paramètres. Selon la complexité des workflows cibles et les compétences requises pour les composer dans un système particulier, les ingénieurs du workflow sont généralement impliqués dans la mise en œuvre de la conception du workflow.

VI.4. Type de workflows scientifiques

Il n'y a pas encore de classification scientifique établie du workflow. En effet, il ne semble pas y avoir de caractéristiques uniques qui définissent de manière unique quel workflow scientifique est et ne l'est pas. Dans de nombreuses disciplines, les scientifiques sont des concepteurs et développeurs de nouveaux protocoles expérimentaux et méthodes d'analyse de données. Par exemple en bio-informatique, l'avènement de la prochaine génération de protocoles et les nouveaux produits de données brutes qui en résultent conduisent à une augmentation du développement de méthodes pour acquérir de nouvelles connaissances à partir des données que ces expériences peuvent produire. Les workflows scientifiques dans de tels domaines sont souvent de nature exploratoire, les nouvelles méthodes d'analyse étant rapidement développées à partir de quelques idées initiales et des conceptions préliminaires du workflow. Dans ce contexte, il est essentiel que les workflows scientifiques soient faciles à réutiliser et à modifier, par exemple, pour remplacer ou réorganiser les étapes de l'analyse sans «casser» le pipeline d'analyse. Une fois établis, les flux de production, d'autre part, subissent beaucoup moins de changements. Au lieu de cela, ils sont exécutés fréquemment avec des jeux de données nouvellement acquis ou des paramètres de paramètres variables, et ils devraient fonctionner de manière fiable et efficace [10]. Les conceptions scientifiques du workflow peuvent également différer considérablement dans les types d'étapes en cours de modélisation. Par exemple, on distingue les workflows axés sur la science [9], dans lesquels les étapes nommées du workflow précisent les idées fondamentales d'un protocole expérimental ou d'une méthode d'analyse de données, à partir de workflow d'ingénierie de niveau inférieur (ou de plomberie) Traiter le mouvement des données et la gestion du travail [10]. Une autre catégorie selon cette dimension est les workflows axés sur l'emploi, typiquement exprimés en tâches de calcul individuelles pour un ordinateur de cluster, dont les dépendances de travail (c.-à-d. Tâche) sont modélisées en tant que DAG [11].

VI.5. Comparaison des workflows scientifiques avec workflows professionnels

Bien que de nombreuses techniques et normes développées pour les flux de travail des entreprises puissent être utilisées pour les flux de travail scientifiques, certaines caractéristiques sont spécifiques aux flux de travail scientifiques. Les flux de travail des entreprises sont généralement moins dynamiques et évoluent dans leur nature et sont habituellement prédéfinis et exécutés de manière routinière dans le domaine commercial. La recherche scientifique est de nature exploratoire. Les scientifiques effectuent souvent des expériences de manière expérimentale et erronée, dans lequel ils modifient les étapes de la tâche à effectuer au fur et à mesure de l'expérience. Par conséquent, les flux de travail scientifiques ont tendance à changer plus fréquemment. Alors que les workflows des entreprises ont tendance à être construits par des logiciels professionnels et des ingénieurs en flux commerciaux, les workflows scientifiques sont souvent construits par les scientifiques eux-mêmes - des experts dans leurs domaines, mais pas nécessairement des experts en technologie de l'information, les domaines logiciels ou réseau dans lesquels fonctionnent les outils et les workflows. Enfin, les workflows scientifiques impliquent généralement des tâches durables et / ou un grand nombre de connexions de flux de données. Le flux de contrôle trouvé dans les workflows des entreprises peut ne pas être assez expressif pour les workflows scientifiques et les pipelines de données hautement simultanés trouvés dans les études de simulation avancées. Par exemple, alors que la plupart des langages de workflow commerciaux exigent que le programmeur énumère tous les flux simultanés, les workflows scientifiques nécessitent un nouvel opérateur de flux de contrôle pour capturer de manière succincte l'exécution simultanée et le flux de données. Par conséquent, par rapport aux workflows des entreprises, les workflows scientifiques nécessitent des interfaces et une robustesse de l'utilisateur final considérablement différentes pendant la phase de construction des workflows et leur exécution [26].

VI.6. De la composition de workflow à la composition de service

Les services composés sont définis récursivement comme étant une agrégation de services élémentaires et composés. En composant des services web, la logique métier du client est implémentée par plusieurs services. ceci est analogue aux WfMS (Workflow Management System) [17] où la logique applicative est réalisée en composant des applications autonomes. Ceci permet la définition d'applications de plus en plus complexes en agrégeant progressivement des composants de niveau élevé d'abstraction[13].

Il est largement répandu d'employer des langages de programmation conventionnels pour lier des composants un service web composé et par conséquent de faire le pont entre les plate-formes hétérogènes. Il devient donc nécessaire de développer un middleware de composition de services pour supporter la composition en terme d'abstraction et d'infrastructure [10].

Dans l'industrie, les termes "workflow" et "systèmes de gestion de documents" sont utilisés pour décrire comment les composants sont connectés pour construire des procédés métiers complexes. Ils décrivent l'enchaînement du travail entre plusieurs logiciels d'une organisation. Ces logiciels peuvent inclure des applications partenaires, des logiciels locaux ou distants construits dans différentes technologies et même des personnes devant réaliser certaines tâches [17].

Trois éléments principaux d'un système de composition de service web peuvent être identifiés [15]. Ces éléments sont : un modèle de composition et un langage pour spécifier les services impliqués dans la composition, un environnement de développement muni d'une interface graphique et d'un environnement d'exécution pour accomplir la logique métier. De plus, un middleware de composition de service exige que les fonctionnalités, les interfaces et les protocoles que les services web supportés soient décrits avec précision. Par conséquent, les composants sont spécifiques au système et aux vendeurs et nécessitent un effort de développement additionnel.

VI.7. Composition des services workflow

Un des défis des SOA est l'intégration de services ou de systèmes distribués pour la fourniture de nouveaux services personnalisés, plus riches et plus intéressants aussi bien pour l'application actuelle que pour d'autres applications. Si une application ou un client requièrent des fonctionnalités et qu'aucun service n'est apte à les fournir tout seul, il devrait être possible de combiner ou de composer des services existants afin de répondre aux besoins de cette application ou de ce client. C'est ce que l'on appelle la *composition de services*. On peut composer des services entre eux pour ensuite exposer ce "méta-service" sous forme d'un nouveau service, et ainsi de suite récursivement [12].

La composition de service inclut deux paradigmes. D'une part, l'*orchestration* qui consiste à avoir un service qui joue le rôle de "*chef d'orchestrier*" et qui connaît seul la logique de composition ; les services auxquels il fait appel n'ont pas besoin de savoir qu'ils font partie d'un processus plus gros.

D'autre part, la *chorégraphie* dispense de ce rôle de chef d'orchestre. Dans ce 2^{ème} paradigme, chaque service doit être au courant de la logique du (ou des) processus au(x)quel(s) il appartient, et doit par exemple savoir que : "quand il reçoit un message du service x, il doit attendre 50 secondes puis envoyer un message au service y". La chorégraphie de service n'est pas facile à mettre en oeuvre ainsi l'orchestration est plus répandue [7]. Ces deux concepts sont présentés dans la figure VI.1

VI.7.1. Chorégraphie

La chorégraphie décrit la collaboration entre une collection de services dont le but est d'atteindre un objectif donné via des échanges ordonnés de messages [2]. Elle décrit deux aspects de la composition : (i) un ensemble d'interactions qui peuvent ou doivent avoir lieu entre un ensemble de services (représentés de façon abstraite par des règles), et (ii) les dépendances entre ces interactions.

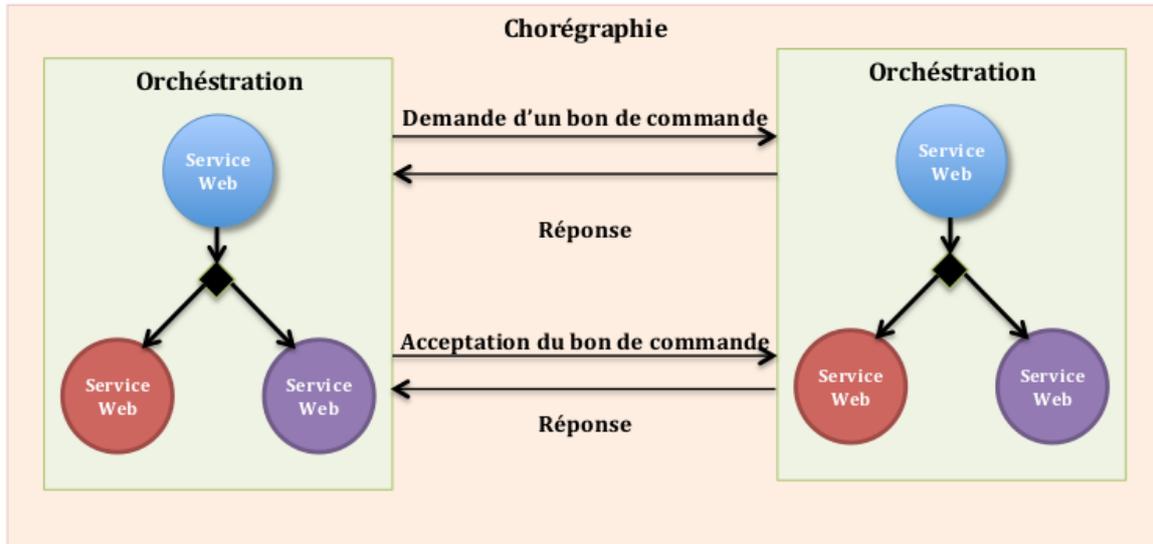


FIGURE VI.1. – La composition des services

La chorégraphie modélise la séquence des échanges de messages entre les services web et conditions dans lesquelles ces messages sont échangés entre des clients, des fournisseurs et des partenaires. La chorégraphie est typiquement associée à l'échange de messages publics entre les services web, alors qu'un procédé métier est exécuté de manière centralisé [25].

VI.7.2. Orchestration

L'orchestration de services permet de définir l'enchaînement des services selon un canevas prédéfini, et de les exécuter à travers des "scripts d'orchestration". Ces scripts sont souvent représentés par des procédés métier ou des workflows inter/intra-entreprise. Ils décrivent les interactions entre applications en identifiant les messages et en branchant la logique et les séquences d'invocation [27].

L'orchestration décrit la manière dans laquelle les services web peuvent interagir ensemble au niveau des messages, incluant la logique métier et l'ordre d'exécution des interactions. Ces interactions peuvent couvrir des applications et/ou des organisations et le résultat peut être un modèle de procédé de longue durée, transactionnel, et multi-étapes [32].

VI.7.3. Chorégraphie et orchestration : La Comparaison

Une différence importante entre l'orchestration et la chorégraphie est que l'orchestration offre une vision centralisée, c'est-à-dire que le procédé est toujours contrôlé de la perspective des partenaires métier. En revanche, la chorégraphie offre une vision globale

et plus collaborative de la coordination. Elle décrit le rôle que joue chaque participant impliqué dans l'application.

En orchestration, les services web impliqués sont sous contrôle d'un seul point central (un service web particulier). Ce processus coordonne l'exécution des différentes opérations sur le service web participant dans ce processus. Les services web impliqués ignorent complètement dans quelle composition de processus ils sont impliqués ou qu'ils jouent un rôle dans la définition d'un processus métier. Seulement le service web central (le coordinateur de la composition) est sensé avoir ces informations. Par conséquent, l'orchestration est centralisée autour de définitions et opérations explicites et un ordre d'invocation de service web (voir la Figure VI.2).

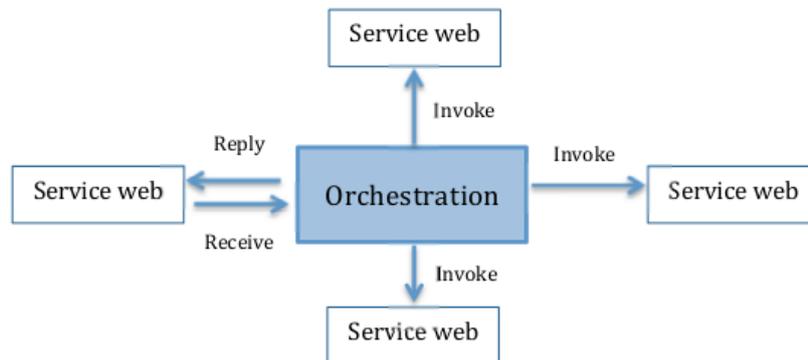


FIGURE VI.2. – L'orchestration

A l'opposé, la chorégraphie ne dépend pas d'un chef d'orchestre central. Chaque service web participant dans la chorégraphie doit savoir exactement quand il doit devenir actif et avec qui inter-opérer.

La chorégraphie est basée sur la collaboration et elle est principalement utilisée pour l'échange de messages dans des processus métier publics. Tous les services web impliqués doivent être consciencieux du processus métier, des opérations à exécuter, des messages à échanger ainsi que du moment d'échanger ces messages (voir Figure VI.3). Comparée à la chorégraphie, l'orchestration est plus sécurisée et plus efficace quand il s'agit de composer des processus métier ou scientifiques. En effet, elle présente les avantages suivants :

- La coordination du processus est gérée par un composant spécifique.
- Les services web peuvent être incorporés sans se soucier de la possibilité de faire partie d'un processus plus grand.
- Des scénarios alternatifs peuvent être mis en place en cas de panne.

VI.8. Langages de Composition de service

Le langage WSDL est destiné à la description d'un service web simple ou service web basique. Alors que l'évolution des échanges de types B2B (Business to Business) et B2C (Business to Consumer) a entraîné la nécessité de concevoir des services web plus intelligents et plus appropriés pour la prise en charge de cet aspect de composition. Un certain nombre de langages métier ou langages de composition a été développé dans cette perspective. Parmi ceux-ci, on peut citer : ebXML, XLANG, WSFL ainsi que le langage BPEL [16] et ses variantes.

VI.8.1. ebXML

Electronic Business using eXtensible Markup Language (ebXML) a été développé par le United Nation Center for Trade Facilitation and Electronic Business (UN/Cefact) et l'organisation OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standard). Son objectif était de créer un marché électronique unique et global.

ebXML est une norme d'infrastructure qui vise à fournir aux entreprises non seulement un référentiel commun (structure d'annuaires répartis) recouvrant d'ailleurs une partie des fonctionnalités de UDDI, mais aussi une méthode de description des processus métiers. Par contre, il ne spécifie pas le type ou le contenu des transactions des processus métiers.

Les concepts clés de ebXML sont :

- **Collaboration Métier** : c'est un ensemble de transactions d'affaires. ebXML autorise les collaborations binaires (par exemple un acheteur - un vendeur) et multiparties (par exemple : un vendeur - plusieurs acheteurs).
- **Transaction Métier** : elle représente une unité de travail dans un arrangement entre deux partenaires commerciaux (le demandeur et le répondeur).

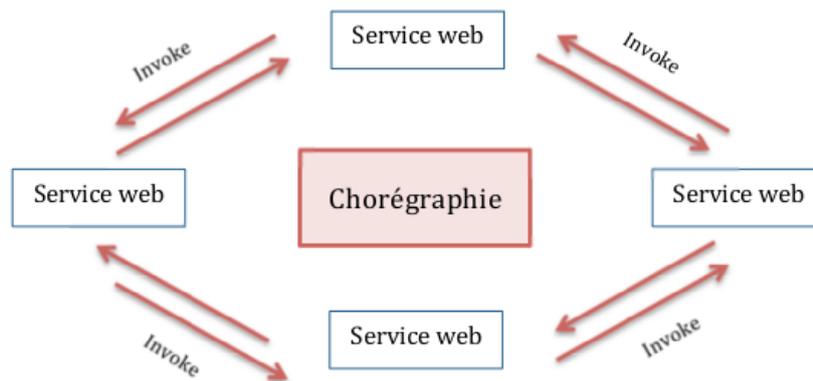


FIGURE VI.3. – La chorégraphie

- **Chorégraphie** : elle décrit l'ordonnancement des transactions et les transitions qui permettent le passage d'un état à un autre.
- **Patrons** : ebXML fournit un ensemble d'éléments sémantiques non ambigus réutilisables et pouvant être intégrés dans la description des transactions et des collaborations.

Le langage ebXML présente des qualités comme : sa spécification dans le domaine des affaires (échanges commerciaux), l'implémentation de la chorégraphie ainsi que l'utilisation du standard XML. Malgré ses avantages, ebXML présente des inconvénients qui sont : la non-adaptabilité, la non-extensibilité et le bas niveau d'expressivité l'empêchant de devenir un standard

VI.8.2. XLANG

XML Business Process Language (XLANG) est un langage créé par Microsoft, utilisé principalement dans BizTalk Server. Il fournit un modèle d'orchestration des services et des contrats de collaboration entre services. Pour la représentation du workflow entre les participants, XLANG utilise des actions, lors de la définition des processus. Ces actions incluent les types d'opérations WSDL (requête/réponse, sollicitation, et la notification) ainsi que d'autres actions : arrêts (date limite et durée) et exceptions.

XLANG couvre les points suivants :

- flux de contrôle séquentiel et parallèle ;
- transactions longues ;
- corrélations des messages entre eux ;
- gestion des défaillances et des erreurs ;
- découverte dynamique des services ;
- contrats multipartites.

Les avantages de XLANG se résument dans son utilisation dans l'environnement BizTalk, le fait qu'il soit édité par un concepteur reconnu (Microsoft) ainsi que sa capacité d'orchestration des flux nécessaires à l'accomplissement d'un processus de type workflow (travail collaboratif). Néanmoins, la principale limite de XLANG est qu'il s'agit plus d'un format de définition de processus que d'un format d'interface de processus. Ce manque d'interface rend XLANG difficile à exploiter.

VI.8.3. WSFL

Web Services Flow Language (WSFL) est une spécification basée sur XML pour la description de la composition de services web en tant qu'élément d'une définition de processus métier. WSFL a été conçu par IBM pour faire partie du cadre des techniques de services web et complète les outils existants comme SOAP, WSDL, XML et UDDI. Il décrit deux manières de composer des services web : (i) un processus métier exécutable nommé *Flow Model* qui est la description explicite de la succession des étapes et de l'enchaînement des appels aux opérations des services web et (ii) une collaboration métier nommée *Global Model* qui est le modèle d'interactions de services web pris deux à deux (le contrat).

Les avantages de WSFL se résument dans son utilisation dans les processus de type workflow (travail collaboratif) et dans le fait d'être édité par un concepteur reconnu (IBM). Cependant il présente les mêmes inconvénients que XLANG et n'a pas pu être standardisé bien qu'il était portable. Sa non extensibilité a abouti à la création de BPEL.

VI.8.4. BPEL

Avant que les deux derniers langages (XLANG et WSFL) soient normalisés par le W3C (World Wide Web Consortium), leurs concepteurs ont créé le langage *BPEL4WS* (*Business Process Execution Language for Web Services*) ou tout simplement BPEL [16]. Le langage BPEL est le dernier né du domaine. Il représente une référence du domaine. BPEL représente un langage de programmation standard aidant les entreprises à définir la manière de combiner des services web (services web basiques) en vue de mener à bien certaines tâches (services web agrégés ou complexes). La section suivante décrit rigoureusement le langage BPEL.

VI.9. BPEL pour la composition des service

Le Business Process Execution Language 4 Web Service (BPEL4WS), tout simplement BPEL ou encore WS-BPEL est un langage de programmation impératif pour le domaine spécifique de la définition des processus métier exécutables.

Contrairement à la programmation conventionnelle, les processus métier sont généralement de longue durée, des programmes concurrents dont le contrôle et les flux de données sont différemment spécifiés et interprétés par un moteur de workflow.

L'accent est mis sur la programmation à deux niveaux : Ici, les services sont d'abord mis en œuvre dans un langage de programmation classique, comme Java et mis à la disposition d'autres utilisateurs par le biais d'une interface. Ces services peuvent être à un niveau d'abstraction plus élevé d'applications d'entreprise complexes "orchestrées".

BPEL est également classé dans le groupe de langages d'orchestration de services. BPEL est principalement utilisé pour le processus de back-end tels que les processus métier qui peuvent être effectués de manière automatique sans intervention manuelle (traitement de fond).

Avec les dernières extensions BPEL4People et WS-Human Task, les actions manuelles peuvent être insérées dans le processus, dans lequel le traitement en amont est possible. Les deux approches peuvent aussi être mélangées.

Lors de la conception du langage, le consortium du développement et de la standardisation des services Web a défini BPEL comme la technologie de base pour l'identification et l'intégration des services.

Il s'agit d'une technologie très flexible qui interagit avec des standards tels que : SOAP et WSDL. BPEL n'est pas un langage de programmation mais un langage de modélisation qui supporte la configuration des services web et la logique des processus métier.

La spécification BPEL distingue explicitement entre deux niveaux de conception de processus : processus abstraits et processus exécutables.

VI.9.1. Structure d'une spécification BPEL

La description BPEL d'un processus métier se fait sur trois grands aspects représentés en trois blocs constituant un document BPEL, tel que le montre la Figure VI.4.



FIGURE VI.4. – La structure d'une spécification BPEL

Ces blocs sont les suivants [16] :

- **Bloc B1 :** Ce bloc permet de déclarer des variables, utilisant les types importés de descriptions WSDL associées à la description BPEL. Ces variables seront utilisées dans la partie de description comportementale du processus métier pour maintenir un état au niveau du service et ainsi assurer des liaisons de données entre deux opérations. En d'autres termes, le processus BPEL a un état. Cet état est maintenu par des variables contenant des données. Ces données sont combinées afin de contrôler le comportement du processus. Elles sont utilisées dans les expressions et les opérations d'affectation. Les expressions permettent d'ajouter des conditions de transition ou de jointure au flux de contrôle. L'affectation (*assignment*) permet de mettre à jour l'état du processus, en copiant les données d'une variable à une autre ou en introduisant de nouvelles données en utilisant les expressions.
- **Bloc B2 :** Ce bloc permet la déclaration des *partnerlinks* : ces derniers définissent une liaison entre les ensembles d'opérations des services invoqués par le service

BPEL et un nom de liaison bien précis du service BPEL. Ces liaisons sont appelées *partner* et permettent ainsi d'identifier facilement les différents services utilisés. Un *partnerlink* correspond au service avec lequel le procédé échange des informations. Le *partnerlink* représente la relation de conversation entre deux procédés partenaires. Chaque *partnerlink* est typé par un *partnerLinkType*, il est chargé de définir le rôle que joue chacun des deux partners dans une conversation.

- **Bloc B3** : Le bloc B3 décrit le comportement du processus métier lui-même en utilisant différents opérateurs dits de programmation. Afin de supporter ce comportement, BPEL est basé sur deux types d'activités : les activités de base et les activités structurées.

VI.9.2. Activités dans une spécification BPEL

Les activités décrites dans une spécification donnée représentent la partie la plus importante dans une structure BPEL. Ces activités représentent le flux de travail dans un processus. Elles sont classées en deux catégories : les activités basiques et les activités structurées.

VI.9.2.1. Activités basiques de BPEL

Les activités de base sont :

- **L'activité vide** *<empty>* : elle permet d'insérer une opération vide dans un processus. Ceci signifie que le processus ne fait rien, mais ne se termine pas complètement : l'instruction suivante sera exécutée. Ce processus est très utilisé dans le cadre de la synchronisation des activités parallèles.
- **L'activité de terminaison** *<terminate>* : elle force le processus à terminer immédiatement.
- **L'activité d'affectation** *<assign>* : elle permet d'affecter un nouveau contenu à une variable.
- **L'activité déclenchement d'une exception** *<throw>* : elle permet de lancer une erreur d'exécution.
- **L'activité de délai** *<wait>* : elle permet d'attendre un temps donné (for) ou jusqu'à une certaine heure (until).
- **L'activité de réception** *<receive>* : elle permet au processus métier d'attendre qu'un message de jointure arrive. Elle se termine quand ce message arrive.
- **L'activité réponse** *<reply>* : elle permet à un processus de répondre à un message qu'il aurait reçu par un *receive*. La combinaison d'un *receive* et d'un *reply* permet de réaliser une opération de question/réponse tel que le définit WSDL, en mode synchrone.
- **L'activité d'invocation d'un service** *<invoke>* : permet d'invoquer un web service partenaire (défini dans la partie *partners* vue précédemment). Cette invocation peut être réalisée de manière asynchrone.

VI.9.2.2. Activités structurées de BPEL

Les activités structurées sont constituées d'activités de base liées entre elles pour donner naissance à des traitements plus complexes. Un des points forts du langage BPEL est la prise en charge de ces activités complexes qui ne sont rien d'autre que les règles de routage des applications workflow. Ces activités peuvent être :

- **Une séquence** : Elle représente l'activité permettant d'exécuter de façon séquentielle (dans l'ordre de lecture de la séquence) une ou plusieurs instructions BPEL (mot clé *activity*). La séquence se termine elle-même lorsque le dernier processus la constituant se termine.
- **Un choix** : Il permet, comme en programmation structurée, d'effectuer un branchement conditionnel : suivant l'évaluation d'une condition ou d'un critère (attribut *condition*), le processus de la première branche (noeud *case*) répondant à ce critère sera exécuté. Dans le cas où aucune condition ne serait vraie, il est possible de définir une branche par défaut (noeud *otherwise*) qui sera alors exécutée.
- **Une boucle** : Elle permet de réaliser une boucle *while* traditionnelle : la boucle (composée des instructions représentées par le mot clé *activity*) est exécutée tant que la condition (attribut *condition*) est évaluée à vrai. Tout comme dans le cas du *switch*, l'évaluation se passe de manière silencieuse pour les clients et/ou partenaires du service.
- **Un parallélisme** : permet d'exécuter en parallèle plusieurs processus (mot clé *activity*). Ces différents processus peuvent être indépendants, et alors, le processus englobant l'exécution parallèle se termine lorsque tous ses processus sont terminés. Ou alors, les processus peuvent être dépendants les uns des autres, et l'utilisation de liens (*links*) permet de synchroniser ou d'ajouter des dépendances temporelles entre les différents processus.

VI.9.3. Infrastructure de BPEL

L'infrastructure typique de BPEL (*Bpel infrastructure*) consiste en plusieurs composants. La Figure VI.5 montre une architecture référentielle d'une telle infrastructure. Sur le côté gauche, sont placés les outils dédiés aux développeurs mais qui servent aussi pour l'interaction avec les utilisateurs. Au début, le processus est modélisé en utilisant un outil de modélisation qui cache au maximum les détails sur le service web et sur la plate-forme d'exécution. Le résultat de cette étape est un ensemble de fichiers BPEL, WSDL et XSD. Les fichiers BPEL contiennent les modèles de processus, les fichiers WSDL contiennent l'interface et les fichiers XSD décrivent les types de données. Ce paquetage est ensuite envoyé au moteur de BPEL qui exécute les processus. Cette étape est nommée déploiement. A ce niveau, quelques spécificités du système et de l'environnement d'exécution sont introduites.

Le moteur de BPEL vérifie si tous les éléments requis sont valides ; sauvegarde le paquetage de déploiement dans la base de modèles où plusieurs versions d'un modèle peuvent être stockées quand celui-ci est très long et un nombre important d'instances de modèles du processus sont déployées.

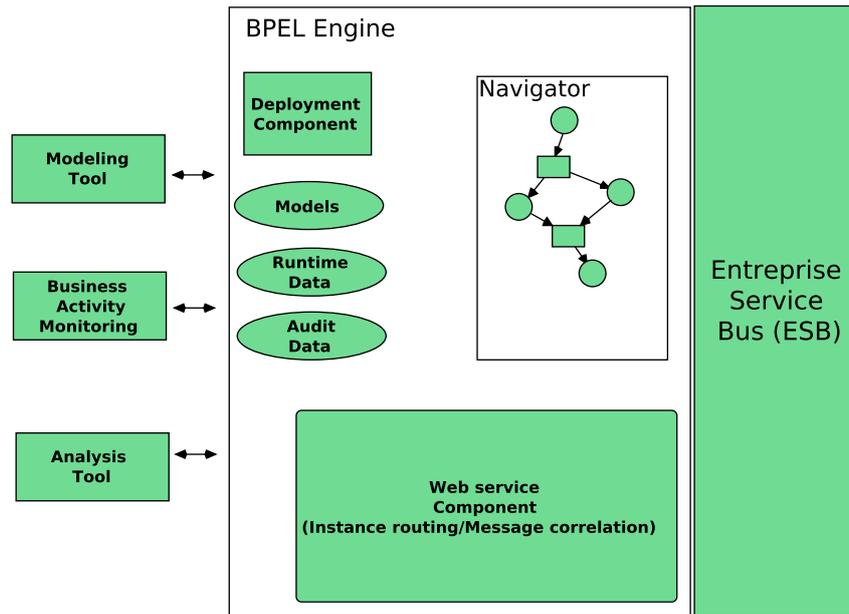


FIGURE VI.5. – L’Infrastructure de BPEL

A la fin du déploiement, le moteur attend l’arrivée des messages de lancement de l’instance ; le navigateur démarre les activités du processus. L’état actuel est sauvegardé dans la base d’exécution et chaque étape de navigation est écrite comme un événement dans l’audit. Ces événements contiennent par exemple : la création d’une instance, la lecture/écriture d’une variable ou la documentation sur les entrées/sorties d’une activité,

Le moteur interagit avec le monde extérieur via par exemple le *Enterprise Service Bus* (ESB) qui assume l’implémentation des appels des services via des protocoles de transport et qui transmet tous les messages de et vers le moteur. Les données de la base d’exécution représentent toujours l’état actuel de l’instance du processus.

Les outils de pilotage peuvent y accéder et créer des rapports d’exécution qui seront traités par les outils d’analyse et de l’audit afin de tirer des conclusions sur la performance.

VI.9.4. Qualité de Service

Dans un système orienté service notamment un système de grille de calcul, il existe un grand nombre de ressources similaires ou équivalentes fournies par différentes parties. Les utilisateurs d’une grille donnée peuvent sélectionner les ressources appropriées et les utiliser pour leurs applications de workflow. Les ressources peuvent fournir la même fonctionnalité, mais optimisent les différentes mesures de qualité de service QoS (pour Quality of Service) [24].

En outre, les utilisateurs ou les applications peuvent avoir différentes espérances de

QoS. Les exigences telles que la limitation du temps (date limite) et la limitation de dépenses (budget) pour l'exécution du workflow doivent également être gérées par des systèmes de gestion de workflow. Les utilisateurs doivent être en mesure de préciser leurs attentes QoS du workflow au niveau de la conception. Ensuite, les actions conduites par les systèmes de workflow employant le temps d'exécution doivent être choisies en fonction des exigences initiales de QoS. Souvent les modèles de QoS comportent cinq dimensions : le temps, le coût, la fidélité, la fiabilité et la sécurité.

- Le temps est une mesure de base de la performance. Pour les systèmes de workflow, il se réfère au temps total nécessaire pour achever l'exécution d'un workflow.
- Le coût est associé à l'exécution des workflows y compris le coût de gestion des systèmes de workflow et la charge d'utilisation des ressources de la grille pour des tâches de traitement de workflow.
- La fidélité se réfère à la mesure liée à la qualité du rendement de l'exécution du workflow.
- La fiabilité est liée au nombre de défaillances pour l'exécution des workflows.
- La sécurité fait référence à la confidentialité de l'exécution de tâches du workflow et la fiabilité des ressources.

VI.10. Conclusion

Ce chapitre s'intéresse à l'exécution des workflows sur les plates-formes diverses comme les clouds ou autres systèmes de type HPC. Le langage clé utilisé pour cette exécution est le BPEL grâce à sa double adéquation avec les approches : orientée processus et orientée service.

Conclusion générale

Ce polycopié de cours est le résultat de travail accompli durant ces dernières années en assurant la matière "Processus d'Entreprise et Workflow" pour les étudiants de Master 2 spécialité : Systèmes Informatiques et Données. Ce cours s'inscrit dans le domaine du Business Process Management (BPM) et met l'accent particulièrement sur l'une des technologies phare qui a révolutionné le monde des entreprises.

VII. Bibliographie

- [1] Wil Van Der Aalst, Arthur ter Hofstede, Bartek Kiepuszewski, and Alistair Barros. Workflow patterns. *Distributed and Parallel Databases*, 14(1) :5–51, 2003.
- [2] Abdaldhem Albreshne, Patrik Fuhrer, and Jacques Pasquier. Web services technologies : state of the art. University of Fribourg, Department of Informatics, 2009.
- [3] Tony Andrews et al. Business Process Execution Language for Web Services, Version 1.1. Technical report, BEA Systems, IBM, Microsoft, May 2003.
- [4] Hayat Bendoukha. Une approche workflow pour la définition et la composition des services dans une grille de calcul. Thèse de Doctorat en Sciences en Informatique, Université des Sciences et Technologie USTOMB, Oran Algérie, Janvier 2016.
- [5] Daniel Beverungen, Joos C. A. M. Buijs, Jörg Becker, Claudio Di Ciccio, Wil M. P. van der Aalst, Christian Bartelheimer, Jan vom Brocke, Marco Comuzzi, Karsten Kraume, Henrik Leopold, Martin Matzner, Jan Mendling, Nadine Ogonek, Till Post, Manuel Resinas, Kate Revoredo, Adela del-Río-Ortega, Marcello La Rosa, Flávia Maria Santoro, Andreas Solti, Minseok Song, Armin Stein, Matthias Stierle, and Verena Wolf. Seven paradoxes of business process management in a hyper-connected world. *Bus. Inf. Syst. Eng.*, 63(2) :145–156, 2021.
- [6] Rajkumar Buyya and Srikumar Venugopal. The gridbus toolkit for service oriented grid and utility computing : An overview and status report. In *Euro-Par 2007 Parallel Processing*. Press, 2004.
- [7] Word Wide Web Consortium. w3 Official Web Site : <http://www.w3.org>, 2023.
- [8] Gargi Dasgupta, Onyeka Ezenwoye, Liana Fong, Selim Kalayci, S. Masoud Sadjadi, and Balaji Viswanathan. Design of a fault-tolerant job-flow manager for grid environments using standard technologies, job-flow patterns, and a transparent proxy, 2015.
- [9] Ewa Deelman, Dennis Gannon, Matthew Shields, and Ian Taylor. *Workflows for e-Science : Scientific Workflows for Grids*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 2008.
- [10] Tu Mai Anh Do, Loïc Pottier, Rafael Ferreira da Silva, Silvina Caíno-Lores, Michela Tauffer, and Ewa Deelman. Performance assessment of ensembles of in situ workflows under resource constraints. *Concurr. Comput. Pract. Exp.*, 35(20), 2023.

- [11] Clarence Ellis, Simon Gibbs, and Gail Rein. Groupware : Some issues and experiences. In *Communications in the ACM*, pages 38–58, 1991.
- [12] Alaa Fiad, Zoulikha Mekakia Maaza, and Hayat Bendoukha. Improved version of round robin scheduling algorithm based on analytic model. *Int. J. Networked Distributed Comput.*, 8(4) :195–202, 2020.
- [13] Mohammad Goudarzi, Marimuthu Palaniswami, and Rajkumar Buyya. Scheduling iot applications in edge and fog computing environments : A taxonomy and future directions. *ACM Comput. Surv.*, 55(7) :152 :1–152 :41, 2023.
- [14] The Object Management Group(OMG). Unified modeling language™ (uml) resource page, 2015. UML official Website : <http://www.uml.org>.
- [15] Jan Hidders, Paolo Missier, and Jacek Sroka, editors. *Fundamenta Informaticae – Special issue on Scalable Workflow Enactment Engines and Technology*, volume 128. IOS Press, 2013.
- [16] Matjaz B. Juric. *Business Process Execution Language for Web Services BPEL and BPEL4WS 2Nd Edition*. Packt Publishing, 2006.
- [17] Gideon Juve and Ewa Deelman. Resource provisioning options for large-scale scientific workflows. In *3rd International Workshop on Scientific Workflows and Business Workflow Standards in e-Science (SWBES 08)*, 2008.
- [18] Gregor Von Laszewski, Kaizar Amin, Mihael Hategan, Nestor J. Zaluzec Shawn Hampton, and Albert Rossi. Gridant : A client-controllable grid workflow system. In *in 37th HawaiÏ International Conference on System Science, Island of Hawaii, Big Island*, pages 5–8, 2004.
- [19] Frank Leymann. Web services flow language (wsfl 1.0). Technical report, IBM, 2001. Available at : <http://www-3.ibm.com/software/solutions/webservices/pdf/WSFL.pdf>.
- [20] Bertram Ludäscher, Mathias Weske, Timothy M. McPhillips, and Shawn Bowers. Scientific workflows : Business as usual? In *Business Process Management, 7th International Conference, BPM 2009, Ulm, Germany, September 8-10, 2009. Proceedings*, pages 31–47, 2009.
- [21] Ketan Maheshwari. *Data-intensive Scientific Workflows : Representation of Parallelism and Enactments on Distributed Systems*. PhD thesis, Ecole Polytech Universitaire, Sophia Antipolis, Nice, 2011.
- [22] Ronni Marshak. Requirements for workflow products. In David D. Coleman and Morgan Kaufman, editors, *Proceedings of Groupware 92*. August 1992.

- [23] James Michaelis, Li Ding, and Deborah McGuinness. Towards the Explanation of workflow. In *Proceedings of the IJCAI'09 Workshop on Explanation-Aware Computing.*, 2009.
- [24] Ralph Mietzner, Christoph Fehling, Dimka Karastoyanova, and Frank Leymann. Combining Horizontal and Vertical Composition of Services. In *Proceedings of IEEE International Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA 2010)*. IEEE, December 2010.
- [25] Guadalupe Ortiz, Juan Hernández, and Pedro J. Clemente. Preparing and re-using web services for choreography. *Int. J. Web Eng. Technol.*, 2(4) :307–334, 2006.
- [26] George Papadimitriou, Cong Wang, Karan Vahi, Rafael Ferreira da Silva, Anirban Mandal, Zhengchun Liu, Rajiv Mayani, Mats Rynge, Mariam Kiran, Vickie E. Lynch, Rajkumar Kettimuthu, Ewa Deelman, Jeffrey S. Vetter, and Ian T. Foster. End-to-end online performance data capture and analysis for scientific workflows. *Future Gener. Comput. Syst.*, 117 :387–400, 2021.
- [27] Cesare Pautasso. Model-driven service composition with jopera. 29.6.2006 2006.
- [28] Carl Adam Petri and Wolfgang Reisig. Petri nets, 2008. Available at : http://www.scholarpedia.org/article/Petri_net.
- [29] Wil M. P. van der Aalst. European leadership in process management. *Commun. ACM*, 65(4) :80–83, 2022.
- [30] Jia Yu. *QoS-based Scheduling of Workflows on Global Grids*. Ph.d. thesis, 2007.
- [31] Jia Yu and Rajkumar Buyya. A taxonomy of workflow management systems for grid computing. Technical report, Journal of grid Computing, 2005.
- [32] Jia Yu, Srikumar Venugopal, and Rajkumar Buyya. Grid market directory : A web services based grid service publication directory. *CoRR*, cs.DC/0302006, 2003.