Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni

Procédures d'intervention d'urgence et langages de modélisation

Version 1.0

M. Cossentino, S. Lopes, L. Sabatucci, M. Tripiciano

Rapporto Tecnico N.: 2
RT-ICAR-PA-21-02 **aprile 2021**

Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)
– Sede di Cosenza, Via P. Bucci Cubo 8/9C, 87036 Rende, Italy, URL: *www.icar.cnr.it*
– Sede di Napoli, Via P. Castellino 111, 80131 Napoli, URL: *www.na.icar.cnr.it*
– Sede di Palermo, Via Ugo La Malfa 153, 90146 Palermo, URL: *www.pa.icar.cnr.it*

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni

Procédures d'intervention d'urgence et langages de modélisation

Version 1.0

M. Cossentino, S. Lopes, L. Sabatucci, M. Tripiciano

Rapporto Tecnico N.:2 **RT-ICAR-PA-21-02**

Data: **aprile 2021**

Table des matières

Index des figures

Présentation

La gestion des urgences est un domaine d'étude essentiel orienté vers la réduction des risques et des conséquences des événements naturels ou d'origine humaine, potentiellement dangereux pour les êtres vivants et les infrastructures. Cette étude est multidisciplinaire par nature et couvre quatre phases distinctes : la réduction des risques, la planification, la réponse et la récupération.

La phase de réduction des risques est sensiblement différente lorsqu'il s'agit de réduire les risques d'un tremblement de terre ou d'une inondation ou même d'une attaque terroriste. Elle exige des connaissances dans des domaines très différents et nécessite donc une approche multidisciplinaire. En outre, les deux premières phases comprennent divers aspects tels que la prévention, la formation du personnel, l'équipement des moyens de secours et la constitution de stocks de biens utiles (nourriture, eau, tentes, moyens de transport spéciaux, etc.) Ces activités peuvent être modifiées et dimensionnées dans un temps calme sans limite de temps imminente.

La troisième phase, en revanche, qui est celle de la réponse à l'urgence, est certainement la plus critique car il faut mettre en place les bonnes ressources et en quantité suffisante pour faire face à la situation rapidement afin de limiter au maximum les dégâts. L'objectif de cette phase est de gérer et de coordonner les actions visant à contenir et/ou à réduire les conséquences des événements, qu'ils soient naturels (tremblements de terre, inondations, glissements de terrain, éruptions volcaniques) ou causés par des activités humaines (actes terroristes, incendies, etc.) sur la sécurité des personnes et des infrastructures (maisons, bâtiments, installations industrielles, conduites d'eau, lignes électriques, gazoducs et oléoducs, etc.)

La quatrième phase, c'est-à-dire la phase de récupération, commence lorsque la situation de crise a été résolue et que la normalité est rétablie.

La phase de réponse est peut-être la phase la plus critique de la gestion des urgences. Elle doit être rapide et coordonnée par un système de gestion efficace. Dans cette perspective, les exigences les plus importantes sont l'accès et l'acquisition rapides de toutes les informations nécessaires pour évaluer la

situation et le partage sécurisé des informations pertinentes. La protection civile, la police, les pompiers, les autorités sanitaires et les autres organisations doivent réagir non seulement efficacement et individuellement, mais aussi de manière coordonnée.

Ce document se concentre sur la troisième phase, à savoir les procédures d'intervention en cas d'urgence, et vise à analyser l'état de l'art des outils informatiques disponibles aujourd'hui, capables de soutenir les organismes gouvernementaux dans la prévention et la gestion des plans d'intervention d'urgence et dans la coordination rapide et efficace des actions nécessaires.

En particulier, on trouvera ci-après le résumé d'une étude produite par la Commission européenne concernant les lignes directrices pour l'extension de l'EERP (External Emergency Response Plan), c'est-à-dire la formulation de plans d'intervention d'urgence pour les accidents qui peuvent se produire dans les zones marines sur les plates-formes d'extraction de pétrole et/ou de gaz et toute infrastructure connexe. La caractéristique de ces installations est que les conséquences de tout accident peuvent persister dans les juridictions de plusieurs Etats membres. C'est pourquoi chaque État membre doit prévoir l'élaboration et la mise à jour de ses propres PEER. On y trouve notamment des extraits des plans élaborés par la Croatie et l'Italie pour les installations du Nord de l'Adriatique.

Dans ce qui suit, on présentera brièvement la description des éléments de base de certains langages formalisés utilisés au niveau international pour la modélisation et la représentation graphique des processus. Ces langages ont été définis et sont mis à jour par l'organisation OMG (Object Management Group) et sont :

- *BPMN (Business Process Modeling and Notation) ;*
- *CMMN (Case Management Modeling and Notation) :*
- *DMN (Decision Modeling and Notation).*

Ils sont utilisés par les ingénieurs et les développeurs principalement dans le domaine de la production ou des processus commerciaux, mais ils peuvent

également être utilisés dans le domaine des procédures d'intervention d'urgence.

Enfin, quelques études dans la littérature scientifique sur les procédures d'intervention d'urgence utilisant les langages de modélisation BPMN, CMMN et DMN seront présentées, ainsi que quelques considérations concluantes et la bibliographie contenant toutes les références citées dans le texte.

En outre, une courte liste d'outils logiciels de modélisation commerciaux ou à usage libre est incluse dans l'annexe.

Directives pour les accidents en mer

La Commission européenne participe activement à des activités concernant la sécurité et la gestion d'incidents potentiellement graves impliquant plusieurs États membres. Un exemple significatif concerne la prévention et la gestion des urgences impliquant des installations pétrolières et gazières situées en mer, pour lesquelles l'intervention de plus d'un État Membre est requise. En particulier, l'article 29 de la directive sur la sécurité en mer OSD (2013/30/UE) (1) exige des États Membres qu'ils préparent des PIUE (plans d'intervention d'urgence externe) pour toutes les installations et infrastructures pétrolières et gazières en mer relevant de leur juridiction. La directive exige également que les plans d'action européens pour l'environnement, préparés conformément aux annexes VII et VIII, soient mis à la disposition de la Commission européenne, des États Membres potentiellement concernés et du public. Il incombe donc aux États Membres de se conformer aux exigences de l'article 29 lors de la préparation et de la révision des plans d'action européens pour l'environnement. Des exemples des procédures développées par la Croatie et l'Italie pour les installations situées dans le nord de la mer Adriatique entre les côtes des deux pays sont présentés ci-dessous.

Le processus de décision pour l'activation des procédures d'urgence et d'intervention, ainsi que l'exécution de certaines actions d'intervention, peuvent être illustrés au moyen d'un organigramme. L'exemple de la fig. 1 montre l'organigramme de la Croatie pour l'activation des différents plans d'action et organes de coordination nationaux (Plan d'urgence national), régionaux et sous régionaux, Headquarter, MRCC (Maritime Rescue Coordination Centre) COC (Countly Operational Centre).

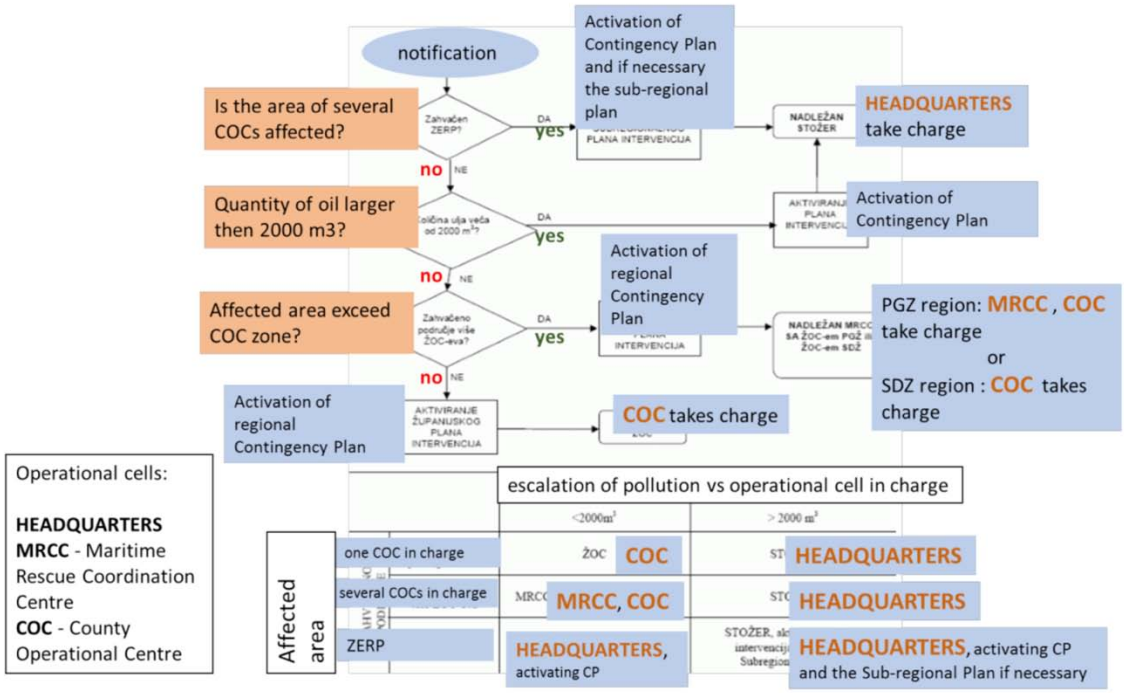


fig. 1: Croatie - Organigramme pour les accidents en mer

En Italie, l'organisme responsable de la gestion des urgences est la Protezione Civile. Mais les responsabilités en matière de sécurité et de protection de l'environnement dans les activités offshore sont généralement partagées par un certain nombre d'entités appartenant à différents ministères, chacune d'entre elles étant impliquée dans différents aspects des opérations. En cas d'urgence, ces entités doivent travailler ensemble de manière coordonnée et efficace. Par exemple, une entité (Guardia Costiera) peut être responsable du plan SAR (Search and Rescue) et une autre du plan de protection de l'environnement.

La fig. 2 schématise une évolution appropriée de la prise de décision pour un accident en mer concernant les stratégies et les techniques à utiliser en fonction de l'étendue de la marée noire. Chaque entité a souvent un champ de responsabilité plus large que le secteur pétrolier et gazier offshore. Le processus de préparation et de révision du plan européen pour l'environnement doit être clair et inclure tous les acteurs potentiellement impliqués. Dans tous les cas, la responsabilité de la préparation, de l'examen et de l'exécution du plan européen de relance économique doit être claire.

fig. 2 : Italie - Organigramme pour les accidents maritimes

Les aspects techniques spécifiques des eaux nationales et régionales doivent être identifiés, ainsi que la disponibilité des équipements et du personnel nécessaires à ces aspects spécifiques. Les spécifications détaillées des équipements et la qualification des ressources humaines ne sont pas abordées dans l'organigramme, car ces aspects sont liés aux PIUE opérationnels spécifiques au niveau national ou régional. Enfin, la description des résultats des

exercices périodiques et des activités de formation du personnel doit être incluse dans les PIUE.

fig. 3 : Lignes directrices pour la formulation des plans d'action pour l'environnement

1.	Organisation	Identifie tous les acteurs impliqués dans la préparation et la mise en œuvre du plan européen de relance économique.
	Explication	Une autorité bien définie, ou plusieurs autorités, doivent (a) préparer le PIUE et (b) être prête à l'exécuter en cas d'urgence. Différentes autorités peuvent être responsables de différents aspects du PIUE (par exemple, la préparation, la consultation, l'exécution, la révision). En outre, les autorités peuvent être responsables d'aspects généraux de la sécurité maritime, industrielle ou professionnelle plutôt que spécifiques au secteur offshore. Dans certains cas, le PIUE est préparé par une entité mais exécuté par une autre. Donnez des détails sur toutes les entités pertinentes impliquées dans un PIUE et sur l'autorité qui en est le dépositaire.
	Détails sur les organisations	*1. Pour chaque autorité, fournir :* • *Le nom de l'autorité ;* • *Mission et objectifs de l'autorité ;* • *Ses responsabilités dans la préparation, la consultation, la mise en œuvre et la révision du plan européen pour l'environnement ;* • *L'autorité existe déjà : Oui - □ Non - □* • *La structure organisationnelle de l'autorité ;* *a) Point de contact (PdC) :* *b) Adresse ;* *c) Personne de contact ;* *d) Numéro de téléphone de la ligne ;* *e) Numéro de téléphone mobile ;* *f) Adresse électronique ;* *g) Site web.* • *Une référence à la réglementation de l'État membre précisant l'autorité et ses fonctions (lien internet ou fichier joint).* *2. Fournir un organigramme du processus de préparation/révision du PIUE ;* *3. Fournir un organigramme de l'exécution du PIUE;*
2.	Domaine d'intérêt	Préciser les limites géographiques de la zone, classer les caractéristiques marines/géologiques et les

		réserves d'hydrocarbures existantes/prévues et leur caractérisation.
	Explication	L'évaluation des risques doit tenir compte des propriétés spécifiques du réservoir et des conditions marines en relation avec l'environnement spécifique dans lequel les opérations offshore ont lieu, car les menaces et les défis ne sont pas les mêmes dans toutes les mers. La plupart de ces données sont déjà disponibles dans les IERP (Internal Emergency Response Plans) préparés par les opérateurs. Les données globales pertinentes doivent être consolidées à partir de tous les IERP et les valeurs extrêmes doivent être prises en compte pour l'identification des scénarios les plus défavorables (voir point 5 ci-dessous). Dans la mesure du possible, veuillez utiliser des informations quantitatives précisant que les données de suivi pertinentes globales doivent être consolidées à partir de tous les IERP et que les valeurs extrêmes doivent être prises en compte pour l'identification des scénarios les plus défavorables (voir point 5 ci-dessous). Dans la mesure du possible, veuillez utiliser des informations quantitatives en précisant les données ci-dessous
	Limites, caractéristiques marines et du bassin hydrologique	1. *Précisez les limites géographiques de la zone économique exclusive (ZEE) (en fournissant des cartes) et la ZEE des pays voisins dans la région ;* 2. *Préciser les caractéristiques géologiques et marines de la ZEE et des eaux régionales ;* 3. *Caractériser les gisements d'hydrocarbures connus et projetés, leur volume, leurs pressions, leurs profondeurs, leurs densités, leurs viscosités, etc. Ces données peuvent être consolidées à partir des IERP et les valeurs extrêmes des paramètres doivent être identifiées ;* 4. *Identifier les zones sensibles telles que la vie marine, les réserves naturelles, les espèces menacées, etc.*
	Conséquences	Tout incident est d'abord atténué par l'opérateur en fonction de son IERP. En parallèle, l'incident déclenche une alarme "jaune" pour l'PIUE. L'État membre doit définir les critères selon lesquels une alarme "rouge" doit être déclenchée et le PIUE initié. L'ampleur de la marée noire déterminera l'étendue de la réponse (niveau 1, 2, 3).

		5. Définir les paramètres à surveiller (par exemple, l'acidité (pH), l'opacité de la colonne d'eau, la taille du déversement d'hydrocarbures, etc.) *6. Définissez des seuils maximums pour les paramètres définis de telle sorte que leur violation déclenche l'alarme rouge, ce qui nécessite l'activation de l'PIUE.*
3.	Secteurs potentiellement affectés par l'activité offshore	Décrire les activités offshore existantes et les secteurs économiques qui pourraient être affectés.
	Explication	Les opérations offshore existantes présentent des menaces réelles : forage, installations de production, pipelines, stockage, activités de soutien telles que l'approvisionnement des plateformes en produits chimiques, etc. Les activités économiques, telles que les activités maritimes, le tourisme et la pêche, peuvent être mises en danger par les opérations offshore et les conséquences d'une catastrophe peuvent être amplifiées.
	Activités offshore et autres activités économiques	*1. Activités offshore actuelles dans les eaux territoriales et la ZEE (zone économique exclusive), y compris tous les types d'installations : exploration et production, plateformes fixes ou flottantes, activités de forage, pipelines, expédition de HC et de matières dangereuses ;* Autres activités économiques susceptibles d'être affectées par les opérations en mer (par exemple, oiseaux marins, habitats et espèces sensibles, activités de pêche ou de conchyliculture ou tout autre site aquacole, installations économiques/industrielles telles que centrales électriques, usines de dessalement, etc. Dépend des apports en eau). Précisez-les en valeurs quantitatives, par exemple, les navires transitant dans la zone, les touristes à terre, les pertes économiques potentielles, etc. Ce sont des considérations pour des plans plus détaillés tels que les plans de protection du littoral qui peuvent s'interfacer avec l'PIUE ; *2. Une description générale des activités susmentionnées dans les pays voisins qui partagent les mêmes eaux..*
	Conséquences	*3. Définir les paramètres quantitatifs liés aux opérations en mer qui doivent être pris en compte afin d'atténuer*

		les conséquences (par exemple, le nombre de flotels (hôtels flottants) autour de l'installation, le nombre de personnes à bord, le volume de la marée noire, etc.) On adopte généralement une approche à plusieurs niveaux pour la planification de la réponse, qui doit être flexible. Ces paramètres sont destinés à aider le gestionnaire de crise à classer l'incident. Mais ils ne doivent pas supprimer la flexibilité du manager dans la mise en œuvre d'une réponse.
4.	Accords contraignants	Règlements, conventions, traités et accords contraignants
	Explication	Chaque pays a sa propre réglementation. Cependant, les accords régionaux et internationaux peuvent imposer des exigences supplémentaires qui doivent être prises en compte dans le plan.
	Liste des accords	Énumérer et fournir des références à : Les règlements des États membres, les conventions régionales, européennes et internationales, les traités, les accords internationaux bilatéraux/multilatéraux d'assistance et de coopération actuellement en vigueur concernant la zone géographique.
	Conséquences	*Compiler une liste des paramètres qui, s'ils sont mentionnés dans les dispositions, pourraient imposer des restrictions supplémentaires à prendre en compte (par exemple Natura 2000, parcs marins nationaux, etc.) ;*
5.	Les pires scénarios possibles	Liste des menaces auxquelles le PIUE doit répondre
	Explication	Indiquez quelques scénarios représentatifs du pire qui pourraient conduire à un accident majeur. Par exemple, vous devez envisager une explosion et la perte subséquente de contrôle de l'usine. Ce cas peut combiner une ou plusieurs activités d'intervention :: • *sauver les gens et les mettre en sécurité ;* • *l'extinction des incendies ;* • *le nettoyage des hydrocarbures en mer, sur les plages et/ou dans les ports ;*

		• *sécurisation de l'installation (offshore) ;* • *fermeture/arrêt du puits ;* • *le confinement des puits ;* • *le forage d'un puits de secours ;* • *la gestion des déchets produits.* • *autres événements* D'autres événements, tels que le naufrage d'un pétrolier, la rupture d'une canalisation, etc. doivent également être envisagés. Plusieurs scénarios pouvant conduire à la même intervention doivent être regroupés en un seul scénario le plus défavorable afin de pouvoir prescrire la même activité d'intervention (par exemple, les fuites de pétrole ou de gaz peuvent conduire à plusieurs activités d'intervention). Il ne doit pas y avoir un seul scénario catastrophe pour chaque type d'incident. Le nombre de scénarios les plus défavorables doit être limité, mais couvrir tous les incidents majeurs possibles. Un ensemble limité de scénarios les plus défavorables, représentatifs de toutes les installations exploitées dans une ZEE donnée, permet de gérer plus facilement la réponse à une situation d'urgence et facilite l'exécution des exercices. Les scénarios les plus défavorables doivent prendre en compte les événements extrêmes qui peuvent se produire simultanément sur les installations, sur la base des informations recueillies à l'étape 2 ci-dessus (par exemple, la plus grande ampleur de déversement d'hydrocarbures qui peut se produire entre les installations, la pire ampleur de déversement d'hydrocarbures qui peut se produire entre les installations, le pire type d'hydrocarbure déversé entre les installations, le nombre maximum de personnes à bord entre les installations, etc.) Définir les scénarios quantitativement, dans la mesure du possible (par exemple, l'étendue de la marée noire, la quantité, la caractérisation, le nombre de personnes à évacuer, etc.) Pour chaque scénario catastrophe, un plan d'intervention d'urgence doit être adopté.

	Définir les pires scénarios possibles	*1. Rédigez une liste de scénarios catastrophes crédibles ;* *2. Vérifier que les scénarios sont suffisamment représentatifs de tous les événements possibles et couvrent toute la gamme des paramètres ;* *3. Regroupez les scénarios identifiés en une courte liste des pires scénarios pour lesquels un plan d'intervention d'urgence doit être élaboré.*
6.	Identification des besoins	Identification des moyens nécessaires pour répondre à chaque pire scénario.
	Explication	Pour chaque pire scénario, un plan d'action doit être élaboré. Il s'agit notamment de classer les activités par ordre de priorité, de déterminer le délai nécessaire pour prendre des mesures d'atténuation, l'équipement requis, les compétences du personnel nécessaires, les dispositions de soutien, etc. Analyse des risques et plan d'atténuation pour chaque scénario le plus défavorable Le rapport sur les risques majeurs pour les installations contient des analyses de risques et des plans d'atténuation, mais pas pour les scénarios les plus défavorables. Par conséquent, les points suivants doivent être abordés dans le PIUE pour chaque cas le plus défavorable : • *Effectuer une analyse des risques, y compris l'analyse de la méthode Bow-Tie ;* • *Afin d'atténuer les risques, identifier les ressources nécessaires : équipements, installations, aménagements, personnel et ses qualifications, etc ;* • *Préparez un diagramme de Gantt (et un diagramme de pertinence) décrivant les activités requises, leur ordre, le calendrier de chaque activité et les ressources nécessaires à chaque étape ;* • Spécifier les contraintes de temps critiques pour l'allocation des ressources et l'achèvement de chaque activité ;
7.	Allocation des ressources	Plan d'allocation des ressources
	Explication	Le PIUE doit envisager des plans d'intervention pour tous les scénarios les plus défavorables. L'exécution d'un plan dépend de la disponibilité des ressources requises. Les opérateurs disposent de certaines ressources et celles-ci sont précisées dans leur rapport sur les risques majeurs et leur IERP. D'autres ressources

		sont détenues par des organisations privées ou publiques dans le pays ou ailleurs dans la région. Les organisations européennes et internationales, telles que l'AESM, peuvent apporter une contribution importante. Il est important d'identifier les caractéristiques de l'équipement spécifique qui doit être utilisé pour chaque scénario et le moment de la mise en œuvre. L'accessibilité à chaque ressource doit être garantie par des accords entre l'État membre et le propriétaire de la ressource. Le propriétaire éventuel de la ressource doit être identifié et si un accord existe, il doit être signé. Cela permet d'identifier les lacunes dans la disponibilité des ressources.
	Table des ressources requises	*1. Le terme " ressource " comprend : les équipements, les installations fixes ou mobiles, les installations en mer ou à terre et la main-d'œuvre. La main-d'œuvre doit être composée principalement de personnel possédant des compétences spécifiques.* *2. La liste des ressources doit contenir les ressources disponibles et/ou possédées par les opérateurs ;* *3. Pour chaque ressource, il est nécessaire de définir:* *a) les caractéristiques ;* *b) la quantité ;* *c) les contraintes de temps ;* *d) le propriétaire ou le fournisseur de la ressource (par exemple, l'AESM, l'opérateur, etc.) ;* *e) les lieux de stockage ;* *f) le mode de transport vers le lieu de l'incident ;* *g) les accords de distribution* *h) Mesures en place pour garantir que l'équipement et les procédures de contrôle des déversements de pétrole/puits sont maintenus en état de fonctionnement ;* *i) accord d'accessibilité entre l'État membre et le fournisseur de ressources ;* *j) les alternatives possibles à la ressource.* Préparez une liste "GAP" de toutes les ressources manquantes ou inaccessibles.
8.	Accords financiers	Mise à disposition de ressources financières
	Explication	Toute opération d'urgence doit être couverte financièrement par l'opérateur et/ou le propriétaire responsable de l'incident. L'intervention d'urgence externe implique également des coûts pour l'autorité publique (qui seront récupérés ultérieurement auprès de l'opérateur). Par conséquent, des dispositions doivent

		être prises pour couvrir les coûts initiaux de l'intervention d'urgence externe. Enfin, des procédures de compensation et de recouvrement des coûts doivent être établies.
	Couverture financière	1. *Estimer le coût horaire de chaque ressource déployée ;* 2. *Pour chaque cas le plus défavorable, estimez, si possible, le coût total de la réponse à l'urgence ;* 3. *Identifier la disponibilité du montant requis dans le budget annuel et/ou à partir de contributions dans le cadre de conventions internationales ;* 4. *Recueillir et enregistrer toutes les informations relatives au recouvrement des coûts ;* 5. *S'assurer que toutes les dispositions pertinentes en matière de recouvrement des coûts sont mises en place.*
9.	Gestion de crise	Gestion de crise
	Explication	Le succès de tout plan dépend de l'efficacité de sa gestion. À chaque étape, il doit être clair "qui fait quoi". Par exemple, si un événement se produit sur une plate-forme, l'opérateur déclenche sans délai son IERP et doit en informer rapidement l'autorité compétente. Que signifie "promptement" et qu'est-ce que l'"autorité compétente" ? Le gestionnaire de crise (GC) doit gérer tous les éléments IC[3] (renseignement, commandement, contrôle et communication).
	Développer les détails et les procédures du CM	1. *Pour tout scénario catastrophe, préparez un diagramme de flux de processus, par exemple en utilisant la matrice RACI ;* 2. *Qui est la personne autorisée et capable de décider s'il faut lancer le PIUE ou simplement observer les activités de l'opérateur ?* 3. *Si le PIUE est déclenché, quel est le scénario le plus défavorable et qui gère l'opération ?* 4. *Qui informe les pays voisins éventuellement touchés ?* 5. *En cas de lancement d'un plan régional, qui gère les efforts combinés ?* 6. Adapter le plan d'urgence européen en ajoutant un plan d'urgence détaillé basé sur les ressources actuellement disponibles.

10.	Préparation et mise à jour	Exercices, entraînements, inspections et mise à jour du PIUE
	Explication	Chaque plan d'intervention d'urgence doit être testé. Sinon, il ne sera pas opérationnel en temps voulu. Des exercices périodiques et des formations pour chaque scénario catastrophe sont essentiels pour soutenir et valider le plan d'urgence. Des exercices transfrontaliers/régionaux devraient être envisagés. Puisque les activités des opérateurs doivent être cohérentes avec l'PIUE, l'PIUE doit également inclure un suivi périodique des exercices des opérateurs et leur intégration efficace dans les tests PIUE. Un numéro de révision avec une date doit être soumis pour vérifier que le PIUE est à jour. Le résultat de ces exercices, sous la forme d'enseignements tirés, ainsi que l'étude de toute nouvelle activité offshore et l'examen des nouveautés dans les meilleures technologies disponibles, conduisent à une révision périodique du PIUE. La procédure de mise à jour du PIUE fait également partie du PIUE.
	Exercices et mise à jour du PIUE	1. *Préparez un calendrier d'exercices pour chaque scénario catastrophe ;* 2. *Intégrer les exercices EER à la formation IRP des opérateurs ;* 3. *La méthodologie de l'exercice doit être soigneusement conçue pour que la petite échelle de l'exercice puisse tout de même simuler un événement de grande envergure ;* 4. Les procédures d'inspection et d'évaluation de l'exercice (par exemple, les audits de la CE) doivent être abordées afin d'identifier correctement les problèmes et les suggestions d'améliorations et de mises à niveau.
11.	PIUE intégré	Le PIUE se compose de deux parties : la première partie couvre la planification de l'activité d'intervention, constituée des étapes 1 à 8 du formulaire. Cela devrait inclure une analyse des lacunes et un plan d'urgence pour les combler. La deuxième partie est le plan opérationnel proprement dit, qui se compose des étapes 9 et 10 du t

		formulaire, et se base uniquement sur les ressources actuellement disponibles.

La directive européenne suggère également les points qui doivent être abordés et traités lors de la préparation et de la révision d'un plan européen de relance économique. Le document (1) fournit des suggestions utiles pour la compilation des PIUE. Le tableau in fig. 3 montre les points clés et leur description pour la préparation d'un plan d'action pour l'environnement.

Business Process Modeling and Notation

La notation BPMN (2) a été développée par la BPMI (Business Process Management Initiative) (3) puis maintenue par l'OMG (Object Management Group) (4), deux associations à but non lucratif qui regroupent des opérateurs dans le domaine des technologies de l'information et de l'analyse des processus d'entreprise et de production.

Le BPMN est une norme de représentation facile à utiliser par les acteurs qui doivent modéliser, concevoir et mettre en œuvre des processus d'affaires ou de production. Il utilise une notation graphique facilement compréhensible tant par les analystes qui créent le projet initial que par les développeurs qui seront ensuite chargés de mettre en œuvre ces processus. La notation BPMN dérive du formalisme des organigrammes avec quelques modifications et ajouts qui résolvent de nombreux problèmes et limitations dans la modélisation des processus d'affaires.

Le BPMN représente donc un pont entre la conception des processus et leur mise en œuvre. Il permet de définir le BPD (Business Process Diagram), c'est-à-dire un organigramme décrivant l'ensemble des activités nécessaires à la mise en œuvre du processus. Une introduction au BPMN est donnée dans le rapport (5).

Un diagramme de processus d'entreprise se compose d'éléments graphiques, définis pour être facilement distinguables les uns des autres. Il existe quatre grandes catégories d'éléments. (entre parenthèses le nom en anglais) : Objet de Flux (*Flow Objects*), Connecteurs (*Connecting Objects*), Couloirs (*Swimlanes*), et Artefacts (*Artifacts*)

Objet de Flux

Les objets de flux sont les principaux éléments d'un diagramme, ils ont des formes bien définies et très différentes les unes des autres pour une reconnaissance immédiate de leur signification. Ils sont principalement divisés en : événement (Event), activité (Activity) et passerelle (Gateway).

Un événement est quelque chose qui se produit au cours du processus, et peut être interne ou externe au processus lui-même. Il est représenté par un cercle fig. 4: Symboles pour Start, Intermediate e End event, qui peut être de type Début (*Start*), Intermédiaire (*Intermediate*) et Fin (*End*)

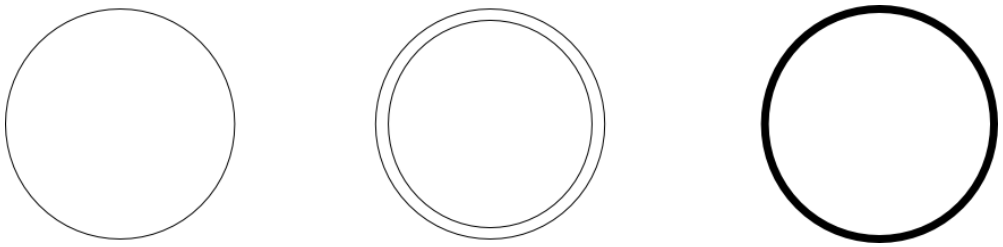


fig. 4: Symboles pour Start, Intermediate e End event

Chaque processus a un événement de début (*Start Event*) qui indique le point de départ et un événement de fin (*End Event*) qui indique où le processus se termine. Un événement intermédiaire (*Intermediate Event*) peut être associé à une tâche pour définir un événement susceptible de se produire pendant l'exécution de cette tâche et peut être connecté par un objet de connexion (*Connecting Object*) (à définir ultérieurement). Dans certains cas, il peut contenir une icône représentant le type d'événement. Les exemples d'événements et leur définition sont rapportèe dans le *fig. 5: Symboles des événements et leur description*

Symbole	Nom	Description
	Message	Un message déclenche les processus, facilite les processus intermédiaires ou termine les processus.
	Minuterie	Une heure, une date (ou) une heure et une date récurrentes déclenchent un processus, aident tous les processus intermédiaires ou achèvent les processus.
	Escalation	Une étape qui réagit à une escalation, et passe à un autre rôle dans l'organisation. Cet événement est utilisé uniquement dans un sous-processus d'événement. Une escalation se produit lorsqu'une personne ayant un niveau de responsabilité plus élevé dans l'organisation est impliquée dans un processus.
	Conditionnel	Un processus commence/continue lorsqu'une condition ou une règle métier est remplie.
	Lien	Un sous-processus qui fait partie d'un processus plus large.
	Erreur	Une erreur détectée au début, à la fin ou au milieu du processus. Un sous-processus événementiel déclenché par une erreur interrompra toujours les processus qui le contiennent.
	Annuler	Réagit à une transaction qui a été annulée dans un sous-processus. Dans un événement de fin, il représente l'annulation déclenchée d'un processus.
	Compensation	Un remboursement qui se déclenche lorsque les opérations ont partiellement échoué.
	Signal	Un signal qui sert à communiquer entre différents processus. Un symbole de signal peut commencer le processus, le faciliter, (ou) l'achever.
	Multiple	Plusieurs déclencheurs initiant le même processus
	Parallèle multiple	Une instance de processus qui ne démarre, ne se termine ou ne se poursuit pas avant que tous les événements possibles ne se soient produits.
	Terminer	Déclenche la fin immédiate de l'étape du processus. Toutes les instances liées seront terminées en même temps.

fig. 5: Symboles des événements et leur description

Les activités (*Activity*) sont les actions réalisées au cours d'un processus d'entreprise ou de production. Ils sont représentés par un rectangle arrondi qui contient le texte décrivant l'action à effectuer. Il existe deux types d'activités (*Task* et *Sub-Process*) :

- les tâches (atomiques) ;
- les sous-processus (non atomiques, composés).

Une tâche est une activité atomique dans un flux de processus (*Process Flow*). Dans la version 2.0 du BPMN, il existe plusieurs types de tâches. Le tableau in fig. 6 présente les symboles et la description des activités auxquelles ils font référence.

Symbole	Nom	Description
	Service Task	Une tâche de service est une tâche qui utilise un service web, une application automatisée, ou d'autres types de services pour accomplir la tâche.
	Send Task	Une tâche d'envoi représente une tâche qui envoie un message à un autre couloir ou pool. La tâche est terminée une fois que le message a été envoyé.
	Receive Task	Une tâche de réception indique que le processus doit attendre l'arrivée d'un message pour pouvoir continuer. La tâche est terminée une fois que le message a été reçu.
	User Task	Une tâche utilisateur signifie qu'un acteur humain effectue la tâche à l'aide d'une application logicielle.
	Manual Task	Une tâche manuelle est une tâche qui est exécutée sans l'aide d'un moteur d'exécution de processus métier ou d'une application.
	Business Rule Task	La tâche de règles métier est nouvellement ajoutée dans BPMN 2.0. Elle fournit un mécanisme permettant à un processus de fournir des données d'entrée à un moteur de règles métier, puis d'obtenir la sortie fournie par le moteur de règles métier.
	Script Task	Une tâche de script est exécutée par un moteur de processus métier. La tâche définit un script que le moteur peut interpréter. Lorsque la tâche commence, le moteur exécute le script. La tâche est terminée lorsque le script est terminé.

fig. 6: Symboles des tâches et leur description

En BPMN, un sous-processus est une activité composée qui représente une combinaison de tâches et de sous-processus. En général, les diagrammes en BPMN sont créés pour condenser les descriptions des processus avec d'autres personnes. Pour faciliter la communication, les diagrammes ne doivent pas être trop compliqués. En utilisant les sous-processus, un processus complet peut être divisé en plusieurs parties, ce qui permet de se concentrer sur une zone particulière du diagramme du processus.

Les symboles relatifs aux sous-processus sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Symbole	Description
	Un sous-processus avec un marqueur de cycle indique que le sous-processus se répète en séquence.
	Un sous-processus avec un marqueur multi-instance indique que le sous-processus peut fonctionner avec d'autres sous-processus identiques simultanément.
	Un sous-processus avec le marqueur de compensation, ou simplement appelé sous-processus de compensation, représente une collection de tâches qui décrivent une partie de la méthode de compensation.
	Un sous-processus avec le marqueur ad-hoc représente une collection de tâches qui existent uniquement pour traiter un cas spécifique.

fig. 7: Symboles des sous-processus et leur description

Symbole	Nome	Description
	XOR Gateway	Une passarelle exclusive divergente est utilisée pour créer des chemins alternatifs dans un flux de processus.
	Exclusive Event-based Gateway	Une passerelle exclusive basée sur des événements est utilisée pour brancher un processus lorsque les chemins alternatifs sont déterminés par des événements (divers messages ou signaux) plutôt que par des flux conditionnels.
	Parallel Gateway	Les passerelles parallèles sont utilisées pour représenter deux tâches dans un flux d'activités. Une passerelle parallèle modélise une bifurcation vers plusieurs chemins d'exécution, ou une jonction de plusieurs chemins d'exécution entrants.
	Inclusive Gateway	Une passerelle inclusive spécifie qu'un ou plusieurs des chemins disponibles seront pris. Ils peuvent tous être empruntés, ou seulement l'un d'entre eux.
	Event-based Gateway	La passerelle basée sur les événements vous permet de prendre une décision en fonction des événements. Lorsque l'exécution d'un processus atteint une passerelle basée sur des événements, la passerelle agit comme un état d'attente et l'exécution est
	Complex Decision Gateway	Une passerelle de décision complexe permet de prendre une décision plus expressive au sein d'un processus métier. De multiples facteurs, règles et analyses peuvent être combinés pour produire des résultats.
	Parallel event based Gateway	Une passerelle parallèle basée sur les événements est similaire à une passerelle parallèle. Elle permet à plus d'un processus de se dérouler en même temps. Il est important de noter qu'elle n'attend pas l'arrivée de tous les événements.

fig. 8: Symboles de passerelle (Gateway) et leur description)

Les passerelles (*Gateway*) sont utilisées pour contrôler la divergence et la convergence des flux d'activité. En particulier, ils déterminent les décisions traditionnelles telles que les chemins de bifurcation (*Fork*) , de fusion (*Merge*) et de jonction (*Join*). Ils sont représentés par un losange qui contient les symboles qui indiquent leur type, comme on peut le voir dans le tableau de fig. 8.

Objet de connexion

Afin de représenter une séquence, les object de flux (Flow Object) doivent être reliés entre eux par des connecteurs. Il existe trois types d'objets de connexion : le flux de séquences, le flux de messages et l'association fig. 9

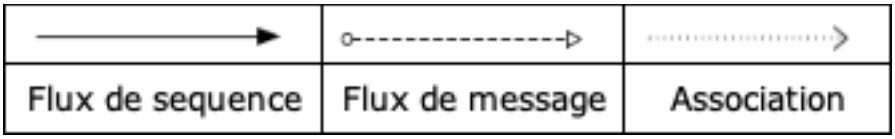


fig. 9: Symboles des connecteurs pour relier le objets de flux

- Le connecteur flux de séquence (*Sequence Flow*) est représenté par une ligne pleine avec une flèche pleine et est utilisé pour montrer l'ordre (la séquence) dans lequel les tâches seront exécutées dans un processus ;
- Le connecteur de flux de messages (*Message Flow*) est représenté par une ligne pointillée avec une flèche vide et est utilisé pour montrer le flux de messages entre deux participants au processus (en BPMN, il s'agit de deux *Pools*) ;
- Le connecteur d'association (*Association*) est représenté par une ligne en pointillé avec une flèche ouverte et est utilisé pour associer des données, du texte et d'autres artefacts à des objets de flux. Ce type de connecteur est également utilisé pour montrer les entrées et les sorties des tâches.

Couloirs (Swimlanes)

Les couloirs (Swimlane) (fig. 10). dans BPMN représentent les acteurs d'un processus d'entreprise ou de production. Un couloir peut contenir les objets de flux qui sont exécutés dans ce couloir. Ils peuvent être orientés horizontalement ou verticalement (sémantiquement, ils sont identiques). Il existe deux types de couloirs : les couloirs d'une unité organisationnelle (*Pools*) et les sous-couloirs (*Lanes*)

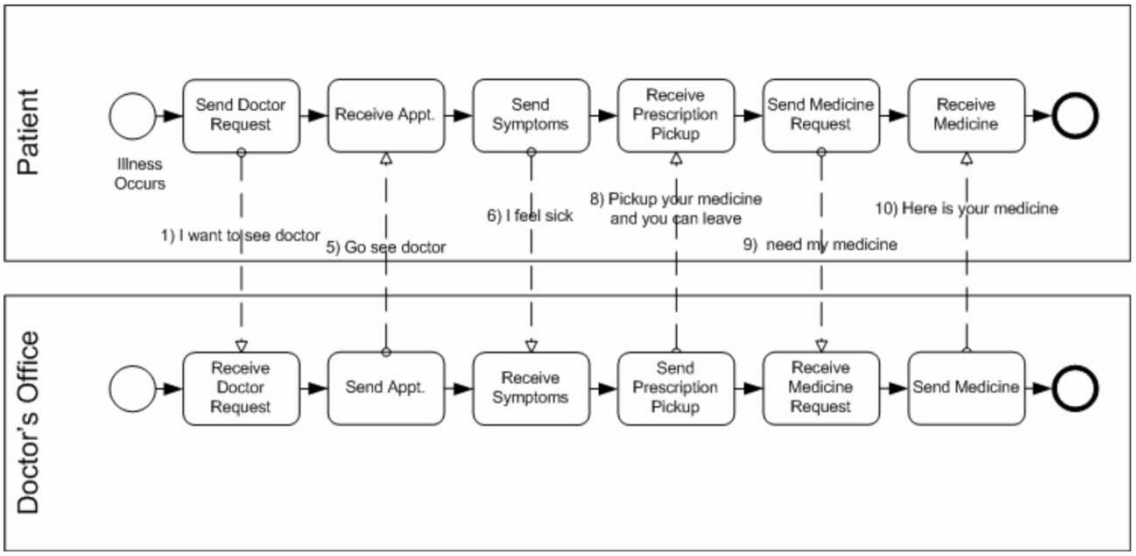


fig. 10: Exemple de couloir

Les *pools* peuvent être une entité spécifique ou un rôle (voir l'exemple de *pool* et de *couloir* représentée en fig. 11). A l'intérieur du pool se trouvent les éléments de flux, c'est-à-dire les tâches qui doivent être exécutées. Il existe un type de *pool* qui n'a pas de contenu, appelé *pool boîte noire* (*Blackbox Pool*), souvent utilisé pour définir les entités externes d'un processus.

Parce qu'ils sont externes, leurs flux internes n'ont aucun impact sur les processus en cours de définition. Ils peuvent donc être ignorés, ce qui produit une boîte noire. Les couloirs sont des partitions de pool. Ils sont souvent utilisés pour séparer l'activité associée à une fonction ou un rôle commercial spécifique.

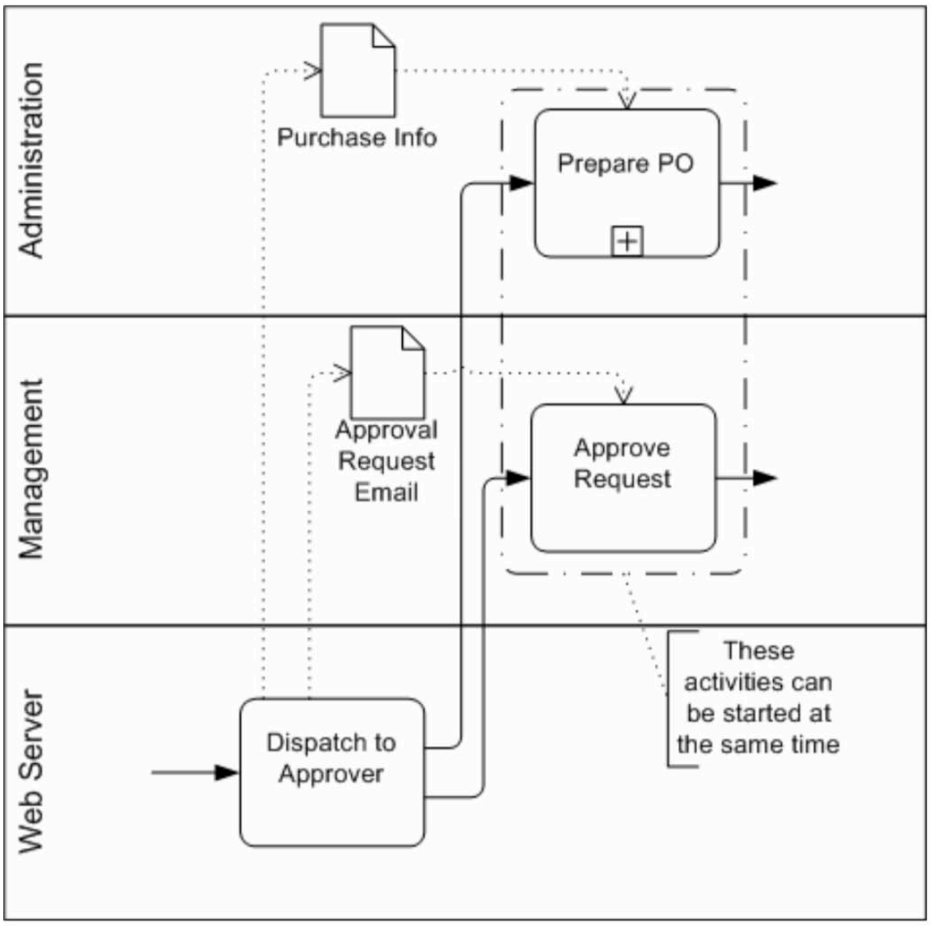


fig. 11: Segment d'un processus avec des objets de données, des groupes et des annotations

Artefact

BPMN a été conçu pour permettre aux modélisateurs et aux outils de modélisation une certaine flexibilité dans l'extension de la notation de base et dans la possibilité d'ajouter un contexte supplémentaire approprié à une situation de modélisation spécifique, comme pour un marché vertical (par exemple, l'assurance ou la banque). Un nombre quelconque d'artefacts peut être ajouté à un diagramme en fonction du contexte des processus métier modélisés. La version actuelle de la spécification BPMN ne prédéfinit que trois types d'artefacts ((2).

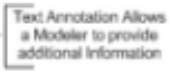
Symbole	Nom	Description
	Data Object	Les objets de données sont un mécanisme permettant de montrer comment les données sont requises ou produites par les activités. Ils sont reliés aux activités par des associations.
	Group	Un Groupe est représenté par un rectangle aux coins arrondis dessiné avec une ligne pointillée (voir la figure de droite). Le regroupement peut être utilisé à des fins de documentation ou d'analyse, mais n'affecte pas le déroulement de la séquence.
	Annotation	Les annotations sont un mécanisme permettant à un modélisateur de fournir des informations textuelles supplémentaires au lecteur d'un diagramme BPMN

fig. 12: Symboles pour les artefact

Les modélisateurs peuvent créer leurs propres types d'artefacts, qui ajoutent plus de détails sur la façon dont le processus est exécuté - assez souvent pour montrer les entrées et les sorties des activités du processus. Toutefois, la structure de base du processus, telle que déterminée par les activités, les passerelles et le flux de séquence, n'est pas modifiée par l'ajout d'artefacts dans le diagramme.

Sept lignes directrices pour la modélisation des processus

La définition des processus au moyen de modèles graphiques a constitué une avancée importante. Des études ont montré que les organisations les plus performantes ont consacré plus de 40 % du temps total de leur projet à la recherche et à l'élaboration de leur modèle initiale de processus (6). Cet avantage découle du fait que les logiciels de modélisation des processus métier ont rendu incroyablement facile la normalisation, le stockage et le partage des diagrammes. Mais, malgré l'appui des outils existants, plusieurs incertitudes subsistent quant à la manière de créer des modèles de processus que les analystes et les professionnels de l'entreprise peuvent facilement analyser et comprendre. Pour cette raison, sept directives de modélisation de processus ont été définies et sont présentées dans (7). Chacun d'entre eux a été défini sur la base de recherches empiriques sur les liens entre des modèles caractéristiques compréhensibles et non sujets aux erreurs :

1. Utilisez le moins d'éléments possible. La taille du modèle a des effets indésirables sur la compréhensibilité et la probabilité d'erreur: les grands modèles ont tendance à être plus difficiles à comprendre et ont une probabilité d'erreur plus élevée que les petits modèles.
2. Réduire au minimum les chemins par élément. Plus le degré d'un élément est élevé, plus il devient difficile de comprendre le modèle.
3. Utilisez un événement de début et un événement de fin. Le nombre d'événements de début et de fin est directement proportionnel à l'augmentation de la probabilité d'erreur.
4. Modèle aussi structuré que possible. Un modèle de processus est structuré si chaque connecteur de division correspond à un connecteur d'union respectif du même type.
5. Évitez les éléments de routage OR. Les modèles qui ne comportent que des connecteurs AND et XOR sont moins sujets aux erreurs. En outre, il existe certaines ambiguïtés dans la sémantique de la *OR-join*, ce qui entraîne des paradoxes et des problèmes de mise en œuvre.
6. Utilisez la structure verbe-objet pour les étiquettes de tâches. Les expériences menées par les auteurs affirment que les étiquettes qui suivent la structure verbe-objet sont moins ambiguës et beaucoup plus utiles pour la compréhension.
7. Décomposez le modèle s'il comporte plus de 50 éléments. Il a été démontré que les modèles comportant plus de 50 éléments ont un risque d'erreur supérieur à 50 %.

Ce chapitre se termine par deux exemples de modèles de processus en notation BPMN (8).

Processus d'expédition des produits

Le premier exemple concerne le processus d'expédition des produits par un détaillant de matériel informatique décrit dans (8). Dans la fig. 13il est

rapporté le diagramme du processus formé à partir du *pool Hardware Retailer* et de trois sous-couloir correspondant aux trois acteurs impliqués *Logistic Manager*, *Clerk* et *Warehouse Worker*.

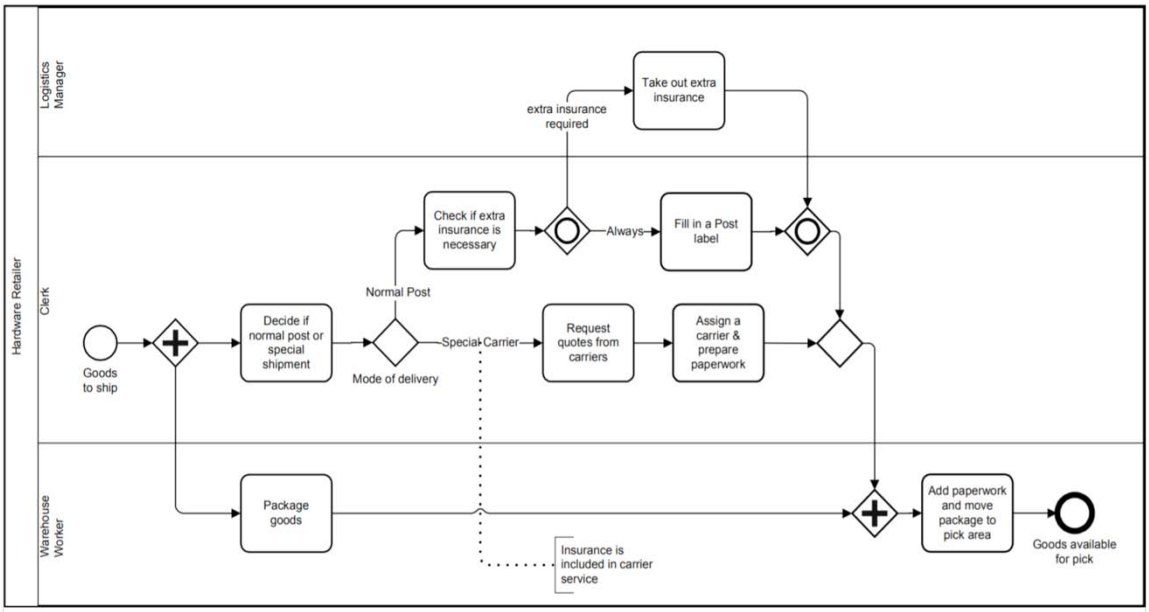


fig. 13: Modèle d'expédition des produits

Le processus commence par l'événement de début *Goods To Ship*, qui indique le début du processus d'expédition des produits. Dès que le processus est instancié, il y a des actions qui sont exécutées en parallèle, comme on peut le voir sur la passerelle parallèle. Les actions sont exécutées dans deux couloir différentes : l'employé (*Clerk*) qui doit décider du type d'envoi entre courrier ordinaire et envoi spécial; au même moment, l'employé de l'entrepôt (*Warehouse Worker*) lance le processus d'emballage du produit qui, une fois exécuté, doit attendre le reste du processus comme indiqué par le deuxième element de route parallèle.

Dès que l'employé (*Clerk*) a déterminé le mode d'expédition, l'itinéraire correspondant défini par la passerelle exclusive *Mode De Delivery* est entrepris. Il est important de noter que les décisions ne sont pas prises dans la passerelle, mais dans la tâche qui le précède. À ce stade, si l'expédition par messagerie a été établie, deux tâches seront effectuées, la première consistant à demander

un devis à la messagerie, la seconde à désigner la messagerie et à préparer les documents nécessaires à l'expédition.

On peut remarquer l'annotation textuelle *Insurance is included in Carrier Service* pour indiquer que, dans le cas d'un envoi spécial, il n'est pas nécessaire de se référer à l'assurance supplémentaire car elle est supposée être déjà incluse dans les services du transporteur.

En revanche, si on veut expédier le colis par courrier ordinaire, on doit se demander si une assurance supplémentaire est nécessaire. Dans cette phase, il y a une passerelle inclusive puisque la tâche d'insérer l'étiquette postale à l'intérieur du paquet à expédier est toujours effectuée tandis que la tâche de stipuler l'assurance supplémentaire n'est effectuée que si elle est demandée.

Une fois les tâches du mode d'expédition exécutées, on arrive au deuxième élément parallèle, qui indique qu'il est impossible de continuer si les processus des différents chemins n'ont pas encore été achevés. Dans ces cas, l'envoi ne peut avoir lieu sans documentation sur le courrier ou l'étiquette postale ou si le produit n'a pas été emballé.

Exécution d'une commande d'un produit et son approvisionnement

L'exemple suivant concerne l'exécution de la commande d'un produit et la fourniture éventuelle de ce même produit en cas d'indisponibilité (fig. 14). Le processus commence lorsqu'un message de commande est reçu et que la disponibilité du produit est vérifiée. A ce stade, il existe deux possibilités : si l'article est disponible, on procède immédiatement à l'expédition du produit, il est aussi exécuté le sous-processus *Financial Settlement* dont les tâches ne sont pas définies dans le modèle et le processus se termine par l'évènement de fin *Payment Received*. Dans le cas où l'article n'est pas disponible, le produit doit d'abord être approvisionné via un sous-processus. Ici, on peut noter deux événements différents : *Error* qui fait référence à l'impossibilité de livrer l'article et dans ce cas, le client est informé et l'article est supprimé du catalogue, l'Escalade dans laquelle le client est informé de la livraison tardive du produit en raison de son indisponibilité.

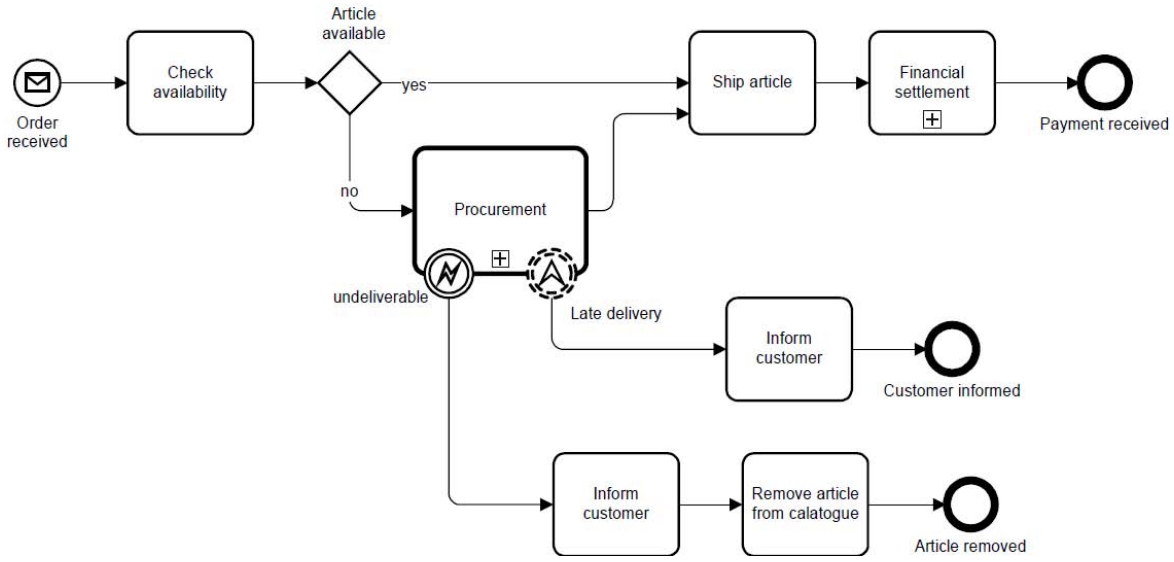


fig. 14: Modèle d'exécution des commandes d'une produit

Case Management Modeling and Notation

La Case Management Modeling and Notation (CMMN), également développé par l'Object Management Group ((4)), est la norme pour le *Case Management*, c'est-à-dire ce type de processus d'entreprise qui n'utilise pas de flux de contrôle pour décrire le processus (9). Il est plutôt basé sur le soutien des *Case Workers*, c'est-à-dire le personnel en charge du suivi, de la gestion et de l'exécution des tâches d'un *Case*, en leur fournissant un accès à toutes les informations pertinentes et en leur donnant la discrétion et le contrôle sur l'évolution du *Case*.

Le CMMN peut être très utile lorsque le processus n'est jamais le même à chaque instance, de sorte que toutes les tâches à exécuter ne peuvent être définies a priori. Cela donne au *Case Worker* une plus grande flexibilité dans les actions à effectuer. Un exemple trivial mais efficace pour comprendre la signification est le processus de nettoyage d'une chambre d'hôtel. Les tâches à exécuter par le nettoyeur peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs. Pour cette raison, CMMN est définie comme une notation déclarative, c'est-à-dire qu'elle décrit ce qui est autorisé ou non pendant le processus; au contraire, BPMN est impérative et décrit comment exécuter le processus. Dans ce qui suit, aussi les différences entre CMMN et BPMN seront présentées.

Case plan

Dans le CMMN, un modèle peut avoir plusieurs *Case*, et chaque *Case* est décrit par un *Case Plan*. Le *Case Plan* peut être vu comme un dossier qui contient la description du *Case* modélisée. En raison de la nature de la gestion des *Case*, toutes les actions effectuées dans un *case* ne sont pas modélisées. En particulier, l'interaction des travailleurs (*Case Worker*) avec le dossier et les données connexes n'est pas modélisée, ou l'est seulement partiellement. Par exemple, la façon dont les données sont saisies dans le dossier n'est pas modélisée. Les

données peuvent être ajoutées, supprimées ou modifiées par les travailleurs (*Case Worker*) à tout moment du processus, sans modélisation.

Pendant la modélisation, on peut définir un ou plusieurs *Case Plan*. Finalement, le *Case Plan* est exécuté et sera appelé une instance du *case*. Pour faire une comparaison avec les langages de programmation orientés objet, nous pouvons dire qu'un *Case Plan* est similaire à une classe et une instance du *case* à un objet de cette classe.

Il n'y a pas de notation graphique pour les rôles dans le CMMN, mais ils peuvent néanmoins être définis et peuvent ajouter, créer, modifier ou supprimer des données et des documents du dossier (bien que les actions effectuées puissent ne pas être modélisées). Les éléments d'une instance du *case* sont appelés éléments du *case plan*. Ces éléments sont : tâche (*task*), ètape (stage*)* , jalon (*milestone)* et écouteur d'événement *(event listener).*

Tâche

Les tâches, comme dans BPMN, représentent les actions effectuées au cours du travail. Il existe quatre types de tâches : les tâches humaines non bloquantes, les tâches humaines bloquantes, les tâches de cas et les tâches de processus. Les tâches sont représentées par un rectangle arrondi tandis que le type de tâche est indiqué par une icône dans le coin supérieur gauche (fig. 15).

Symbole	Type	Description
	Tâche humaine bloquante	Tâches exécutées par un *Case Worke* r, dans ce cas elles doivent être explicitement complétées par le travailleur social.
	Tâche humaine non bloquante	Tâche confiée à un *Case Worker*. Elle est non bloquante, c'est-à-dire qu'une fois qu'elle est prise en charge par le travailleur, elle peut être considérée comme terminée et l'exécution se poursuit.
	Tâche du processus	Peut être appelée pour exécuter un appel à un processus d'entreprise, elle peut être bloquante ou non
	Case tâche	Crée une autre case pour cette tâche.

fig. 15: Symboles des tâches et leur description

Stage

Les Stage peuvent être considérées comme des épisodes d'un case, des *sous-case* (comme les sous-processus dans BPMN). Ils sont représentés sous la forme d'un rectangle aux bords anguleux avec un symbole + en position centrale en bas (*fig. 16*).

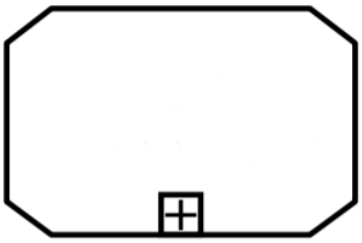


fig. 16: Symbole pour le stage

Dans le CMMN, chaque instance du *case* contient un seul *Case File* (également appelé dossier d'affaire, ou simplement affaire - fig. 17), et les travailleurs *Case Worker* ont accès à toutes les données de ce dossier d'affaire. Les travailleurs peuvent ajouter, supprimer et modifier des données dans le dossier de l'affaire même s'ils n'exécutent aucune tâche dans l'affaire, pour autant qu'ils disposent des privilèges appropriés.

fig. 17: Symbole pour le Case File Item

Les données contenues dans le dossier sont appelées éléments du dossier (*File Item)*. Ils sont utilisés pour représenter tous les types de données, notamment les données particulières d'une base de données, les documents, les présentations, les images, les vidéos, les enregistrements audio, etc. Outre les bases de données, les éléments du dossier peuvent également représenter des conteneurs tels que des dossiers, des ensembles, des piles, des listes.

Critère d'entrée et de sortie

Un critère d'entrée indique la condition qui doit être remplie pour que l'étape (*stage*), la tâche (*task*) ou le jalon (*milestone*) soit exécuté. Sans critère d'entrée, l'étape, la tâche ou le jalon sera disponible pour l'exécution dès qu'il sera créé. Il est représenté par un losange vide placé n'importe où sur le bord de l'étape, de la tâche ou du jalon. Un critère de sortie est similaire à un critère d'entrée, mais il est utilisé pour arrêter l'exécution d'une étape, d'une tâche ou d'un *case* dès qu'il est satisfait.

Les critères sont donc des outils utilisés pour décrire quand une tâche, une étape ou un jalon devient disponible pour l'exécution (critères d'entrée) ou quand une affaire, une étape ou une tâche doit se terminer anormalement (critères de sortie). Ils se composent de deux parties facultatives :

- un ou plusieurs événements déclencheurs (*onParts*). Il s'agit d'événements qui doivent satisfaire à l'évaluation des critères d'entrée ou des critères de sortie. Les événements provenant d'autres éléments du CMMN peuvent être affichés par un connecteur (une ligne pointillée).
- une expression booléenne (*ifPart*). Cette expression doit évaluer "vrai" pour les critères d'entrée ou les critères de sortie afin d'être remplie.

On peut considérer un critère comme une phrase composée de cette manière:

([on <événement 1><<[, on < événement 2>[, . . .]]]) AND ([if < condition booléenne >])

où les parenthèses carrées indiquent les parties facultatives de la phrase et les parenthèses pointus sont des espaces à remplacer. En regardant la phrase, on peut voir pourquoi les événements sont appelés *onPart* alors que les conditions booléennes sont appelées *ifPart*.

Jalon

Les jalons (*Milestone*) représentent les étapes importantes de l'exécution de l'instance. En raison des grandes variations entre les instances du *case*, les jalons sont importants pour comprendre la progression d'une instance particulière et sont représentés par un rectangle arrondi (fig. 18). A l'intérieur se trouve la description textuelle du jalon.

fig. 18: Symbole pour le jalon

Écouteur d'événements

Les écouteurs d'événements (*Event Listener*) sont similaires aux événements BPMN et sont représentés par un double cercle. Dans ces exemples, on peut voir l'utilisation d'un écouteur d'événements de minuterie (*Timer Event Listener*)(fig. 19) qui déclenche les critères d'entrée de le jalon *Exceed SLA* (*Service Level Agreement*) et d'un écouteur d'événements humains (*Human Event Listener*)(fig. 20) qui donne au superviseur la possibilité de lancer la tâche de *Revert Payment*. Il est également possible de noter que la tâche de réversion de paiement a deux critères d'entrée qui forment une condition OR, il suffit donc que l'un des deux critères d'entrée soit satisfait pour lancer la tâche, l'étape ou le jalon.

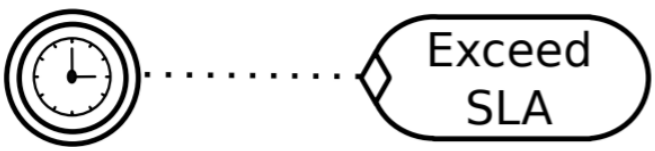


fig. 19: Exemple d'un écouteur d'événement temporel

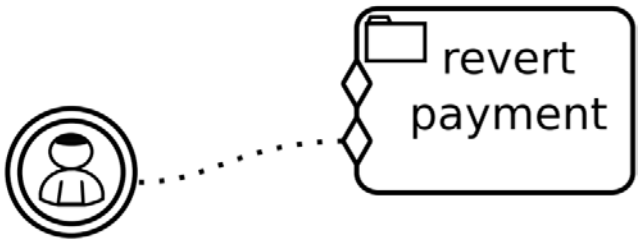


fig. 20: Exemple d'un écouteur d'événement humain

Éléments discrétionnaires

Les éléments discrétionnaires (*Discretionary Item*), qui peuvent être des tâches ou des étapes, sont utilisés pour décrire une situation inhabituelle afin de permettre au travailleur social de ne l'insérer dans le *case* que si cela est nécessaire.

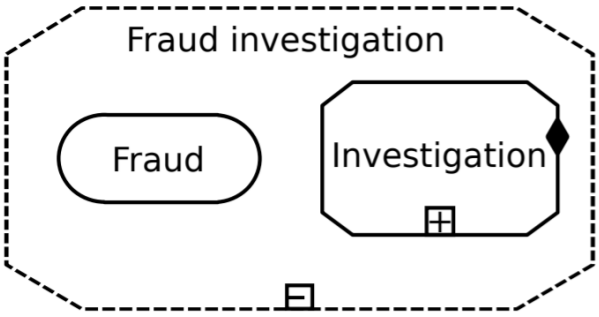


fig. 21: Exemple d'un élément discrétionnaire

Dans l'exemple de la fig. 21, on peut noter une étape discrétionnaire *Fraud Investigation* qui comprend un jalon de fraude et une étape *Investigation* qui sont tous deux non discrétionnaires. Dès que l'étape *Fraud Investigation* est exécutée, la *Fraud* et *Investigation* sont exécutées car elles ne sont pas discrétionnaires et n'ont pas de critères d'entrée à satisfaire. La spécification CMMN décrit la distinction entre plan de planification et plan d'exécution et à travers le diagramme de la fig. 22.

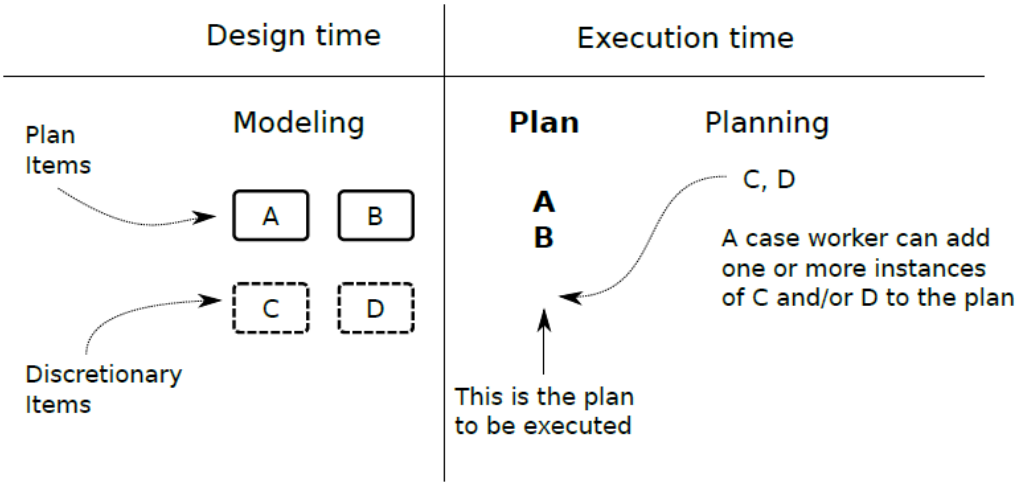


fig. 22: Distinction entre planification et exécution

Au moment de la conception, l'utilisateur modélise à la fois les éléments planifiés et les éléments discrétionnaires. Pendant l'exécution, cependant, les plans A et B doivent être exécutés, en plus desquels il peut y avoir une ou plusieurs instances de C et D ajoutées par un *Case Worker* si cela devient nécessaire.

Tableau de planification

Les tableaux de planification sont utilisés pour indiquer que, dans un *case*, la planification des étapes ou des tâches humaines sont autorisée et que, par conséquent, un *Case Worker* peut inclure un élément discrétionnaire (précédemment modélisé mais non inséré dans le cas par défaut) et l'exécuter si nécessaire (fig. 23).

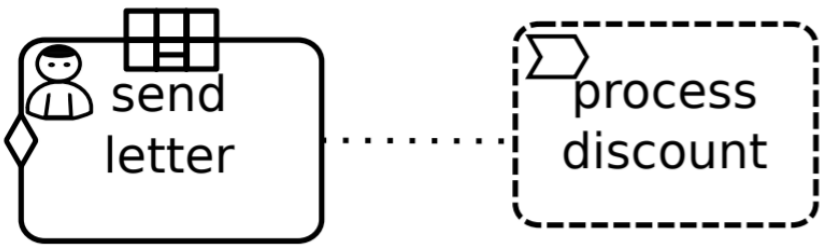


fig. 23: Exemple d'une tâche humaine avec un élément discrétionnaire

L'exemple présenté ici montre le fonctionnement du tableau de planification, de type élargi comme vous pouvez le constater par le signe '-' à

l'intérieur du symbole dans le cadre de la tâche. En raison du type étendu, le *Process Discount* est affichée, qui est une tâche discrétionnaire reliée à la tâche *Send Letter* par un connecteur qui, dans ce cas, prend une signification différente; le travailleur qui exécute la tâche *Send Letter* peut ajouter une tâche de *Process Discount* au plan qui est exécuté dès qu'il est ajouté à l'instance.

Fragments de Plan

Dans certaines situations, nous voulons donner aux travailleurs Case Worker la possibilité d'ajouter un ensemble d'éléments discrétionnaires en tant qu'action unique du plan. Les fragments de plan (*Plan Fragment*) offrent un moyen de le faire. Un fragment de plan n'est qu'un mécanisme permettant de regrouper des éléments discrétionnaires (fig. 24).

fig. 24 : Exemple d'un fragment de plan

Décorateur

Un décorateur peut être ajouté aux éléments du *case plan* et aux éléments discrétionnaires pour indiquer certaines caractéristiques de l'objet.

Le décorateur auto complète (*Auto-complete)* ▉ indique qu'une étape ou un *ca*se sera terminé lorsque tous les éléments requis du *case plan* seront complétés. Si le décorateur n'est pas présent, l'étape ou le *case* doit être complété manuellement par un travailleur après que tous les éléments requis du plan de cas ont été complétés.

Le décorateur activation manuelle (*Manual activation)* ▷ indique que l'étape ou la tâche doit être lancée manuellement après que les critères d'entrée ont été remplis, alors que si le décorateur n'est pas présent, l'étape ou la tâche sera lancée automatiquement dès que les critères d'entrée seront remplis. Il est important de donner au *case worker* droit de veto sur le système de gestion des dossiers, car il peut y avoir des situations où un critère d'entrée est rempli, mais où la tâche ou l'étape ne doit pas être exécutée immédiatement.

Le décorateur *Required* **!** indique qu'une étape, une tâche ou un jalon doit être exécuté avant de déclarer une autre étape ou un autre cas complet.

Le décorateur *Repetition* **#** indique que l'étape, la tâche ou le jalon peut être répété plusieurs fois. Seules les étapes, les tâches ou les jalons avec au moins un critère d'entrée peuvent avoir le décorateur de répétition.

Connecting object

Pendant l'exécution d'un cas, il peut être nécessaire de s'assurer que les tâches sont exécutées dans un certain ordre. Pour ce faire, des lignes en pointillés sont utilisées. Les éléments discrétionnaires liés aux tâches du *case* qui disposent d'un tableau de planification sont reliés par une simple ligne en pointillé comme on peut le voir dans l'exemple de la tâche *Send Letter* (fig. 25).

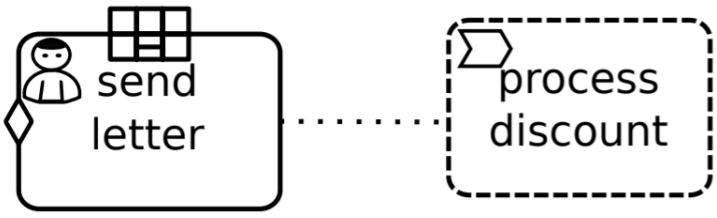


fig. 25: Connecteur entre une tâche et un élément discrétionnaire

Actions des travailleurs *Case Worker*

Comme on a déjà décrit, le CMMN offre aux travailleurs un contrôle total sur l'exécution de l'instance. Bien que les privilèges soient contrôlés à l'aide des rôles, il est important de distinguer deux types de travailleurs *Case Worker*:

- Les *Case Worker* qui exécutent les tâches du case. Ces travailleurs ont des privilèges limités.
- Les *Case Worker* qui contrôlent le case. On les appelle parfois les es travailleurs du savoir (*Knowledge Worker*).

Parmi les activités qu'ils peuvent effectuer, citons :

- Planification du *case*: ajouter des éléments discrétionnaires au *case*.
- Activation manuelle: décider quand une tâche ou une étape peut être réalisée manuellement ou décider qu'elle ne doit pas être réalisée.
- Auto-complétion: décider quand une étape ou un cas sans auto-complétion doit être complété manuellement.
- Suspendre et reprendre: décidez quand suspendre ou reprendre l'exécution d'un *case*, d'une tâche, d'une étape, d'un écouter d'événements ou d'un jalon.
- Ignorer les conditions de défaut: décider de poursuivre un *case*, une tâche ou une étape qui présente une condition de défaut.
- Ajout ou modification de données sur le *case*: ajouter, créer, remplacer, supprimer et modifier des données dans le *case*.
- Clôture du *case* : décidez quand clôturer un *case,* de sorte que rien d'autre ne puisse être fait dans cette *case*.

Exemple de traitement d'une plainte

Un exemple de *Case Management* utilisant le CMMN est présenté à la fig. 26. En particulier, le *case* de la plainte a été défini. Dans ce diagramme, on peut voir plusieurs des éléments décrits ci-dessus. Nous partons *Case File Item Input* connecté au jalon *Received* contenant le décorateur *Repetition* **#**. Cela indique que le fichier d'entrée peut être modifié et envoyé plusieurs fois. Puis on passe à la tâche humaine bloquante *Send Letter*. Il est donc nécessaire qu'un travailleur le remplisse physiquement. Notez que le critère d'entrée de *Send Letter* est en fait un AND entre le jalon *Received* et le *case file item Résolution*, donc les deux conditions doivent être remplies avant que la tâche *Send Letter* ne soit exécutée. Le décorateur *Required* **!** indique que la tâche doit nécessairement être achevée pour que le cas soit déclaré terminé.

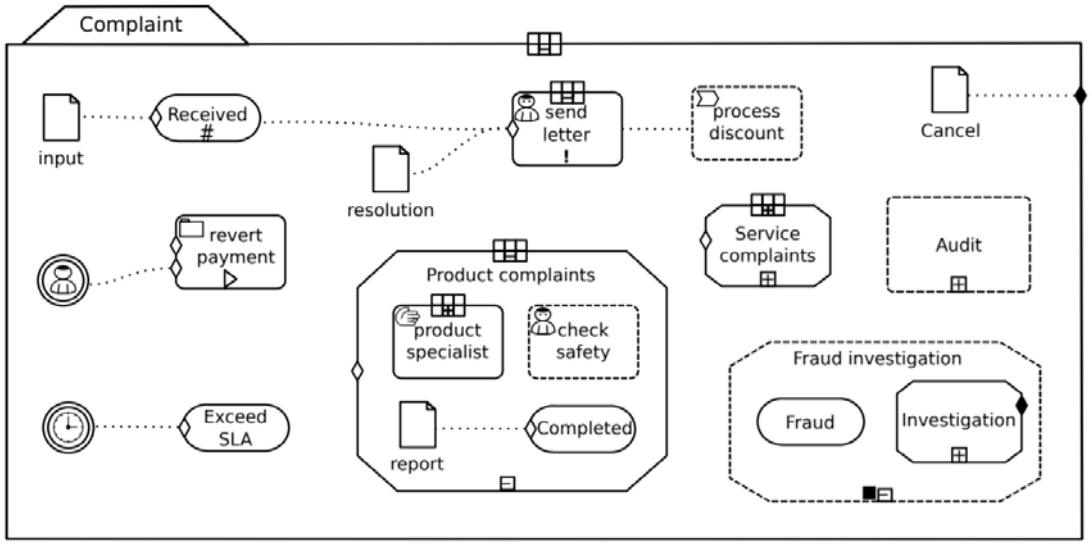


fig. 26: Exemple de cas CMMN : gestion des plaintes

Un aspect des plaintes est la différenciation entre une plainte concernant un produit et une plainte concernant un service, qui doit donc être modélisée séparément. C'est la raison pour laquelle les étapes *Product Complaints* et *Service Complaints* sont présentes. Si l'on considère le cas d'une plainte concernant un produit, on remarque immédiatement la présence d'un tableau de planification qui permet l'intégration d'un élément discrétionnaire par un *Case*

Worker. À l'intérieur *se* trouve la tâche humaine non bloquante *Product Specialist*. Cette tâche est accomplie par un travailleur qui doit compiler un rapport, mais il n'est pas nécessaire d'attendre qu'elle soit terminée pour exécuter d'autres tâches. Dans tous les cas, l'achèvement du rapport permet à l'étape d'être définie comme terminée par le jalon *Completed*.

On peut également voir que la tâche *Revert Payment* contient le décorateur d'Activation Manuel pour indiquer que la tâche doit être lancée manuellement par un travailleur. On peut aussi noter que la tâche contient deux critères d'entrée en OR entre eux. L'un des deux critères d'entrée est indéfini, on ne le connait donc pas, tandis que l'autre condition est une écouter d'événement humain, c'est-à-dire la possibilité pour un travailleur de lancer la tâche manuellement. Le *case* peut se terminer prématurément lorsque le document d'annulation est défini et que les critères de sortie sont satisfaits. Il est important de se rappeler qu'il n'y a pas d'ordre d'exécution dans CMMN, chaque tâche peut être exécutée en parallèle avec d'autres et la gestion de celles-ci est confiée aux travailleurs travaillant sur le case.

Decision Model and Notation

Decision Model and Notation (DMN) est le troisième langage de modélisation développé par l'OMG (10). L'objectif principal de DMN est de définir une notation commune pour la compréhension, la gestion et le suivi des décisions dans les processus métier (*Business Process*). En fait, la notation DMN est conçue pour être utilisée conjointement avec la notation BPMN pour la modélisation des processus. Ainsi, l'intention de DMN est de fournir les éléments nécessaires pour modéliser les décisions, afin que la prise de décision organisationnelle puisse être définie avec précision par les analystes et représentée dans des diagrammes.

La prise de décision est abordée sous deux angles différents dans les normes de modélisation existantes :

1. Modèles de processus d'entreprise (BPMN) qui peuvent décrire la coordination de la prise de décision au sein des processus d'entreprise en définissant les tâches ou les activités où la prise de décision a lieu ;
2. La logique de décision (PRR, PMML) peut définir la logique utilisée pour prendre des décisions individuelles, par exemple des rôles commerciaux, des tables de décision ou des modèles analytiques exécutables.

Cependant, un certain nombre ont observé que la prise de décision a une structure interne qui n'est pas commodément capturée dans l'une ou l'autre de ces perspectives de modélisation. L’intention est que DMN fournisse une troisième perspective - le diagramme des exigences de décision DRD (*Decision Requirement Diagram*)- formant un pont entre les modèles de processus d'affaires et les modèles de logique de décision.

Alors que les modèles de processus d'affaires définissent les tâches dans les processus d'affaires où la prise de décision est nécessaire, les diagrammes d'exigences de décision (DRD) définissent les décisions à prendre dans ces tâches, leurs interrelations et leurs exigences en matière de logique de décision.

La logique décisionnelle définira les décisions requises de manière suffisamment détaillée pour permettre la validation et/ou l'automatisation. Pris ensemble, les diagrammes d'exigences décisionnelles et la logique décisionnelle peuvent fournir un modèle décisionnel qui complète un modèle de processus métier en spécifiant en détail la prise de décision effectuée dans les tâches du processus.

Concepts de base

Le mot décision a deux définitions dans l'usage courant : il peut désigner l'acte de choisir parmi plusieurs options possibles, ou bien l'option qui est choisie. Dans cette spécification, on considère le premier usage: une décision est l'acte de déterminer une valeur de sortie (l'option choisie), à partir d'un certain nombre de valeurs d'entrée, en utilisant une logique définissant comment la sortie est déterminée à partir des entrées. Cette logique de décision peut inclure un ou plusieurs modèles de connaissance métier (*Business Knowledge*) qui encapsulent le savoir-faire métier (*Business Know-How*) sous la forme de règles métier (*Business Rule*), de modèles analytiques ou d'autres formalismes. Cette structure de base, à partir de laquelle tous les modèles de décision sont construits, est illustrée à la fig. 27

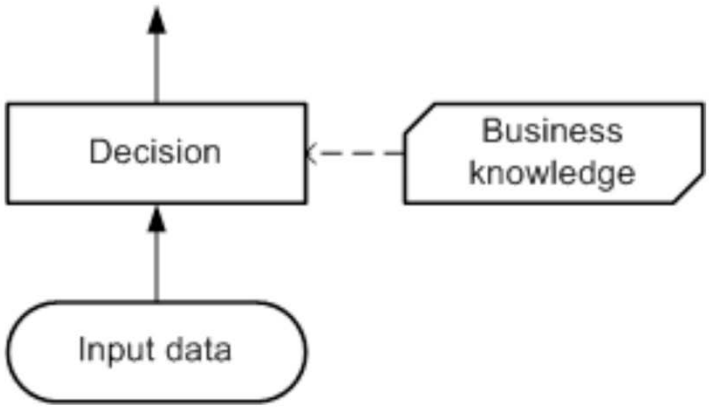


fig. 27: Éléments de base d'un modèle de décision

Le DMN n'exige pas que chaque décision soit associée à un seul modèle de connaissance. L'utilisation de modèles de connaissances métier pour encapsuler la logique de décision est une question de style et de méthodologie, et les décisions peuvent être modélisées sans modèles de connaissances métier associés, ou avec plusieurs. Comme pour les modèles de connaissances métier, les services de décision (*Decision Service*) peuvent également être utilisés pour encapsuler la logique de décision afin de la réutiliser dans le modèle de décision.

Des autorités peuvent être définies pour les décisions ou les modèles de connaissance métier, qui peuvent être, par exemple, des experts du domaine responsables de leur définition ou de leur maintenance, ou des documents sources à partir desquels les modèles de connaissance métier sont dérivés, ou des ensembles de cas de test avec lesquels les décisions doivent être cohérentes. Ces éléments sont appelés sources de connaissances (voir fig. 28).

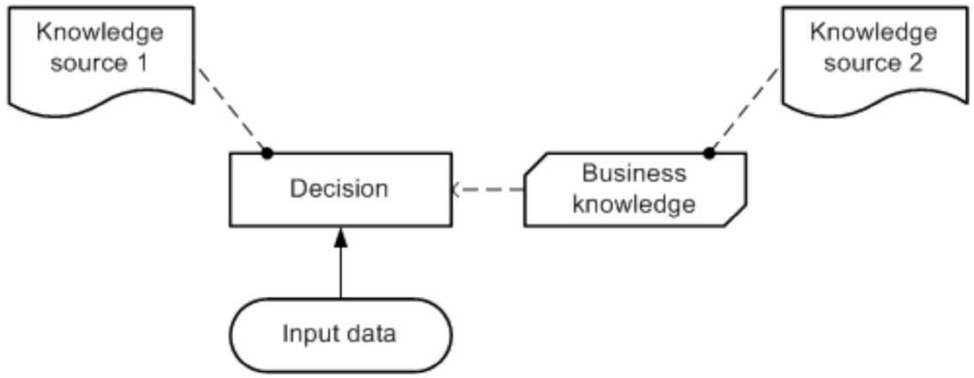


fig. 28: Source de connaissence

On dit d'une décision qu'elle "exige" ses entrées pour déterminer sa sortie. Les entrées peuvent être des données d'entrée ou les résultats d'autres décisions. (Dans les deux cas, il peut s'agir de structures de données, plutôt que de simples éléments de données). Si les entrées d'une décision *Decision1* incluent la sortie d'une autre décision *Decision2*, *Decision1* "exige" *Decision2*. Les décisions peuvent donc être connectées dans un réseau appelé *Decision Requirements Graph* (DRG), qui peut être dessiné comme un *Decision Requirements Diagram* (DRD). Un DRD montre comment un ensemble de

décisions dépendent les unes des autres, des données d'entrée et des modèles de connaissances métier. La fig. 29 présente un exemple simple de DRD avec seulement deux décisions.

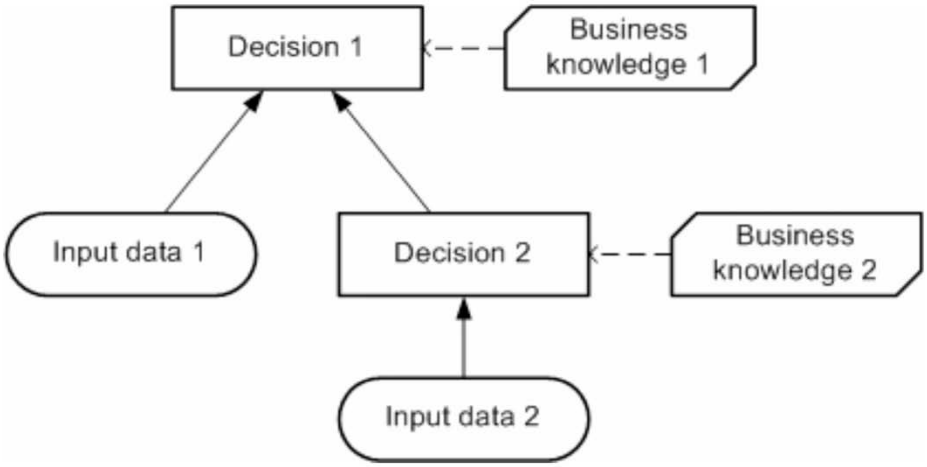


fig. 29: Un simple diagramme DRD

Une décision peut nécessiter plusieurs modèles de connaissances métier, et un modèle de connaissances métier peut nécessiter plusieurs autres modèles de connaissances métier, comme le montre la fig. 30. Cela permettra (par exemple) de modéliser une logique de décision complexe en combinant divers domaines de connaissance métier, et de fournir des versions alternatives de la logique de décision à utiliser dans différentes situations.

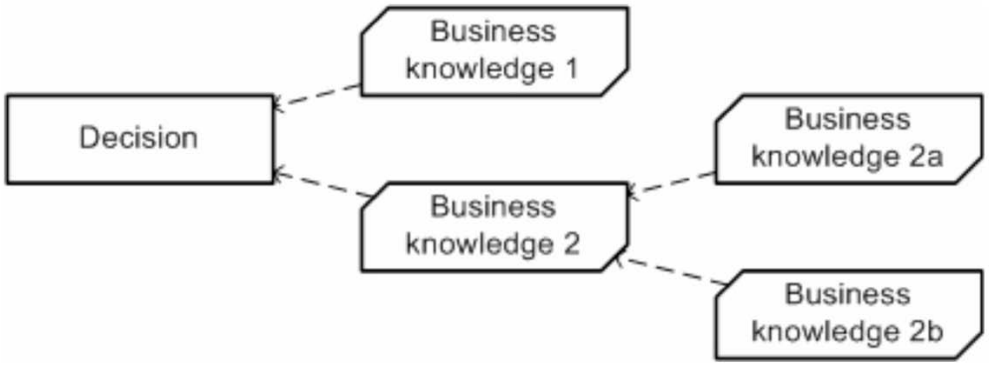


fig. 30: Combiner les modèles de connaissance metièr

Les principaux éléments d'un modèle de décision en DMN consistent donc en un *Decision Requirements Graph* (DRG) représenté dans un ou plusieurs *Decision Requirements Diagram* (DRD).

Un DRG modélise un domaine de processus décisionnel en dècision (*Decision)*, domaines de connaissence metiér (*Business Knowledge)*, sources de connaissence (*Business Knowledge)*, données d'entrée (*input data*) et service de dècision (*Decision Service)* :

- L'élément décision (*Decision)* indique l'action de déterminer une sortie à partir d'un certain nombre de données d'entrée, en utilisant une logique de décision qui pourrait se référer à un ou plusieurs modèles de connaissence métier (*Business Knowledge)*;
- Le modèle de connaissence métier *(Business Knowledge Model)* désigne une fonction qui encapsule la connaissence métier (*Business Knowledge, Business Rule*, table de décision, modèle analytique) ;
- Une donnée d'entrée désigne l'information utilisée en entrée par un ou plusieurs décisions;
- Une source de connaissance (*Knowledge Source)* désigne une autorité pour un modèle de connaissence métier *(Business Knowledge Model)* ou une *décision* ;
- Un service de décision (*Decision Service)* désigne un ensemble de décisions réutilisables qui peuvent être invoquées en interne ou en externe.

Les dépendances entre ces éléments expriment trois types d'exigences : information (*information)* , connaissance (*knowledge)* et autorité (*authority)* :

1. Une exigence d'information indique les données d'entrée ou les sorties de décision utilisées comme données d'entrée pour une décision;
2. Une exigence de connaissance indique l'invocation d'un modèle de connaissence métier *(Business Knowledge Model)* ou d'un service de décision (*Decision Service)* par la logique de décision d'une dé*cision* ;

3. Une exigence d’ autorité indique la dépendance d'un élément DRG par rapport à un autre élément DRG qui agit comme une source d'orientation ou de connaissances.

Il existe une variante dans la représentation des données d'entrée, très utile lorsque le DRD est très grand ou complexe, dans laquelle les données d'entrée ne sont pas incluses en tant qu'éléments de notation séparés dans le DRD, mais rapportées dans une liste au sein des éléments *Decision* qui requièrent ces données d'entrée. Les éléments sont reliés entre eux par des connecteurs qui expriment la dépendance d'un élément par rapport à un autre et qui sont signalés avec leur description (fig. 31). La notation de tous les composants d'un DRD est résumée dans ce qui suit.

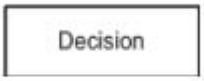
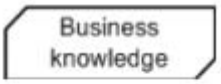
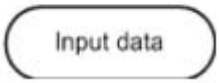
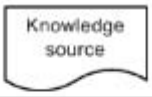
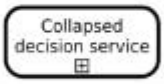
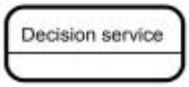
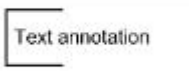
Composant		Description	Notation
Elèment	Decision	Une Decision désigne l'action de déterminer une sortie à partir d'un certain nombre d'entrées, en utilisant une logique de décision qui peut faire référence à un ou plusieurs modèles de connaissances métier (Business Knowledge Model)	
	Business Knowledge Model	Un modèle de connaissances métier (Business Knowledge Model) définit une fonction qui encapsule les connaissances métier (Business Knowledge), par exemple sous la forme de règles métier Business Rules), d'une table de décision ou d'un modèle analytique.	
	Input Data	Un élément de données d'entrée dénote l'information utilisée comme entrée par une ou plusieurs Decision. Lorsqu'il est inclus dans un modèle de connaissance metier (Business Knowledge Model), il désigne les paramètres du modèle de connaissance.	
	Knowledge Source	Une source de connaissances métier (Business Knowledge Source) désigne an autorité pour une décision ou un modèle de connaissances métier (Business Knowledge Model)	
	Decision Service (collapsed)	Un service de décision compressé (Decision Service collapsed) dénote un ensemble de décisions réutilisables qui peuvent être cachées.	
	Decision Service (expanded)	Un service de décision élargi (Decision Service expanded) peut contenir un ensemble de décisions réutilisables qui peuvent être invoquées en interne par une autre Decision ou en externe, par exemple par un processus BPMN	
Requirement (Exigence)	Information	Une exigence d'information désigne des données d'entrée ou un résultat d'une décision utilisé comme l'une des entrées d'une autre décision	
	Knowledge	Une exigence de connaissance (Knowledge) désigne l'invocation d'un modèle de connaissance métier (Business Knowledge Model)	
	Authority	Une exigence d'autorité (Authority) dénote la dépendance d'un élément de DRD par rapport à un autre élément de DRD qui agit comme une source de conseils ou de connaissance (Knowledge)	
Artefacts	Text Annotation	Une annotation de texte (Text Annotation) consiste en un crochet suivie d'un texte explicatif ou d'un commentaire saisi par le modélisateur	
	Association	Un connecteur d'association relie une annotation de texte à l'élément de DRG qu'elle explique ou commente.	

fig. 31: Éléments de la notation DMN

Les exigences en matière d'information (*Information Requirement)* peuvent être tracées à partir d'éléments de données d'entrée vers une décision, ou d'une décision vers d'autres décisions. Ils rendent explicite la dépendance

d'une décision à l'égard des informations d'entrée ou du résultat d'autres décisions. L'exigence d'information d'un DRG valide forme un graphe acyclique orienté.

Les exigences en matière de connaissances (*Knowledge Requirement)* peuvent être tracées à partir d'éléments invocables soi un modèle de connaissances métier (*Business Knowledge Model)* ou service de décision (*Decision Service*) vers une décision ou un modèle de connaissances métier. Ils représentent l'invocation d'un élément pour produire une décision.

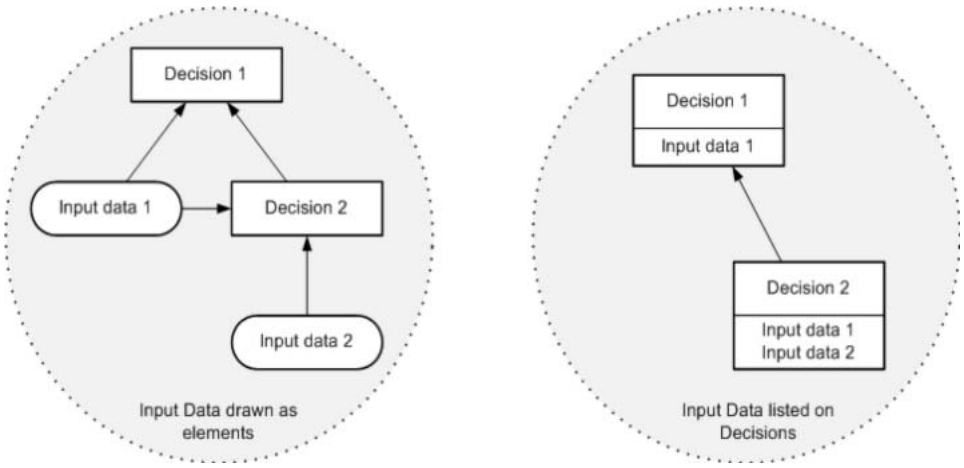


fig. 32: Façons de décrire les exigences de autorité

Les exigences en matière d'autorité *(Authority Requirement)* peuvent être représentées de deux manières, par leur représentation graphique ou sous forme de liste attachée aux éléments auxquels elles se réfèrent (fig. 32). Ils peuvent être tracés d'une source de connaissances *(Knowledge Source)* à une décision, à un modèle de connaissances métier *(Business Knowledge)* ou à d'autres sources de connaissances, où ils représentent la dépendance de l'élément DRD à la source de connaissances.

Les exigences d'autorité peuvent être utilisées pour affirmer qu'un ensemble de rôles doit nécessairement être conforme à un document publié, ou qu'une personne ou un groupe organisationnel spécifique est responsable de la définition d'une certaine logique de décision, ou qu'une décision est gérée par une personne ou un groupe. Un exemple est présenté à la fig. 33.

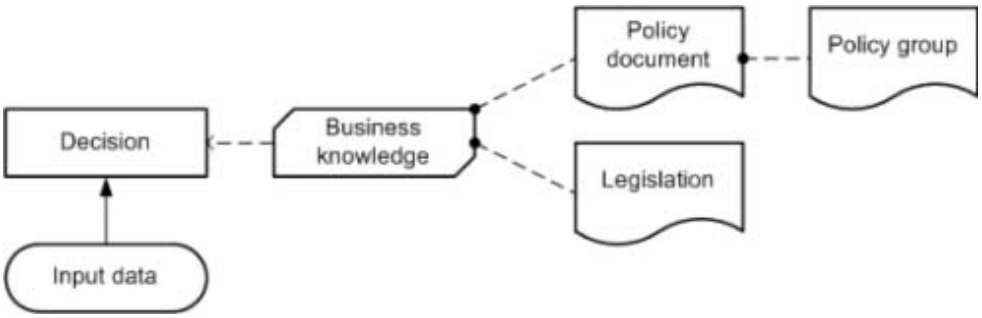


fig. 33: Exemple d'exigence d'autorité

Dans ce cas, la connaissence metiér (*Business Knowledge)* nécessite deux sources d'autorité - un document de politique et une législation - et le document de politique nécessite l'autorité d'un groupe de politique.

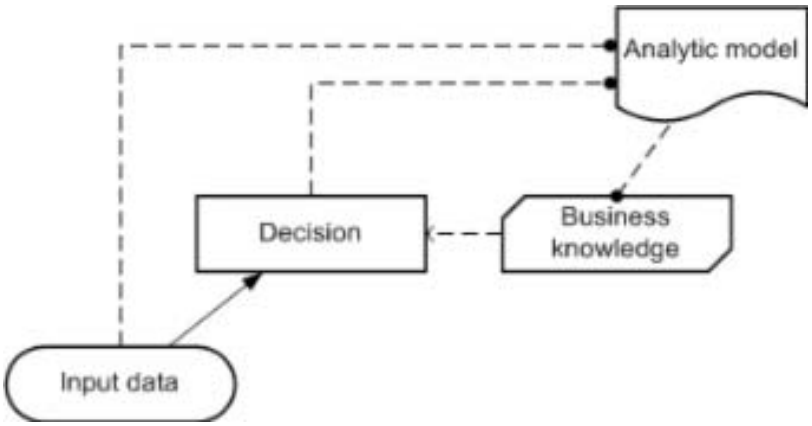


fig. 34: Dépendance d'une source de connaissances par rapport à un modèle analytique

Un autre mode implique la dépendance d'une source de connaissances par rapport aux données d'entrée et à la décision. La source de connaissances représente généralement le modèle d'analyse (ou le processus de modélisation). Le modèle de connaissances métier représente la logique exécutable générée par ou dépendant du modèle. Un exemple de cette utilisation est illustré à la (fig. 34). Dans ce cas, un modèle de connaissance métier est basé sur un modèle analytique qui dépend d'une donnée d'entrée et du résultat d'une décision.

Il existe cependant de nombreuses autres utilisations possibles de l'exigence d'autorité (puisque la source de connaissances et l'exigence d'autorité n'ont pas de sémantique d'exécution).

Les règles qui régissent les manières autorisées de connecter les éléments avec les exigences dans un DRD décrit jusqu'à présent, sont résumées dans le tableau in fig. 35:

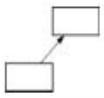
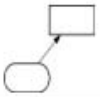
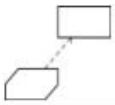
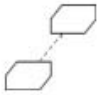
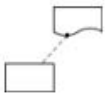
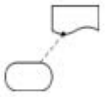
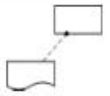
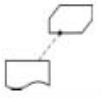
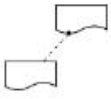
Exigence	De	A (requis par)	Diagramme
Information	Décision *(Decision)*	Décision *(Decision)*	
	Donnée d'entrée (input data)	Décision *(Decision)*	
Connaissance (Knowledge)	Modèle de connassance mètier (Business Knowledge Model)	Décision *(Decision)*	
		Modèle de connassance mètier (Business Knowledge Model)	
	Service de dècision (Decision Service)	Décision *(Decision)*	
Autoritè (Authority)	Décision *(Decision)*	Source de connaissances (Knowledge Source)	
	Service de dècision (Decision Service)	Source de connaissances (Knowledge Source)	
	Donnée d'entrée (input data)	Source de connaissances (Knowledge Source)	
	Source de connaissances (Knowledge Source)	Décision *(Decision)*	
	Source de connaissances (Knowledge Source)	Modèle de connassance mètier (Business Knowledge Model)	
	Source de connaissances (Knowledge Source)	Source de connaissances (Knowledge Source)	

fig. 35: Dépendances possibles entre les éléments DMN et leurs représentations graphiques

Niveau de logique de décision

Les composants du niveau des exigences décisionnelles d'un modèle décisionnel peuvent être décrits en utilisant uniquement des concepts du métier. Ce niveau de description est souvent suffisant pour l'analyse d'un domaine de décision, pour identifier les décisions impliquées, leurs interrelations, les domaines de connaissances et les données requises par celles-ci, et les sources de connaissances. En utilisant la logique décisionnelle, les mêmes composants peuvent être spécifiés de manière plus détaillée, pour capturer un ensemble complet de règles et de calculs et (si on le souhaite) pour permettre l'automatisation complète de la prise de décision. La logique décisionnelle peut également fournir des informations supplémentaires sur la manière d'afficher les éléments du modèle décisionnel. Par exemple, l'élément de logique décisionnelle pour une table de décision peut spécifier s'il faut afficher les règles sous forme de lignes ou de colonnes. L'élément de logique décisionnelle pour un calcul peut spécifier s'il faut aligner les termes verticalement ou horizontalement. La correspondance entre les concepts au niveau des exigences de décision et au niveau de la logique de décision est décrite ci-dessous.

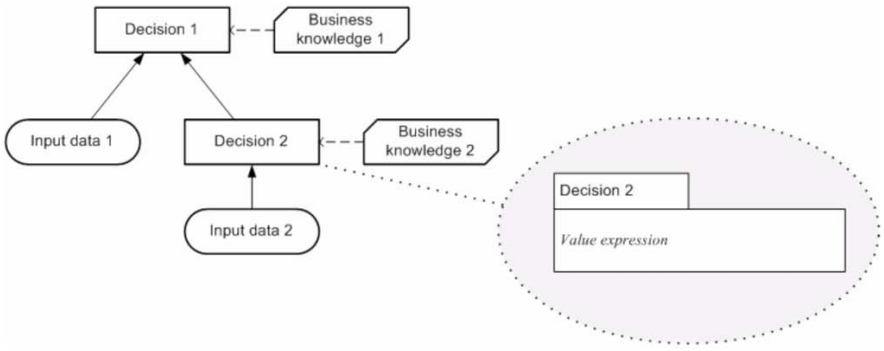


fig. 36: Décision et expression de la valeur correspondante

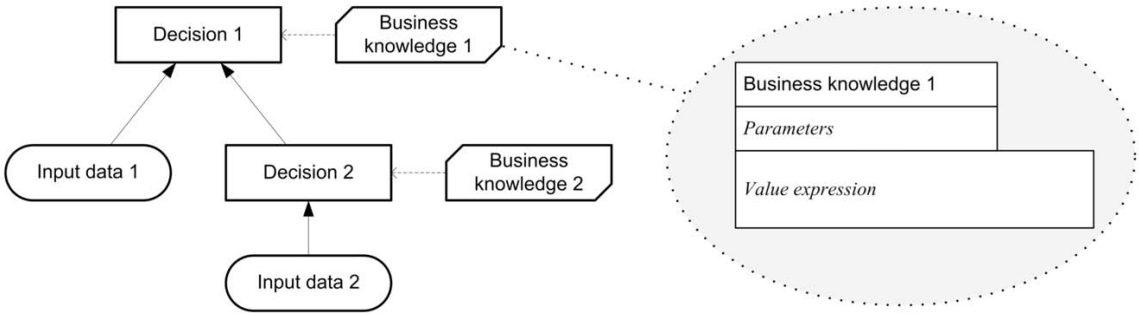


fig. 37: Modèle de connaissance métier et expression de valeur correspondante

On peut noter que dans les fig. 37 et fig. 37, les ellipses grises et les lignes en pointillé sont dessinées uniquement pour indiquer les correspondances entre les concepts des différents niveaux aux fins de cette introduction. Ils ne font pas partie de la notation de DMN. Il est envisagé que les implémentations fournissent des facilités pour passer d'un niveau de modélisation à un autre, comme "ouvrir", "descendre" ou "zoomer", mais DMN ne spécifie pas comment cela doit être fait.

Un modèle de connaissance métier peut contenir toute logique de décision pouvant être représentée comme une fonction. Cela permet d'importer dans DMN de nombreuses normes de modélisation de la logique décisionnelle (par exemple, pour les règles métier et les modèles analytiques). Un format important de connaissance métier, spécifiquement supporté par DMN, est la table de décision. Un tel modèle de connaissance métier peut être noté à l'aide d'une table de décision, comme le montre la fig. 38.

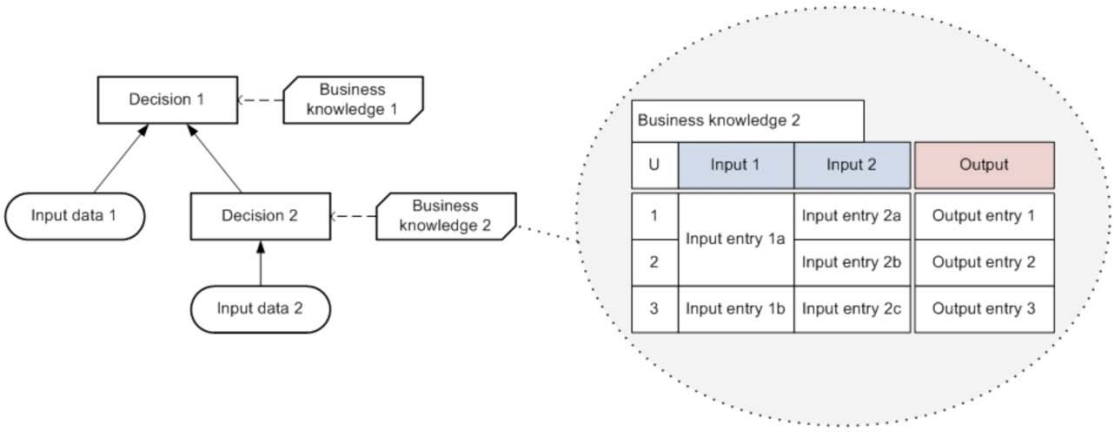


fig. 38: Modèle de connaissance metiér et table de décision correspondante

Une table de décision est une représentation tabulaire d'un ensemble d'expressions d'entrée et de sortie, organisées en règles qui indiquent la sortie

à appliquer pour un ensemble spécifique d'entrées. La table de décision doit contenir toutes (et uniquement) les entrées nécessaires pour déterminer la sortie. En outre, un tableau complet contient toutes les combinaisons possibles de valeurs d'entrée. Une table de décision se compose de :

- un nom informatif pour l'objet. Il s'agit généralement du nom du modèle de décision ou de connaissance métier pour lequel la table de décision fournit une logique de décision ;
- une liste de clauses d'entrée (zéro ou plus). Chaque clause consiste en une expression et des valeurs autorisées pour cette entrée ;
- une liste de clauses de sortie (une ou plusieurs). Chaque clause consiste en un nom et des valeurs optionnelles autorisées pour la sortie. Une clause de sortie unique n'a pas de nom. Deux clauses de sortie ou plus décrivent une table de décision qui renvoie un contexte pour chaque association avec une entrée pour chaque clause de sortie ;
- un ensemble de sorties (une ou plusieurs). Une sortie unique n'a pas de nom mais seulement une valeur. Deux sorties ou plus sont appelées composants de sortie ;
- une liste de clauses de notation (zéro ou plus). Chaque clause de notation est constituée d'un nom ;
- une liste de règles (une ou plusieurs) en lignes ou en colonnes du tableau (selon l'orientation du tableau), où chaque règle consiste en une entrée spécifique, une sortie et une notation facultative des règles de la ligne (ou de la colonne).

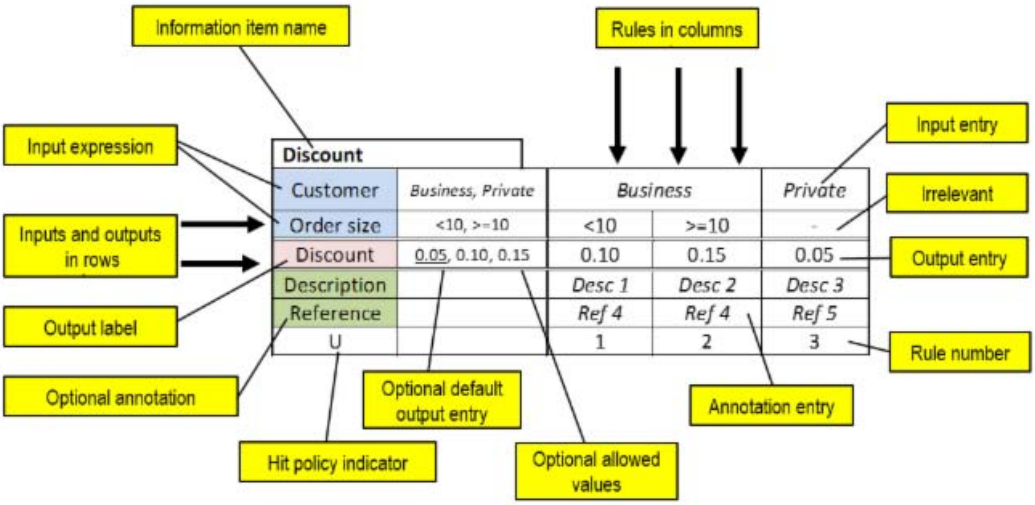


fig. 39: Exemple d'une table de décision horizontale (rules as rows)

La table de décision de la fig. 39 montre les règles avec une notation abrégée qui est donnée dans les cellules de la table. Cette notation montre toutes les entrées dans le même ordre pour chaque règle et présente donc des avantages pour la lisibilité et la vérification des données.

Customer	OrderSize	Discount
Business	<10	0.10

fig. 40: Clause exprimant la valeur de la remise

Par exemple, le table in fig. 40 se lit comme suit :

If Customer = "Business" and OrderSize < 10 then Discount = 0.10

En général, elle s'exprime comme suit :

input expression 1	input expression 2	Output label
input entry a	input entry b	output entry c

fig. 41: Clauses d'entrée et de sortie

Dans le tableau in fig. 41, on peut voir une double ligne entre les clauses d'entrée et de sortie et entre les clauses de sortie et de notation, ce qui est dû au fait que le style de ligne est normé. Tous les autres sont séparés par une seule ligne. Une table de décision peut être représentée à la fois horizontalement (règles en lignes) comme dans le table in fig. 42, et verticalement (règles en colonnes) comme dans le table in fig. 43 ou en tableau croisé (règles composées d'une entrée en deux dimensions comme dans le table in fig. 44.

Discount				
U	Customer	OrderSize	Delivery	Discount
	Business, Private, Government	<10, >=10	*sameday, slow*	0, 0.05, 0.10, 0.15
1	*Business*	<10	-	0.05
2		>=10	-	0.10
3	*Private*	-	*sameday*	0
4			*slow*	0.05
5	*Government*	-	-	0.15

fig. 42: Table de décision horizontale (rules as columns)

Discount						
Customer	*Business, Private, Government*	*Business*		*Private*		*Government*
Ordersize	<10, >=10	<10	>=10	-		-
Delivery	*sameday, slow*	-	-	*sameday*	*slow*	-
Discount	0, 0.05, 0.10, 0.15	0.05	0.10	0	0.05	0.15
U		1	2	3	4	5

fig. 43: Table de décision verticale (rules as rows)

Discount				
Discount		Customer		
		Business	*Private*	*Government*
Ordersize	<10	0.05	0	0.15
	>=10	0.10	0	0.15

fig. 44: Table de décision croisé (crosstab)

information item name				
H	input expression 1	input expression 2	output label	
			output component 1	output component 2
	input value 1a, input value 1b	input value 2a, input value 2b	output value 1a, output value 1b	output value 2a, output value 2b
1	input entry 1a	input entry 2a	output entry 1.1	output entry 2.1
2		input entry 2b	output entry 1.2	output entry 2.2
3	input entry 1b	-	output entry 1.3	output entry 2.3

fig. 45: tabella decisionale con output composto

La table de décision peut également présenter une sortie composée (fig. 45). Dans les tableaux orientés verticalement (règles en colonnes) avec un seul nom de sortie (qui est équivalent au nom informatif de l'objet), une notation abrégée peut être utilisée pour indiquer : les valeurs de sortie approuvées ('X') ou non approuvées ('-'), comme c'est la pratique courante dans les tableaux de décision (fig. 46).

Applicant Risk Rating					
Applicant Age	< 25		[25..60]	> 60	
Medical History	*good*	*bad*	-	*good*	*bad*
Low	X	-	-	-	-
Medium	-	X	X	X	-
High	-	-	-	-	X
U	1	2	3	4	5

fig. 46: Notation abrégée pour les tableaux verticaux

Une table de décision comporte normalement de nombreuses règles et, normalement, les règles ne doivent pas avoir des ensembles d'entrées qui se chevauchent. D'autre part, si les règles ont des ensembles d'entrées qui se chevauchent, cela signifie qu'un ensemble donné de valeurs d'entrée peut vérifier plus d'une règle et produire des valeurs de sortie différentes. Dans ce cas, un indicateur de politique de succès *(hit policy)* est nécessaire pour comprendre la logique de décision sans ambiguïté.

La politique d'occurrences (*hit policy*) peut être utilisée pour vérifier l'exactitude pendant la conception. Le caractère initial définit le type de politique

de succès dans la table (*Unique, Any, Priority, First, Collect, Output order et Rule order*) indiqué par l'initiale du type. Les tableaux dans crosstab n'ont pas d'indicateurs et sont toujours *Uniques*. Par défaut, la politique d'occurrences est *Unique*, ce qui indique l'absence de chevauchement entre les règles. Les politiques d'accès peuvent être à accès unique ou multiple *(single hit e multiple hit)*.

Les politiques de succès pour les tables de décision à sortie unique sont les suivantes :

- *Unique* : aucun chevauchement n'est autorisé et toutes les règles sont disjointes. Une seule règle peut être validée ;
- *Any* (n'importe laquelle) : il peut y avoir un chevauchement et toute règle valide peut être sélectionnée. Si les entrées de sortie ne sont pas égales, la politique d'accès est erronée et le résultat est indéfini ;
- *First* (la première) : différentes règles peuvent se chevaucher avec différentes entrées de sortie. Renvoie la première association dans l'ordre des règles. Elle est couramment utilisée car elle résout les incohérences en forçant la première association. Malgré cela, les tableaux avec *First* ne sont pas considérés comme une bonne pratique car ils ne donnent pas un aperçu clair de la logique de décision. Il est important de bien formuler ce type de tableau car le sens dépend de l'ordre des règles. La dernière règle est souvent la règle de rattrapage, c'est-à-dire qu'elle inclut tous les cas qui restent non couverts par les règles précédentes. En raison de cet ordre, le tableau est difficile à vérifier manuellement et doit donc être utilisé avec prudence.

Les politiques de succès pour les tables de décision à sorties multiples sont les suivantes :

- *Ordre de sortie* : renvoie chaque association dans l'ordre décroissant de priorité de sortie. Les priorités de sortie sont spécifiées par ordre décroissant dans la liste triée des valeurs de sortie.
- *Ordre des règles* : renvoie chaque association en fonction de l'ordre dans lequel les règles sont exprimées. Remarque : la signification peut dépendre de la séquence des règles.
- *Collect* : renvoie chaque association dans un ordre arbitraire. Un opérateur ('+', '<', '>', '#') peut être ajouté pour appliquer une fonction simple aux sorties. S'il n'y a pas d'opérateurs, le résultat est une liste de tous les éléments de sortie.

Les opérateurs de la politique de succès Collect sont les suivants :

+ (somme) : Le résultat de la table de décision est la somme de toutes les sorties.
< (min) : Le résultat de la table de décision est la plus petite valeur de toutes les sorties.
> (max) : Le résultat de la table de décision est la plus grande valeur de toutes les sorties.
(count) : Le résultat de la table de décision est le nombre de sorties.

D'autres politiques, telles que des manipulations plus complexes sur les sorties, peuvent être réalisées en post-traitant la liste des sorties.

Services de décision

Un service de décision définit une logique réutilisable dans le modèle de décision. Un service de décision expose une ou plusieurs décisions d'un modèle de décision comme un élément réutilisable, un service, qui peut être consommé (par exemple) en interne par une autre décision du modèle de décision, ou en externe par une tâche dans un modèle de processus BPMN. Lorsque le service

est appelé avec les données d'entrée et les résultats de décision nécessaires, il renvoie les sorties des décisions exposées. Tout service de décision encapsulant un modèle de décision DMN sera sans état et n'aura pas d'effets secondaires.

Une utilisation importante de DMN sera de définir la logique de prise de décision à automatiser en utilisant les services de décision. Lorsque le service de décision est invoqué en externe, il peut être implémenté, par exemple, comme un service web. DMN ne spécifie pas comment ces services doivent être mis en œuvre, mais il permet de définir la fonctionnalité d'un service par rapport à un modèle de décision.

Le service de décision doit donc être défini dans un DRD. Lorsqu'il est invoqué en interne à partir d'une décision, le service de décision est invoqué, de manière similaire à un modèle de connaissance métier (*Business Knowledge Model)*, en liant les expressions de la logique de la décision appelante aux paramètres du service de décision invoqué.

On suppose que le client a besoin d'un certain ensemble de décisions à prendre, et que le service est créé pour répondre à cette exigence. La seule fonction du service de décision est de renvoyer les résultats de l'évaluation de cet ensemble de décisions (les "décisions de sortie"). Le service peut recevoir les résultats de décisions évaluées en dehors du service (les "décisions d'entrée"). Le service doit encapsuler non seulement les décisions de sortie mais aussi toutes les décisions du DRG directement ou indirectement requises par les décisions de sortie et qui ne sont pas fournies dans les décisions d'entrée (les "décisions encapsulées").

L'interface du service de décision sera composée de :

- Données d'entrée : instances de toutes les données d'entrée requises par les décisions encapsulées.
- Décisions d'entrée : instances des résultats de toutes les décisions d'entrée.
- Décisions de sortie : les résultats de l'évaluation (au moins) de toutes les décisions de sortie, en utilisant les décisions d'entrée et les données d'entrée fournies.

Lorsque le service est appelé, en fournissant les données d'entrée et les décisions d'entrée, il renvoie les décisions de sortie. Notez que pour définir un service de décision, il suffit de spécifier les décisions de sortie et soit les décisions d'entrée, soit les décisions encapsulées. Les attributs restants (les données d'entrée requises et les décisions encapsulées ou d'entrée qui n'ont pas été spécifiées) peuvent alors être déduits du modèle de décision par rapport auquel le service est défini. Alternativement, si plus d'attributs sont définis que ce qui est strictement nécessaire, ils peuvent être validés par rapport au modèle de décision.

La fig. 47 montre un service de décision défini par rapport à un modèle de décision comprenant trois décisions. Les décisions de sortie de ce service sont {Décision 1}, et il n'y a pas de décisions d'entrée, c'est-à-dire que le service renvoie le résultat de la décision 1 et ne reçoit pas les résultats de décisions externes. Puisque la décision 1 nécessite la décision 2, qui n'est pas fournie au service en entrée, le service doit également encapsuler la décision 2. La décision 3 n'a pas besoin d'être encapsulée. Les décisions encapsulées sont donc {Décision 1, Décision 2}. Le service a besoin des données d'entrée 1 et 2, mais pas des données d'entrée 3.

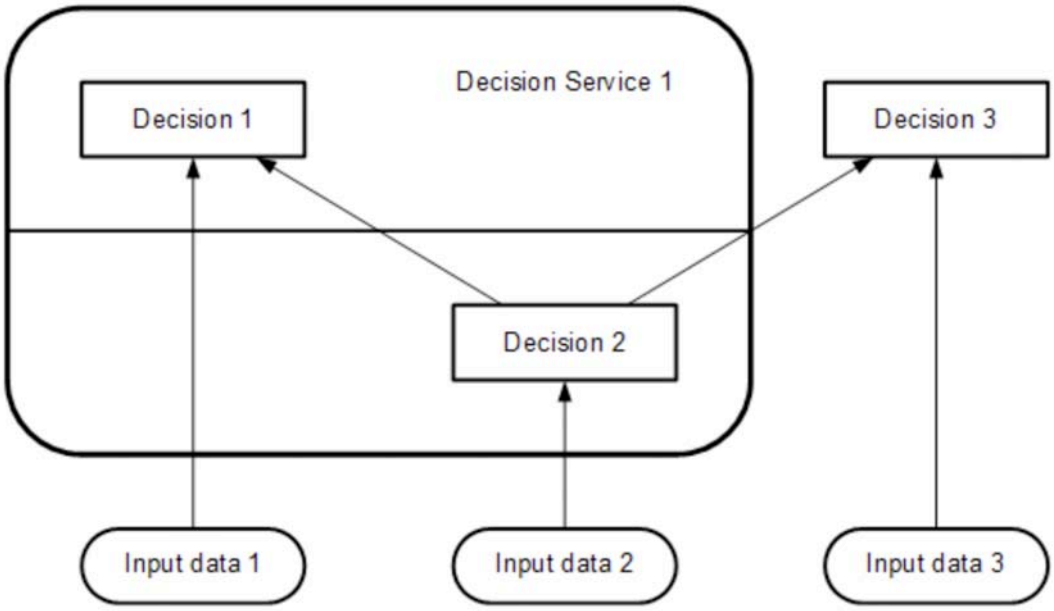


fig. 47: Service de decision (Decision Service)

Plusieurs services de décision peuvent être définis par rapport au même modèle de décision. La fig. 48 montre un service de décision défini par rapport au même modèle de décision, dont les décisions de sortie sont {Décision 1} et les décisions d'entrée {Décision 2}. Les décisions encapsulées pour ce service sont {Décision 1}. Le service requiert les données d'entrée 1, mais pas les données d'entrée 2 ni les données d'entrée 3.

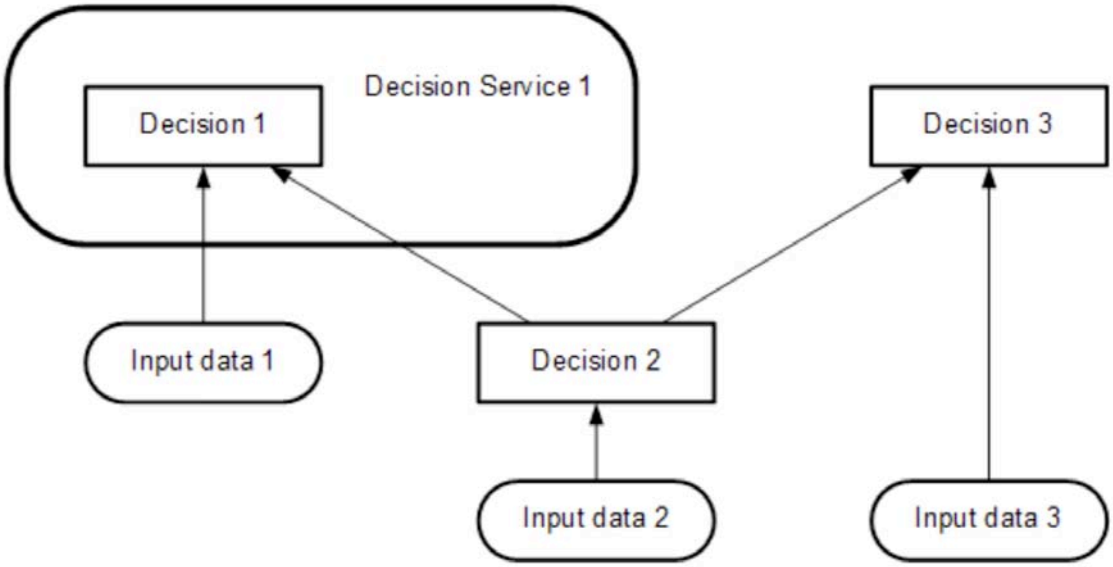


fig. 48: Un service de décision prenant une décision en entrée

Dans sa forme la plus simple, un service de décision évalue toujours toutes les décisions de l'ensemble de sortie et renvoie tous leurs résultats. Pour des raisons d'efficacité informatique, diverses améliorations de cette interprétation de base peuvent être imaginées, par exemple :

- Un paramètre d'entrée facultatif spécifiant une liste de "décisions demandées" (un sous-ensemble de l'ensemble de sortie minimal). Seuls les résultats des décisions demandées seraient retournés dans le contexte de sortie.
- Un paramètre d'entrée facultatif spécifiant une liste de "décisions connues" (un sous-ensemble de l'ensemble d'encapsulation), avec leurs

résultats. Le service de décision n'évalue pas ces décisions, mais utilise directement les valeurs d'entrée fournies.

Tous ces détails de mise en œuvre sont laissés au fournisseur du logiciel.

Un service de décision est "complet" s'il contient une logique de décision pour évaluer toutes les décisions encapsulées sur toutes les valeurs de données d'entrée possibles. Une demande au service est "valide" si des instances sont fournies pour toutes les décisions d'entrée et les données d'entrée requises par ces décisions qui doivent être évaluées, c'est-à-dire (dans le cas simple) toutes les décisions encapsulées, ou (en supposant les paramètres facultatifs ci-dessus) toutes les décisions demandées et leurs sous-décisions requises qui ne sont pas déjà connues.

Exemple de modèle DMN

Un exemple concluant de la manière de définir un modèle DMN est donné (fig. 49). L'exemple est basé sur la décision des boissons à présenter aux invités d'un dîner.

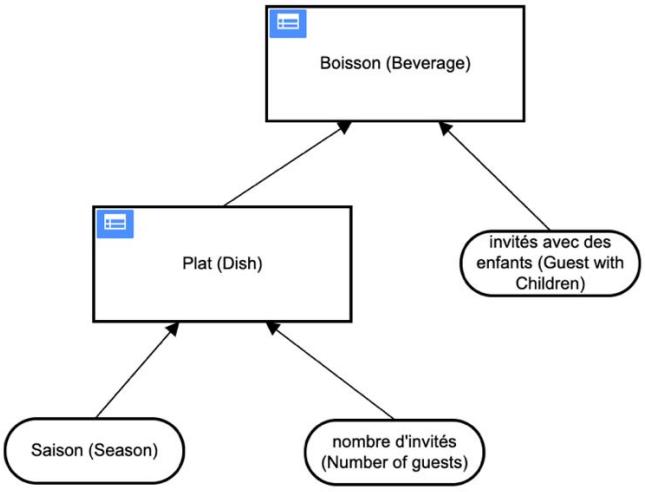


fig. 49: Exemple de modèle DMN

La décision Boisson (*Beverage*) est modélisée dans le DRD de la fig. 50.

Afin de définir les boissons, nous devons disposer d'autres informations telles que le plat (*Dish*) et les invités avec des enfants (*Guests with children ?*). De son côté, *Dish* doit connaître la saison et le nombre d'invités. La table de décision qui modélise ce type de décision est présentée dans le tableau in fig. 50. On peut voir la politique de succès *Collect*, qui définit la possibilité d'avoir autant de sorties que possible puisque plusieurs règles d'entrée peuvent être vraies. Par exemple, si l'entrée fournit *Roastbeef* et *Guests with children* retourne *true*, alors *Water*, *Apple Juice* et *Bordeaux* seront servis.

Beverages

Show details

C	Input +		Output +	Annotation
	Dish	Guests with children	Beverages	
1	"Spareribs"	-	"Aecht Schlenkerla Rauchbier"	Tough Stuff
2	"Stew"	-	"Guinness"	-
3	"Roastbeef"	-	"Bordeaux"	-
4	"Steak", "Dry Aged Gourmet Steak", "Light Salad and a nice Steak"	-	"Pinot Noir"	-
5	-	true	"Apple Juice"	-
6	-	-	"Water"	-
+	-	-	-	-

fig. 50: Table de décision pour les boissons

Intégration de DMN dans d'autres langages de modélisation

Après la présentation des principales caractéristiques du langage DMN, nous présentons un exemple d'intégration d'une table de décision DMN dans des tâches de règles métier BPMN. Considérons l'exemple de la fig. 51. Voici à quoi ressemble le processus de préparation d'un plat en fonction de certaines décisions prises au cours du processus défini entièrement en BPMN. On peut tirer parti du DMN pour simplifier le modèle et réduire le nombre de passerelles en utilisant une tâche de règle de gestion (*business rule task) Decide Dish*, comme le montre la fig. 52.

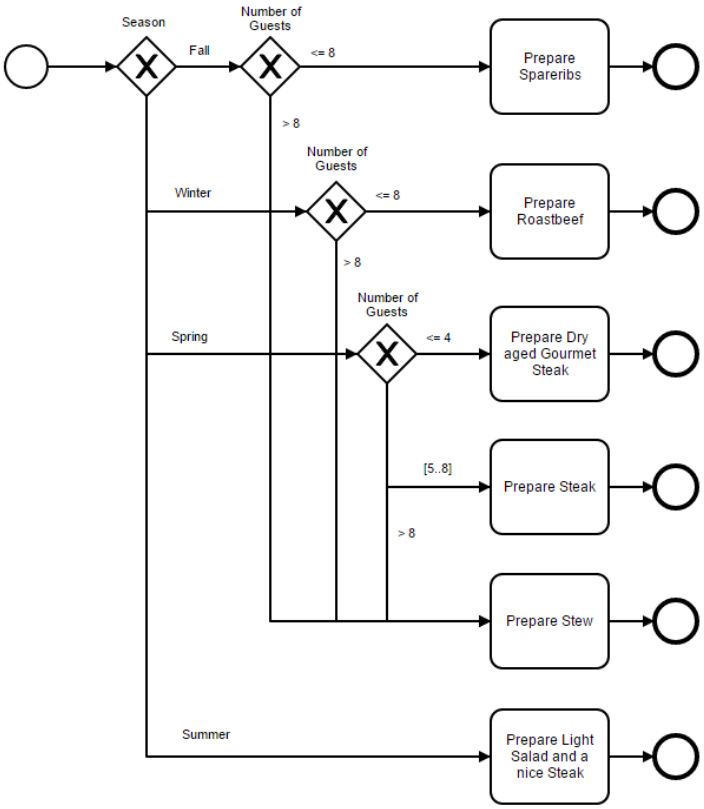


fig. 51: Modèle en BPMN pour la préparation d'un plat

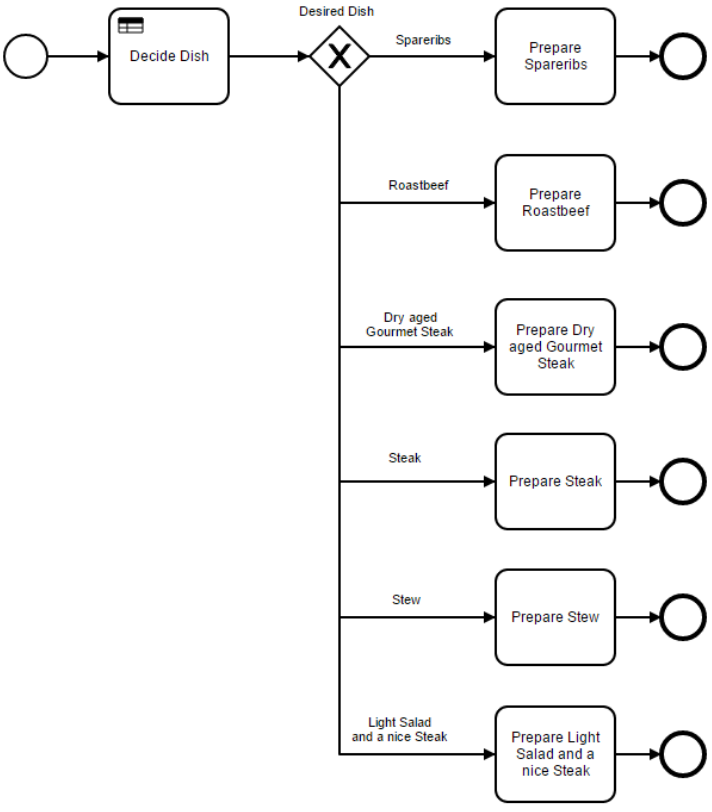


fig. 52: Modèle simplifié pour la préparation d'un plat

Il est clair que pour définir la tâche choisir le plat (*Decide Dish)*, il est nécessaire de définir la table de décision correspondante (fig. 53), et nous avons ici l'intégration de DMN dans le modèle BPMN.

Dish

decision

Hide details

U	Input +		Output +	
	Season	How many guests	Dish	
	season	guestCount	desiredDish	
	string	integer	string	Annotation
1	"Fall"	<= 8	"Spareribs"	-
2	"Winter"	<= 8	"Roastbeef"	-
3	"Spring"	<= 4	"Dry Aged Gourmet Steak"	-
4	"Spring"	[5..8]	"Steak"	Save money
5	"Fall", "Winter", "Spring"	> 8	"Stew"	Less effort
6	"Summer"	-	"Light Salad and a nice Steak"	Hey, why not!?
+	-	-	-	-

fig. 53: Tableau de décision pour la tâche choisir le plat (Decide Dish)

Une intégration peut également exister entre les langages DMN et CMMN pour le *Case Management*. Toujours en utilisant l'exemple précédent, nous pouvons définir un *case* CMMN pour l'organisation d'un dîner sur une terrasse fig. 54.

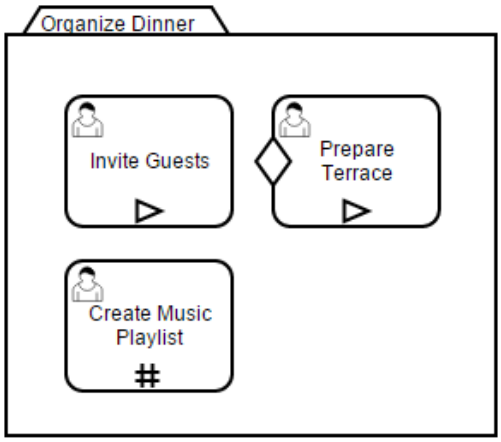


fig. 54: Modèle CMMN pour l'aménagement de la terrasse

Dans cet exemple, le critère d'entrée détermine la décision pour la mise en place de la terrasse et pointe vers une table de décision (voir fig. 55). On peut voir que la politique de succès de cette table n'est pas *Unique*, mais *First*.

Cela signifie que le processus de décision s'arrête dès qu'il trouve la première règle vérifiée et renvoie la sortie sans en chercher d'autres.

Prepare Terrace Show details

F	Input +		Output +	Annotation
	Temperature °C	Rain Propability %	Prepare Terrace?	
1	>= 20	< 50	true	Let's eat outside.
2	< 20	-	false	-
3	-	>= 50	false	-
+	-	-	-	-

fig. 55: Table de décision pour l'aménagement de la terrasse

BPMN vs CMMN

L'Object Management Group (OMG) maintient deux notations pour la modélisation des processus, la Business Process Modeling Notation (BPMN) et la Case Management and Modeling Notation (CMMN). Alors que BPMN s'est imposé pour la modélisation de processus hautement structurés, CMMN est un ajout récent conçu comme une notation complémentaire à BPMN et axé sur les processus à forte intensité de connaissances. Elle suit les concepts de gestion de cas (11) (12). En tant qu'expression de ces concepts, elle fournit des éléments et une sémantique d'exécution différents de ceux de BPMN pour modéliser des processus flexibles. BPMN offre également une structure pour modéliser de tels processus, le *sous-processus ad-hoc*. La question se pose de savoir quelle notation est la mieux adaptée à la modélisation de processus flexibles ou de parties de ceux-ci.

Une comparaison détaillée est fournie par (13) en utilisant comme exemple explicatif la modélisation du processus de conception et de mise sur le marché de composants pour des équipements commerciaux haut de gamme. Dans cette étude, les auteurs ont utilisé une approche impérative et une approche déclarative.

Le processus présente des parties routinières et des parties flexibles. Il peut donc être caractérisée comme un exemple de *Production Case Management* (PCM). Afin de comparer les approches du processus en question, les notations BPMN et CMMN ont été utilisées pour analyser leurs différents degrés de flexibilité. Bien que les résultats ne puissent pas être utilisés pour faire des déclarations généralisées, ils peuvent aider à choisir la norme à utiliser pour modéliser des processus ou des parties de processus nécessitant des pièces flexibles.

Le lancement des nouveaux composants, qu'il s'agisse d'un composant unique tel qu'un relais électrique ou d'une combinaison de composants telle qu'un écran tactile, est gérée par des conceptions. On peut diviser le processus en quatre parties :

1. La mise en place d'un projet;
2. L’approbation ou rejet de celui-ci;
3. La configuration d'une liste de tâches variables à partir d'un pool de tâches par défaut. Les listes de tâches changent en fonction de la famille de composants et du chef de projet qui les configure.
4. Le travail sur les tâches selon six étapes logiques.

Lorsqu'un nouveau projet de composante est approuvé, un responsable de l'approvisionnement en composants établit des tâches pour le projet à partir d'une liste prédéfinie qui sont planifiées, assignées au personnel approprié et notifiées. La liste des tâches pour obtenir un nouveau composant peut donc comporter jusqu'à six étapes:

1. Les développeurs de matériel et le département de construction définissent les spécifications techniques et les exigences de qualité du composant.
2. Sur la base des spécifications et des exigences d'expédition, un appel d'offres est lancé par un acheteur et les documents relatives sont chargés dans un flux de travail dans le système de planification des ressources de l'entreprise (ERP). Une fois que le fournisseur a été choisi, les spécifications de conception sont discutées et synchronisées avec le fournisseur qui devra finalement produire le composant, souvent même en grandes quantités.
3. Un certain nombre de prototypes sont construits ou achetés et examinés en interne.
4. Les spécifications finales sont donc créées et une série A0 est achetée ou produit. La série est échantillonnée et, si nécessaire, une boucle de rétroaction avec le fournisseur est initiée. Les spécifications finales de performance sont créées pour une série B0.
5. La série est échantillonnée comme précédemment.

6. En parallèle, différentes capacités du fournisseur doivent être examinées, telles que la capacité à produire en série, à un taux spécifié et dans le respect des exigences de qualité.

Certaines tâches et évaluations de ce processus de fabrication sont facultatives pour les composants matériels qui figurent déjà dans le catalogue. Cependant, des tests fonctionnels à long terme doivent être effectués sur les nouveau composant. Lorsque la série B0 finale peut être produite conformément aux spécifications de base, la conception est terminée. Si un détail de la spécification change dans une certaine mesure, un grand nombre des étapes et des tâches contenues devront être répétées. Par conséquent, dans ce processus, les travaux partiellement facultatifs et les reprises exigent de la flexibilité.

Modèle BPMN

La fig. 56 montre le sous-processus ad hoc choisi pour soutenir une exécution flexible, par exemple la possibilité de sauter certaines tâches ou de revenir à d'autres. Les structures BPMN régulières et impératives n'offrent pas un tel degré de flexibilité.

Les flux de séquences et les objets de données limitent les tâches disponibles. Ainsi, seules les tâches (*activity*) sans flux d'entrée séquentiels ou liées par des associations de données sont disponibles pour l'exécution et peuvent être déclenchées manuellement. Les dépendances logiques sont exprimées par des flux de séquences, par exemple l'acquisition d'un prototype.

Les tâches essentiellement humaines sont partiellement structurées par des flux de séquences. Une passerelle parallèle est utilisée pour joindre les spécifications créées dans deux sous-processus. Des événements intermédiaires de messages (*Intermediate Message Event*) sont utilisés comme messages de retour pour synchroniser les spécifications avec un fournisseur choisi.

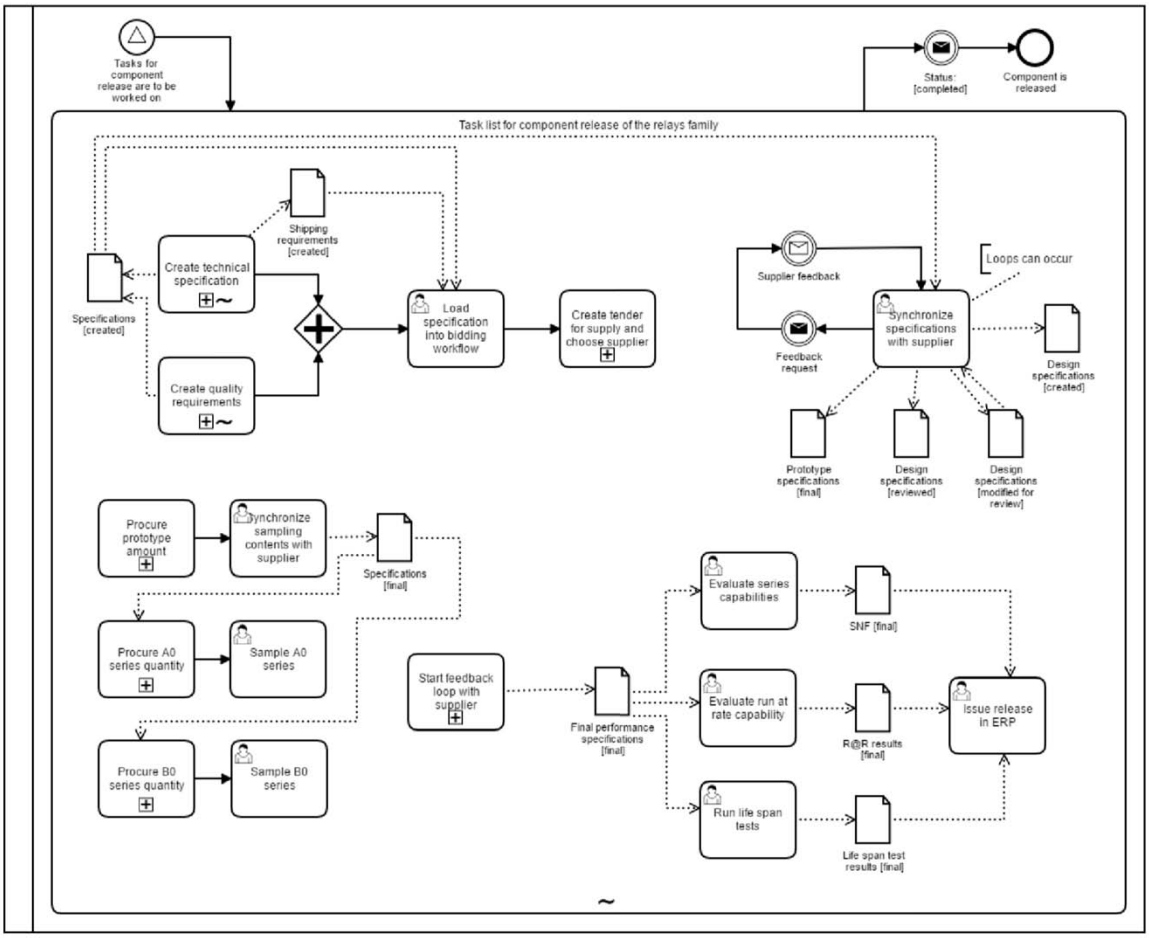


fig. 56: Sous-processus ad hoc partiellement impératif contenant des tâches

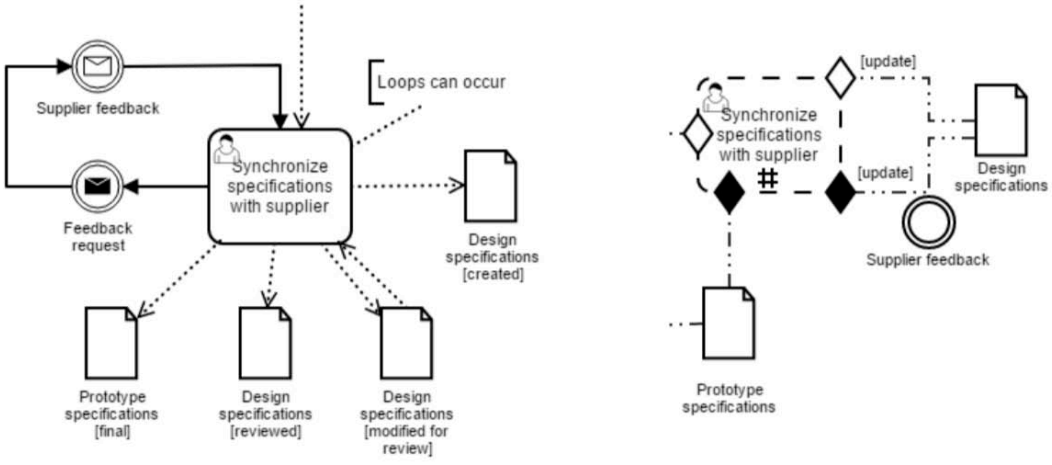


fig. 57: Iterative work on a task to coordinate a final stage of a document in BPMN (left) and CMMN (right)

Le processus s'appuie sur plusieurs objets de données qui sont pour la plupart modélisés avec l'état final. Un exemple plus élaboré de différents états est illustré à la fig. 57 pour la tâche *Syncronize specification with supplier*

(Synchroniser la spécification avec le fournisseur). L'objet de données *Design Specification* (Spécifications de la conception) est représenté dans les états créé, modifié pour révision et révisé. Son état final est implicitement modélisé par l'objet de données *Prototype specifications* (Spécifications du prototype). Le sous-processus effondré *Start feedback loop with supplier* (Démarrer une boucle de rétroaction avec le fournisseur) est obligatoire après l'obtention du prototype et des échantillons de la série A0. Le routage explicite n'est pas utilisé ici afin de le garder flexible et réutilisable. Dans le contexte de la série A0, l'objet de données *Final performance specifications* (Spécifications finales des performances) est créé et utilisé pour les évaluations et les tests.

Les tâches d'évaluation et le test de durée de vie produisent différents objets de données documentant les résultats individuels. En interne, pendant le travail sur les tâches, les objets de données peuvent prendre tous les états mentionnés précédemment avant d'atteindre l'état final. La condition d'achèvement est l'achèvement de la tâche *Issue Release in l'ERP* (Lancement du produit dans l'ERP*)*.

Modèle CMMN

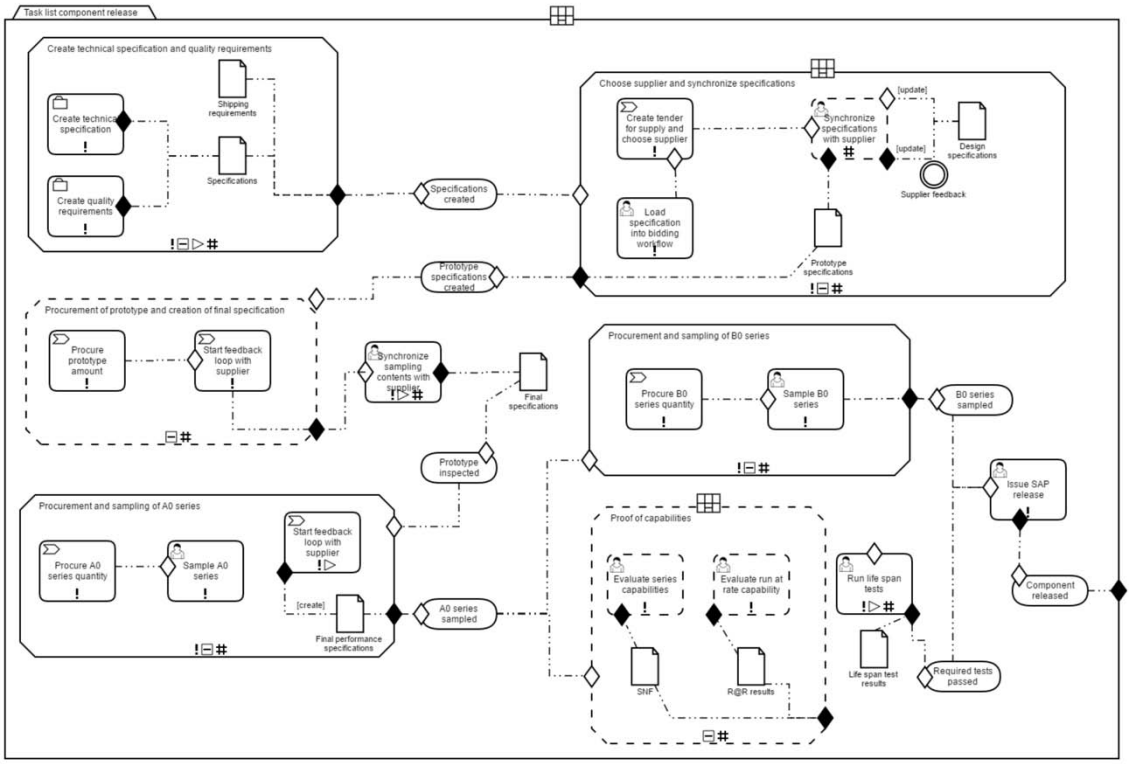


fig. 58: Modèl en CMMN liste de tâches pour le lancement du composant

La fig. 58 montre le modèle en notation CMMN pour le *Case Plan Task list component release* (Lancement du un nouveau composant*)* qui supporte la flexibilité dans sa sémantique. Il contient les six étapes décrites ci-dessus. Les jalons indiquent le statut général et servent de critères d'entrée pour les étapes et les tâches suivantes. Les étapes sont obligatoires, à l'exception de deux étapes discrétionnaires *Procurement of prototype and creation of final specification* (Acquisition d'un prototype et création de la spécification finale*), et Proof of capabilities* (Preuve des capacités*)*. Elles sont également répétables pour permettre de retravailler sur des spécifications modifiées. Le tâche *Issue ERP release* (Lancement du produit dans l'ERP*)* termine le cas et libère le composant pour la production.

L'étape d'entrée *Create technical specification and quality requirements* (Créer des spécifications techniques et des exigences de qualité*)*, qui a été lancée manuellement (voir le décorateur au bas de l'étape de la fig. 58, se

termine par l'achèvement de toutes les tâches qu'elle contient et par la création des spécifications individuelles et des exigences d'expédition. Après la sortie, le jalon *Specifications created* (Spécifications créées*)* est atteint.

L'étape *Choose supplier and synchronize specifications* (Choisir le fournisseur et synchroniser les spécifications*)* contient deux tâches obligatoires et une tâche discrétionnaire répétable pour sélectionner un fournisseur approprié. Une tâche de processus charge les spécifications dans un processus ERP (*Enterprise Resources Planning*). Son achèvement est la création du dossier *Prototype Specification* (Spécifications de conception) et aussi le critère d'entrée pour la tâche *Synchronize sampling content with supplier (*Synchronisations avec le fournisseur).

Un déclencheur d'événement (*event listener*) *Supplier Feedback* (Commentaires des fournisseurs) est utilisé pour modéliser un retour d'information du fournisseur qui met à jour les spécifications de conception et crée une boucle. Une fois les spécifications du prototype créées, la tâche et l'étape sont quittées et le jalon est terminé.

Si elle est planifiée, l'étape *Procurement of prototype and creation of final specification* est activée (Acquisition d'un prototype et création de la spécification finale). Deux tâches de processus obligatoires expriment l'approvisionnement des matériaux du prototype et une boucle exprime la rétroaction. L'étape est achevée lorsque les deux sont terminées.

Une tâche humaine est utilisée pour synchroniser les spécifications avec le fournisseur. Son exécution crée l'élément de dossier *Prototype specifications* (Spécifications du prototype*)* et achève le jalon *Prototype specification created* (Specifications du prototype créé*)*.

L'étape *Procurement and sampling of A0 series* (Approvisionnement et échantillonnage de la série A0*)* est activée. Deux tâches de processus obligatoires expriment l'approvisionnement et une autre boucle exprime la rétroaction, similaire à celle utilisée dans l'étape prototype précédente. Les processus sous-jacents ne sont pas représentés. Le dossier *Final Performance Specification* (Spécifications finales de performances) serve de critère de sortie

de l'étape e de critère d'entrée pour l'achèvement de l'étape et des deux étapes suivantes.

Comme pour l'étape A0, l'étape *Procurement and sampling of B0 series* (Approvisionnement et échantillonnage de la série B0*)* contient une tâche de processus d'approvisionnement obligatoire et une tâche humaine obligatoire pour échantillonner la série. Une fois terminée, l'étape est quittée et le jalon complété.

L'autre étape discrétionnaire, *Proof of capabilities* (Preuve des capacités), contient deux tâches humaines discrétionnaires qui sont obligatoires si elles sont planifiées. Leurs critères de sortie sont les éléments de dossier documentant les résultats de l'évaluation. Leur création est également le critère de sortie de l'étape.

La tâche *Run life span tests* (Effectuer des tests de durée de vie*)*, est en dehors de l'étape discrétionnaire contenant les évaluations, puisqu'elle est obligatoire. Son critère d'entrée est le jalon *A0 series sampled* (Série A0 échantillonnée). Les éléments du dossier *Life span test results* (Résultats des tests de durée de vie*)* contenant les résultats de l'évaluation servent de critère de sortie et déclenchent l'achèvement du jalon *Required tests passed* (Tests requis réussis).

Après l'achèvement des deux jalons *B0 series sampled* (Série B0 échantillonnée) et *Required tests passed* (Tests requis réussis)., le critère d'entrée pour la tâche requise *Issue SAP release* est rempli. Son achèvement permet de quitter l'étape et de déclencher le dernier jalon de la liste des tâches, *Component released*. Ceci conclut le processus.

Avantages et inconvénients des deux modèles

Pour mettre en évidence les avantages et les inconvénients de BPMN et CMMN, les auteurs (13) ont défini quatre paramètres :

1. *La structure du processus* qui comprend des éléments structurels globaux (par exemple, pool/lane dans BPMN, case/stage dans CMMN). Ces éléments sont généralement utilisés pour façonner un processus, regrouper des tâches et définir/exprimer des champs d'application/unités organisationnelles.
2. *Le routage et le flux de contrôle* comprennent les éléments utilisés pour définir les séquences et/ou les routes à emprunter pendant l'exécution d'un processus, par exemple les passerelles en BPMN et les entrées en CMMN. Il couvre également la flexibilité des chemins pendant l'exécution du processus, par exemple si les tâches peuvent être sautées ou reprises ultérieurement et comment modéliser un tel comportement.
3. *Les communications et les événements* comprennent les éléments utilisés pour les communications à l'intérieur d'un processus (par exemple, entre les éléments structurels et/ou les tâches), entre les processus/cas et ceux utilisés pour modéliser les événements. Cela inclut également la propagation des statuts et des transitions d'état.
4. *Les aspects liés aux données et le flux de données* se concentrent sur les éléments utilisés pour modéliser les données et leur flux dans et entre les processus/tâches, y compris les dépendances.

Avantages et inconvénients de BPMN

a) Avantages : En ce qui concerne le routage et le flux de contrôle, les séquences peuvent être directement vues et sont visiblement définies par les flux de séquences impératives. BPMN offre différents moyens de modéliser les

communications et les événements. Pour les messages au sens classique du terme, la tâche d'envoi et de réception ainsi que les événements de message peuvent être utilisés pour communiquer et transmettre la progression globale du processus. En ce qui concerne les aspects et les flux de données, les entrées et les sorties sont affichées comme des objets de données avec des états et des flux de données annotés.

b) Inconvénients : En ce qui concerne la structure du processus, les pools et les couloirs ne sont pas disponibles dans le sous-processus ad hoc. Le site départements impliqués et donc les rôles/employés travaillant sur les tâches ne peuvent pas être modélisés. La spécification limite les éléments aux activités qui "DOIVENT être utilisées", tandis que les éléments qui "PEUVENT être utilisés" sont "Objet de données, flux de séquence, association, association de données, passerelle et événement intermédiaire". Les éléments qui "NE DOIVENT PAS être utilisés" sont les événements de début et de fin, les éléments de conversation et les activités de chorégraphie. L'artefact de regroupement peut être utilisé, mais n'offre aucune sémantique d'exécution. Les tâches logiquement dépendantes ne peuvent pas être regroupées dans des structures flexibles sans introduire d'autres éléments tels que des sous-processus.

Même un routage et un flux de contrôle partiellement impératifs peuvent devenir problématiques: plusieurs tâches de la liste peuvent être facultatives et peuvent être sautées, d'autres peuvent devoir être exécutées à différents moments ou points de la liste et du flux de séquence. Le retour flexible à une tâche, par exemple après des modifications apportées à un document, doit être modélisé soit de manière répétée le long du déroulement de la séquence, par exemple avec des événements limites se ramifiant, dans des constructions en boucle, soit rester non spécifié et potentiellement disponible à tout moment.

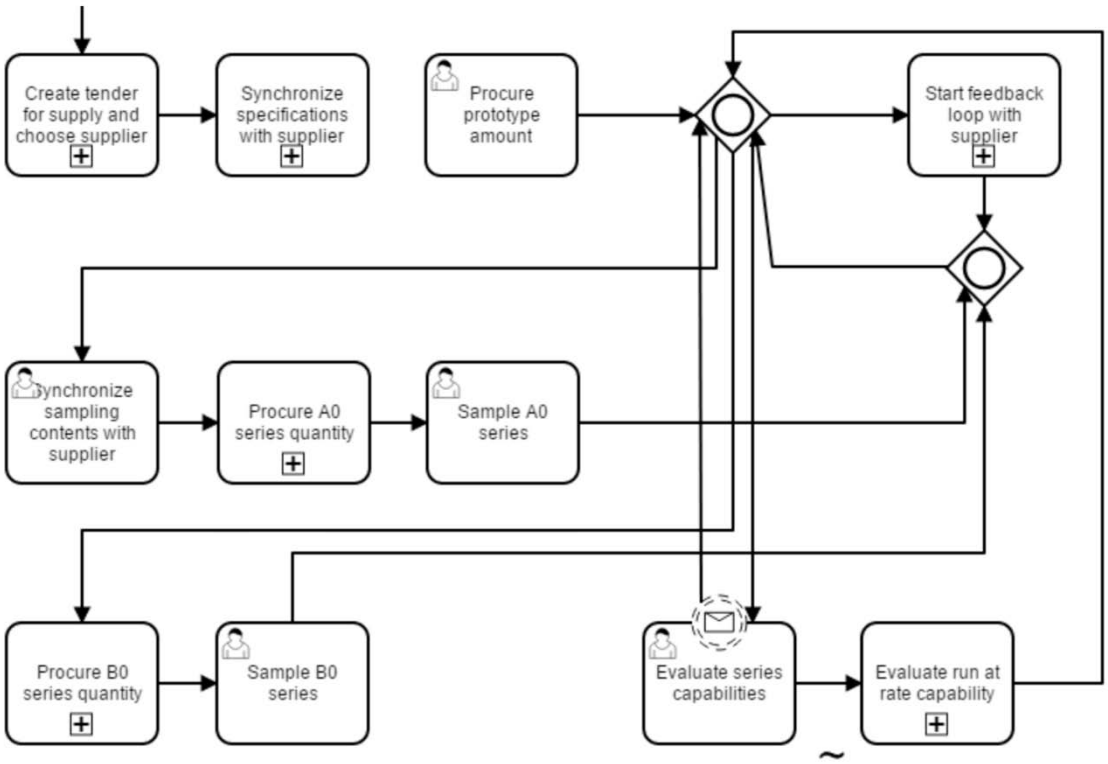


fig. 59: Routes supplémentaires à exprimer éventuellement dans un sous-processus ad hoc utilisant une passerelle OR

Le routage explicite peut conduire à des "flux spaghetti". Les flux de séquence utilisés ne peuvent pas être sautés. Pour modéliser ce comportement, il faudrait introduire davantage d'éléments ou supprimer les séquences, ce qui laisserait moins d'indications aux travailleurs.

Si des flux de données modélisés explicitement avec tous les états sont utilisés, par exemple pour réactiver une tâche après des modifications de la spécification, le modèle devient moins lisible. Même un nombre réduit de documents doublerait ou triplerait la quantité d'artefacts de données dans le modèle. Ils seraient nécessaires pour modéliser chaque état d'un document afin d'afficher les comportements et les conditions possibles pour revenir à une tâche précédemment terminée.

Il n'est pas clair quand les tâches disponibles doivent être sélectionnées à l'intérieur d'un sous-processus ad hoc sans connaissance du processus, ou des structures de contrôle comme les passerelles supplémentaires ou les tâches de

règles de gestion. Par défaut, toutes les tâches sans flux de séquence entrant sont disponibles.

Les phases telles que décrites dans les six étapes et vues dans le modèle CMMN sont difficiles à réaliser sans introduire davantage d'éléments de routage ou de sous-processus. Des structures de contrôle supplémentaires, telles que des passerelles, des tâches de règles de gestion et de routage, doivent être introduites afin que seules des tâches sélectives soient à nouveau disponibles après leur achèvement.

En ce qui concerne les communications et les événements, les événements de message disponibles sont suffisants pour répondre aux besoins, à l'exception d'un seul : un statut doit être transmis après que les unités logiques de plusieurs tâches ont été achevées. Un événement de message sortant est utilisé pour l'information d'état après l'achèvement du sous-processus ad hoc, étant sémantiquement le plus proche de l'intention. Il manque un élément plus spécifique. Les événements de type message sont limités aux flux normaux ou aux limites des activités et ne peuvent pas être utilisés comme des événements autonomes. En ce qui concerne les aspects liés aux données et le flux de données, le modèle contient une quantité condensée de tous les documents identifiables. Cette quantité réduite n'inclut cependant pas tous les changements d'état des documents produits. Les états communs des documents dans l'étude de cas sont créés, modifiés pour révision, à réviser, révisés et finaux.

La modélisation de tous les états possibles des objets de données et de leurs flux respectifs pour tous les flux/routes de séquence possibles diminue la lisibilité du modèle. Le retour aux tâches terminées, par exemple un document dont l'état a été modifié pour être révisé, nécessite davantage d'aspects de flux de données. La fig. 59 donne un aperçu d'une construction possible utilisant des passerelles inclusives pour sélectionner des tâches spécifiques en utilisant des conditions, dans ce cas une tâche de retour d'information réutilisable. Les associations de données limitent également la flexibilité, comme le démarrage du travail préliminaire d'une tâche, car elles font attendre les tâches jusqu'à ce que les données soient disponibles dans leur intégralité.

Une solution de contournement possible pour maintenir la lisibilité est de décomposer le processus en plus petits processus selon les étapes du modèle de cas CMMN, ce qui rendrait nécessaire un surcoût important. Les aspects liés au contrôle et aux communications doivent être reliés à un processus de contrôle global, gérant l'étendue et le flux des données entre elles.

Avantages et inconvénients du CMMN

a) Avantages : La structure du processus du modèle est définie en utilisant des étapes pour capturer les différents domaines ou documents sur lesquels il faut travailler, ainsi que la progression globale. Dans les étapes, les tâches thématiquement similaires ou celles qui dépendent fortement les unes des autres sont regroupées et peuvent être exprimées comme telles.

Les éléments discrétionnaires permettent de mettre en évidence les travaux facultatifs. Certaines parties du processus peuvent être sautées, selon que le travail ou les documents requis ont été créés auparavant et sont disponibles pour être utilisés ou développés. La planification individuelle des étapes discrétionnaires et des tâches contenues favorise la flexibilité. En ce qui concerne l'acheminement et le flux de contrôle, l'acheminement entre les étapes est réalisé grâce à une combinaison de sentinelles et de jalons, comme le montre la fig. 60, qui met l'accent sur la progression du cas de manière progressive. Les sentinelles et la *Repetition Rule*, qui sont évaluées pour les jalons, les étapes et les tâches, permettent une sélection contrôlée, mais flexible, en fonction des critères et des conditions définis. Ils permettent en outre des sauts délibérés entre les tâches sans être limités par une structure de flux de séquence stricte mais des conditions, par exemple de données.

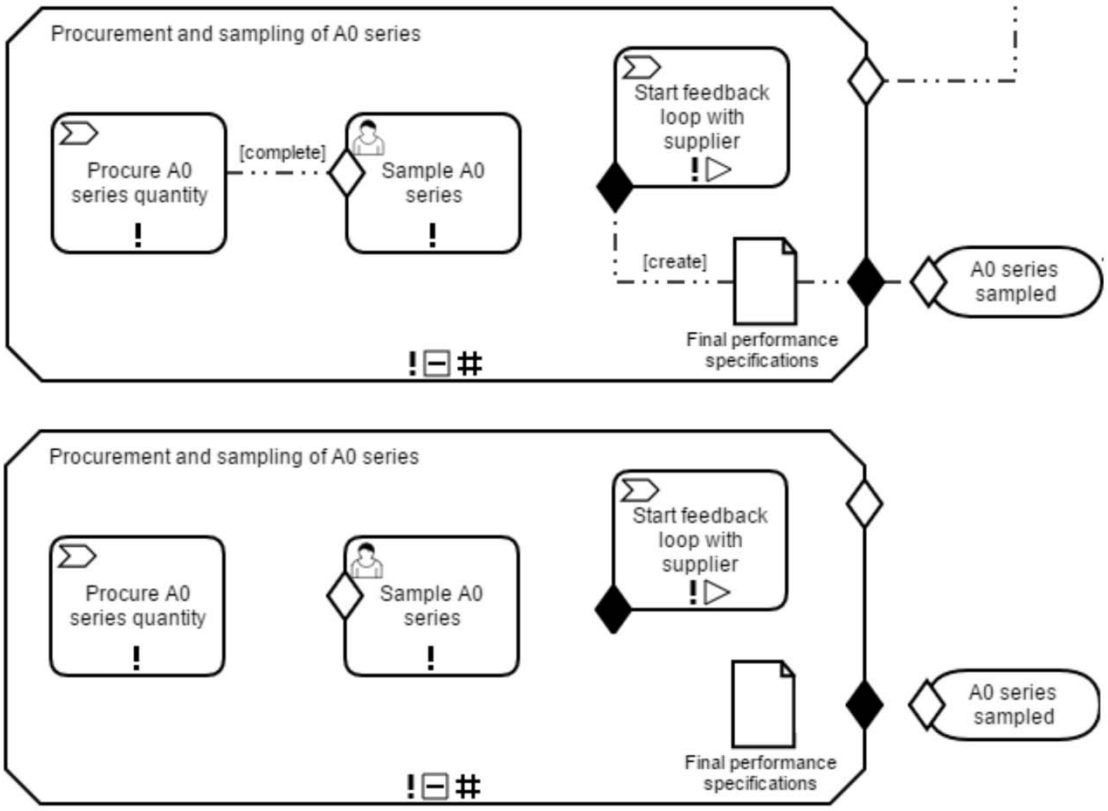


fig. 60: Routage impératif dans CMMN avec sentinelles et jalons avec connecteurs (en haut) et sans (en bas)

Les routages partiellement ou totalement impératifs peuvent également être modélisés en utilisant une combinaison de connecteurs et de sentinelles, comme le montre la fig. 60. Les *onParts* des sentinelles sont utilisés pour le comportement impératif, mis en évidence par l'utilisation de connecteurs entre les tâches, les tâches et les étapes, ainsi que les étapes et les jalons.

Les connecteurs étant des éléments purement visuels sans sémantique d'exécution, ils ne limitent pas les options de routage ou les flux de contrôle. Les étapes peuvent être actives en parallèle selon les besoins et les tâches individuelles peuvent être exécutées de manière ad hoc, comme les processus de rétroaction tout au long du processus à différents moments. Pourtant, ils clarifient les itinéraires et les aspects du flux de contrôle. Par exemple, en conjonction avec des documents, elles peuvent être utilisées de manière similaire aux annotations d'artefacts de données dans BPMN. Contrairement à BPMN cependant, les données sont des éléments de première classe, car leurs

cycles de vie et donc leurs statuts peuvent contrôler directement le flux sans connexion directe.

Les jalons constituent un avantage en termes de communication et d'événements. La progression globale du processus peut être communiquée de manière explicite. Les jalons offrent un meilleur ajustement sémantique par rapport à la modélisation BPMN avec des événements. Ils peuvent également être utilisés sans aucune connexion.

Un autre avantage des événements dans CMMN est la possibilité de connecter un événement utilisateur aux sentinelles et aux éléments du dossier. Contrairement aux flux de séquences explicites menant à un événement final, CMMN prend directement en charge les changements d'état flexibles d'un cas entier. Le projet peut passer de l'état actif à l'état suspendu à tout moment, c'est-à-dire être mis de côté lorsque les priorités changent, et y revenir ultérieurement. Un avantage en ce qui concerne les aspects des données et le flux de données est de relier les éléments du dossier aux sentinelles, aux jalons et aux événements avec des connecteurs annotés avec les états du cycle de vie afin d'exprimer les dépendances (voir fig. 60). Le modèle d'information des éléments du dossier est également spécifié, soulignant le rôle des données et des documents dans un dossier. Bien que les hiérarchies ne puissent pas être modélisées graphiquement, la spécification CMMN les définit.

L'accès aux éléments du dossier tout au long du processus est également avantageux pour les processus axés sur les données. Alors que les données peuvent être limitées à des rôles individuels, les *Case Worker* (travailleurs sociaux) peuvent potentiellement accéder à tous les documents, évitant ainsi le tunneling de contexte qui est décrit dans (14) comme un inconvénient.

b) Inconvénients :

La structure du processus du modèle CMMN est construite sur des étapes. Elle ne définit pas clairement les rôles, des concepts comme les pools et les lanes ne sont pas disponibles. Les rôles ne peuvent pas non plus être mis en correspondance avec les tâches dans un élément structurel utilisé pour

représenter les unités organisationnelles. Les étapes pourraient être divisées pour représenter le personnel impliqué des départements, mais il n'est pas possible de capturer les sections transversales de celles-ci, car elles ne sont pas clairement définies et de nombreuses sous-étapes seraient nécessaires. Les étapes ne peuvent pas être modélisées pour se chevaucher graphiquement et mettre en évidence les intersections. Des rôles plus spécifiques ne sont pas définis dans la spécification du CMMN.

Le routage et le flux de contrôle sans l'utilisation de connecteurs et de sentinelles peuvent être difficiles à comprendre (fig. 60). La liste des tâches est modélisée en utilisant des connecteurs et des sentinelles pour connecter tous les éléments entre eux. Sans ces annotations ou des annotations supplémentaires, une connaissance plus approfondie de la progression du processus et de la sélection des étapes est nécessaire. Les critères des sentinelles doivent être définis mais ne sont pas nécessairement modélisés de manière explicite avec des connexions.

Les sentinelles peuvent également être attachées à des éléments tels que des étapes ou des tâches sans aucune connexion avec d'autres éléments et sans connecteurs étiquetés indiquant les états requis d'une tâche ou d'un élément de dossier. Cela peut rendre difficile la compréhension du modèle par rapport à un flux de séquence impératif. Le moment où les critères d'une sentinelle attachée à une tâche, une étape ou un jalon sont satisfaits n'est pas nécessairement clair dans le modèle sans éléments de soutien, comme le montre la fig. 60.

Un autre aspect concernant les jalons est le *scheduling*. Dans leur spécification, ni BPMN ni CMMN n'offrent un moyen de planifier le travail et de saisir les différences entre les temps planifiés et les temps réels nécessaires.

Les itérations de tâches ne sont pas non plus aussi simples qu'avec BPMN et les flux de contrôle expressifs. Soit aucun élément sentinelle spécifique n'est attaché à une tâche, à l'exception du décorateur répétable, laissant de côté les critères explicites quant au moment où la tâche doit être répétée. Soit une sentinelle avec un critère d'entrée est attachée à une tâche afin d'être activée lorsque les critères de la sentinelle sont satisfaits.

Une autre option consiste à modéliser explicitement les critères d'entrée et de sortie, par exemple pour modéliser une boucle fermée comme dans la fig. 57. Les états de création et de mise à jour du document font office de critères d'entrée et de sortie de la tâche répétable. La tâche représentée a deux sorties et le cas global progresse après la création du document final, ce qui entraîne une sortie de l'étape. Pour modéliser des communications entrantes et sortantes explicites, il faudrait utiliser une tâche de processus qui encapsule les événements de communication illustrés à la fig. 57 à gauche au lieu de l'événement vu à droite, qui sert à signaler les documents envoyés et modifiés par le fournisseur concerné.

Les communications et les événements ne peuvent pas être exprimés comme dans le modèle BPMN. CMMN ne propose que des événements entrants/capturés et non sortants/jetés, ce qui ne permet de modéliser explicitement que les communications unidirectionnelles. Les documents doivent être examinés en interne et modifiés avec des partenaires externes, ce qui rend nécessaire des communications dans les deux sens. De simples notifications sur la progression du cas ou des données modifiées, comme le montre la fig. 57 en ce qui concerne les échanges d'e-mails, ou les communications avec d'autres processus, ne peuvent pas être modélisées aussi facilement qu'en BPMN. Les événements en CMMN sont réactifs et destinés à recevoir un événement, pas à se propager au-delà du cas.

Afin de modéliser les communications sortantes, il faut utiliser des tâches de processus, alors qu'un seul élément est nécessaire en BPMN. Le cas nécessite un processus BPMN sous-jacent avec au moins trois éléments, un début, un message intermédiaire et un événement de fin, ce qui ajoute de la complexité au modèle. La complexité est également ajoutée par le processus BPMN imbriqué. Alors que les aspects liés aux données et le flux de données jouent un rôle plus important dans CMMN que dans BPMN, il n'est pas clair comment les subtilités d'un dossier de cas et les éléments du dossier de cas contenus peuvent être inclus dans le modèle ou traités en ce qui concerne le flux de contrôle. Les critères d'entrée contiennent une partie ifPart, qui fait généralement référence à l'état d'un élément de dossier, mais pas à des valeurs spécifiques dans un

document. Ainsi, le contenu et les valeurs des éléments du dossier doivent être liés à son état. La définition et l'attribut *structuralRef* d'une rubrique de dossier peuvent être utilisés, mais les états du cycle de vie d'une rubrique de dossier ne s'y reflètent pas correctement. Un élément de dossier défini dans la norme est soit créé, soit mis à jour, soit éliminé. Il n'existe pas d'état reflétant la complétude d'un élément de dossier et donc d'un document ou de ses parties absolument nécessaires à l'avancement du dossier.En outre, les hiérarchies entre les éléments d'un dossier ne peuvent pas être exprimées graphiquement. Plusieurs documents d'accompagnement, tels que des dessins de spécification et des notes, doivent être joints au travail d'une tâche. Ils ont été subsumés, par exemple sous la forme d'un seul element *Spécifications*, comme le montre la fig. 57, qui masque ces informations.

Les auteurs de cette étude ont aussi résumé les avantages et les inconvénients dans un tableau qui est présenté dans le tableau présentée in fig. 61 . Un "+" indique un avantage, un "+/-" un avantage partiel et un "-" un désavantage. L'avantage partiel indique une notation qui peut être utilisée avec un inconvénient. Ni un sous-processus ad hoc de BPMN ni une étape de CMMN ne peuvent être structurés à l'aide de lane. Les étapes peuvent être utilisées comme des unités uniques ou pour regrouper plusieurs tâches.

	BPMN	CMMN
Process Structure		
Organizational units	-	+/-
Task Mapping to unit/role	-	+/-
Flexibility (ad-hoc, variability)	+/-	+
Routing and Control Flow		
Clearly defined paths	+	+/-
Clearly defined decisions	+	+/-
Flexibility (skip, return/repetition)	+/-	+
Communications and Event		
Outbound/two way communications	+	-
Progression checkpoints	+/-	+
Ad hoc interaction	+/-	+
Data aspects and data flow		
Life-cycles as decision/triggers	-	+
Data hierachies	-	+/-

fig. 61: Comparaison entre BPMN et CMMN

Certaines lignes directrices peuvent être dérivées des avantages et des inconvénients décrits précédemment. En général, BPMN est le mieux adapté aux travaux de routine avec peu ou pas d'exceptions ou de flexibilité requise. Pour une exécution plus souple, CMMN semble être un meilleur choix que le sous-processus ad hoc de BPMN. Les deux sont censés être complémentaires l'un de l'autre, mais chacun a ses avantages en ce qui concerne les aspects soulignés précédemment.

a) BPMN : c'est un bon choix pour les travaux présentant peu de variations et d'options. Tout écart par rapport à un "chemin heureux" et toute sélection de tâches doivent être modélisés explicitement. Les flux de contrôle et les décisions sous-jacentes peuvent être modélisés de manière compréhensible. Des sous-processus ad hoc peuvent être utilisés pour ajouter de la flexibilité dans certaines parties d'un processus tout en restant liés à un flux impératif dans son ensemble.

BPMN est fort en matière de communication et d'événements. Les communications bidirectionnelles peuvent être modélisées explicitement, ce qui constitue un aspect important du travail actuel axé sur l'information. Les événements ne peuvent pas être utilisés de manière découplée des tâches ou pour agir sur des objets de données. Les événements peuvent être utilisés pour déclencher directement d'autres processus.

b) CMMN : est utilisé de préférence si un haut degré de flexibilité et de variation en termes de structure et d'acheminement est nécessaire. Le travail peut être activement sélectionné et planifié par les travailleurs sociaux. L'acheminement peut varier entre un guidage strict et une liberté totale pour le travailleur social. Le travail optionnel peut être mis en évidence par des éléments discrétionnaires. Les étapes peuvent être utilisées pour fragmenter le travail d'un processus en unités de travail logiques sans acheminement explicite.

Si les données et la réaction aux changements d'état jouent un rôle important, c'est-à-dire s'il s'agit d'aller au-delà du traitement des données BPMN habituel et de l'utilisation des données dans les tâches, CMMN est un bon choix. Les données sont des citoyens de première classe en CMMN et les cycles de vie des données définis peuvent être utilisés comme déclencheurs sans être limités à un flux impératif.

Bien que les événements dans CMMN soient limités à trois événements entrants, ils peuvent être utilisés sans être liés à un flux séquentiel restrictif. L'élément jalon est un ajout utile pour souligner le travail de connaissance orienté vers un objectif.

Un modèle de cas CMMN pourrait potentiellement inclure des éléments de liste de tâches requis pour des familles de composants similaires. Le sous-ensemble de tâches requis peut être planifié individuellement.

Pour les processus hautement structurés, CMMN offre la tâche de processus, un lien explicite avec BPMN. La tâche de processus peut être utilisée dans des domaines où CMMN semble faire défaut : communications bidirectionnelles explicites, tâches automatisées et travail de routine nécessaire à l'avancement d'un dossier

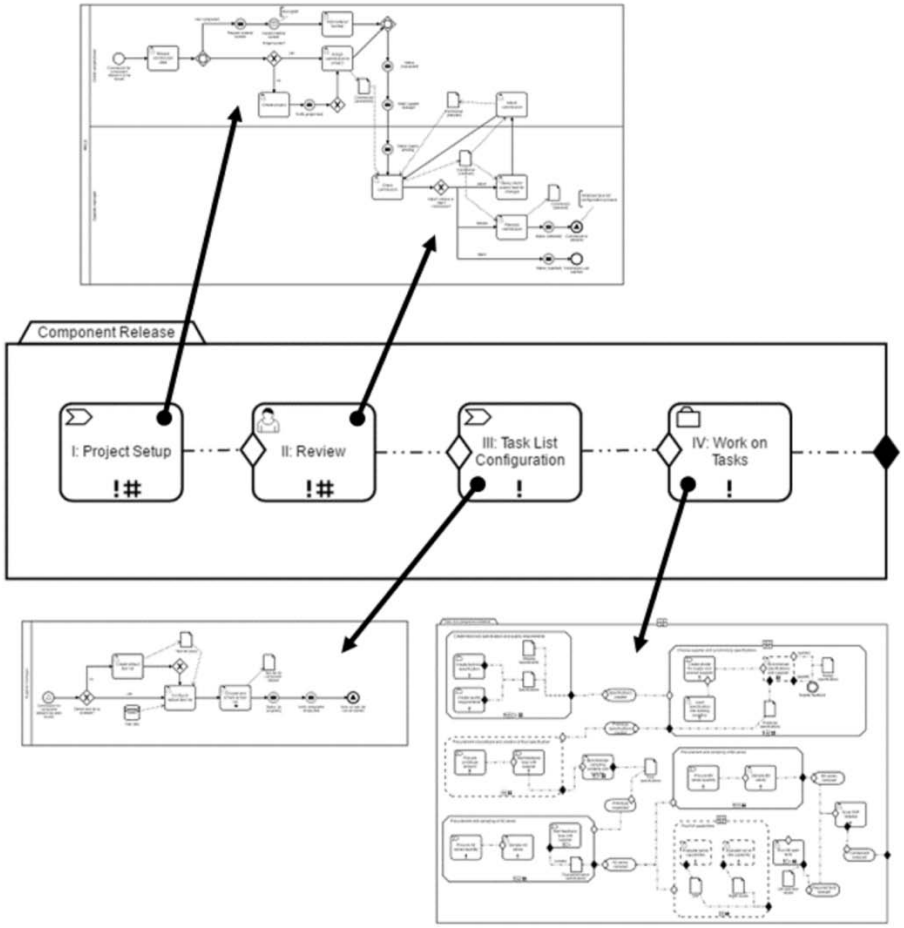


fig. 62: Combinaison de processus BPMN structurés et d'un cas flexible CMMN intégré dans un modèle de cas CMMN

c) BPMN et CMMN : Les deux peuvent être combinés pour couvrir le spectre des parties très structurées et nécessairement flexibles d'un modèle de processus. Par exemple, la mise en place du projet et la configuration de la liste des tâches sont des tâches de routine et peuvent être facilement modélisées en BPMN. Ensuite, un modèle CMMN contenant la liste des tâches peut être utilisé pour capturer un processus plus flexible et centré sur les données. Les processus de routine peuvent être directement intégrés en tant que tâches de processus dans CMMN, comme le montre la fig. 62. Le processus BPMN peut également inclure un cas CMMN comme activité d'appel.

Modélisation du processus d'intervention d'urgence

Comme nous l'avons déjà mentionné dans l'introduction de ce rapport, la réponse aux urgences est la phase la plus critique de la gestion des urgences. En fait, elle exige des décisions et des interventions rapides (le temps est crucial), ainsi qu'une connaissance large et approfondie du contexte environnemental (connaissances intensives). Ce dernier est généralement non seulement non structuré mais présente également des caractéristiques complexes et très dynamiques. Pour cette raison, il est rarement possible de prédéfinir tous les scénarios de réponse possibles. Les urgences peuvent survenir à tout moment en raison de causes naturelles telles que les tremblements de terre, les inondations, ou d'activités anthropiques telles que les attaques terroristes, etc.

Parmi les exigences les plus importantes pour répondre aux urgences, il y a certainement l'accès et l'acquisition rapide de toutes les informations nécessaires et leur partage sécurisé. En outre, la protection civile, la police, les pompiers, les services de santé, les associations de bénévoles et d'autres

organisations doivent agir non seulement efficacement et individuellement, mais aussi de manière rapide, appropriée et coordonnée.

La gestion des urgences (GE) consiste donc à organiser et à gérer efficacement les ressources et à répartir précisément les responsabilités. Il s'agit de plans, de structures et d'arrangements établis pour fournir aux gouvernements, aux bénévoles, aux entreprises et aux organisations à but non lucratif un moyen complet et coordonné d'atténuer les dommages et les implications qui se produisent pendant les urgences.

La gestion des urgences se divise en quatre phases distinctes : l'atténuation, la préparation, la réponse et le rétablissement.

L'atténuation est la phase de prévention et de réduction des effets de la catastrophe par des activités définies.

fig. 63: Les étapes de la gestion des urgences

La préparation se concentre sur les plans et la capacité à élaborer la réponse à la catastrophe. La réaction est la réponse immédiate à la catastrophe. Le rétablissement consiste en des activités qui se poursuivent au-delà de la période d'urgence pour rétablir les fonctions essentielles de la communauté et gérer la reconstruction. Ce chapitre présente certains processus de gestion des urgences qui utilisent le langage présenté dans les chapitres précédents.

Il existe plusieurs études dans la littérature qui utilisent différentes approches pour modéliser la réponse d'urgence. Rueppel et Wagenknecht (15) ont discuté de la modélisation dynamique des processus des activités de gestion des urgences. Ils ont proposé une approche qui combine un méta-modèle des activités de gestion des urgences avec un modèle de processus formel appelé ADEPT pour prendre en charge les changements dynamiques du processus au

moment de l'exécution. Ils ont démontré cette approche sur un scénario opérationnel d'inondation. Enfin, ils ont indiqué que leur travail futur se concentrera sur le raffinement du méta-modèle ainsi que sur le développement d'un prototype pour évaluer leur approche.

Fahland et Woith (16) ont présenté une approche utilisant des techniques déclaratives pour modéliser des processus adaptatifs qui peuvent changer leurs comportement au moment de l'exécution pour une réponse à une catastrophe. Ils ont utilisé le concept de scénarios avec une sémantique formelle et opérationnelle basée sur les réseaux de Petri et les diagrammes de séquence de vie pour permettre l'adaptation de la dynamique des processus. Cependant, ils ont mentionné que l'environnement d'exécution de preuve de concept pour mettre en œuvre leurs concepts et algorithmes est l'un des travaux futurs.

Kirsch-Pinheiro et Rychkova (17) ont exploré le rôle des données contextuelles dans le Case Management, et ont proposé un méta-modèle et une architecture de contexte pour permettre une représentation dynamique des informations. Ils ont ensuite illustré leurs résultats sur un exemple de processus de gestion de crise d'inondation en utilisant le FSM. Ils ont déclaré que cette approche aidera à intégrer les événements et les paramètres contextuels dans une définition de processus qui peut fournir une orientation automatisée en suggérant les activités appropriées pour une situation particulière.

Kushnareva et al. (18) ont proposé une approche axée sur l'intention pour la modélisation d'un processus de gestion de crise, des objectifs aux scénarios, basée sur les formalismes MAP et Statecharts. Ils ont déclaré que cette approche aide à aligner le niveau stratégique de la gestion de crise (objectifs) avec le niveau opérationnel (scénarios exécutables) en traduisant le modèle MAP en modèle Statecharts. Dans d'autres travaux de recherche, Kushnareva et al. (19) (20) ont comparé les paradigmes orientés activité (BPMN) et orientés état (Statecharts) pour soutenir un processus de gestion de crise (scénarios d'inondation). Ils ont conclu que la modélisation orientée état avec Statecharts a un grand potentiel pour le processus de gestion de crise, mais que la notation Statecharts nécessite une extension pour les spécificités du processus de gestion de crise.

Comme on peut le voir dans la revue de la littérature décrite ci-dessus, et à notre connaissance, nous n'avons pas trouvé d'étude de cas sur l'utilisation du CMMN dans le scénario de réponse d'urgence - seules d'autres approches non standardisées connexes ont été utilisées. Par conséquent, ce travail tente d'expliquer la mise en œuvre du CMMN dans le domaine des interventions d'urgence et, en général, d'évaluer l'applicabilité et la simplicité du CMMN.

Les sections suivantes présentent quelques études de cas utilisant les notations BPMN, CMMN, DMN, appliquées à des procédures d'urgence de différents types.

Un incendie lors d'un festival de musique.

Le cas présenté ici concerne une étude réalisée par (21) concernant le processus de gestion en cas d'incendie lors d'un festival de musique en Norvège, car il pourrait impliquer un grand nombre de victimes même gravement blessé. Ce modèle se concentre en particulier sur le processus de gestion impliquant le centre norvégien de coordination des urgences (*Norwegian Emergency Coordination Center)* , la police, les services de santé, les pompiers, les médias, le centre local de secours (LRC), les participants et les organisateurs (*owners*) du festival de musique.

En Norvège, après avoir reçu un appel d'urgence, le centre de coordination des urgences (ECC) a le devoir de procéder à une première évaluation rapide des risques et, le cas échéant, d'alerter immédiatement toutes les autorités devant participer à l'opération de sauvetage. À la suite d'une alarme, le ECC déploie les voitures de patrouille les plus proches sur les lieux de l'urgence pour enquêter et rapporter les détails aussi rapidement que possible. Le plan d'intervention d'urgence (ERP), c'est-à-dire l'ensemble des procédures et instructions sur la manière de réagir face à différents types d'urgences, est fourni par les autorités compétentes qui sont également chargées de les développer et de les mettre à jour. L'objectif de l'ERP est d'amener les unités de secours appropriées sur les lieux de l'urgence le plus rapidement possible.

L'exemple de la gestion d'un incendie lors d'un festival de musique est décrit ci-dessous en notation BPMN (fig. 64). La procédure se compose de huit *pools*. Comme on peut le voir sur le diagramme, chaque *pool* comprend des tâches qui sont nécessairement associées à d'autres tâches dans d'autres *pools*.

La séquence temporelle est décrite à l'aide du *pool Time Cycle*, et comprend le cycle de vie de la gestion des urgences (prévention et atténuation, préparation, réponse et récupération) et aide à placer les tâches dans la séquence correcte.

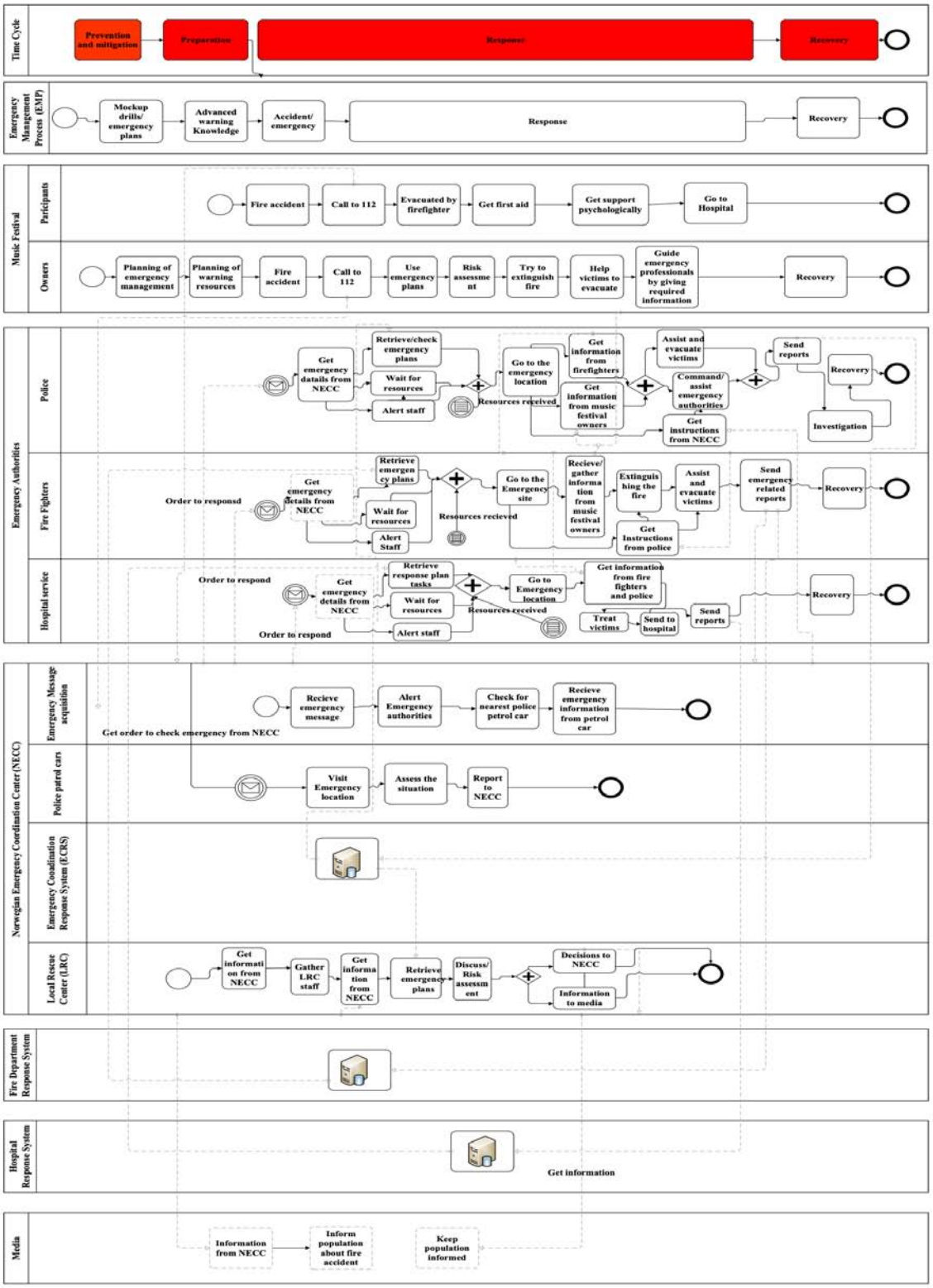


fig. 64: Processus de gestion des urgences norvégiennes modélisé à l'aide de la notation BPM

Le deuxième *pool* (*Emergency Management Process - EMP*) décrit le processus global de gestion des urgences. Il est clair que des plans adaptés au

type d'urgence doivent avoir été préparés à l'avance pour produire une réponse efficace. Donc, les plans d'urgence doivent être élaborés à l'avance, pendant la phase de prévention, afin que les agents de sécurité et les organisateurs du festival sachent déjà comment agir et alerter les gens en cas d'urgence. Aussi, ces plans doivent être développés et mis à jour avec des exercices spécifiques. En cas d'urgence, les organisateurs et les agents de sécurité ainsi que le public doivent être en mesure de prendre les mesures appropriées pour se sauver.

Le troisième *pool* (*Music Festival*) décrit la procédure étape par étape : lorsque l'incendie est remarqué par un participant ou un organisateur, on essaie d'abord d'informer le ECC norvégien. Après l'appel, les organisateurs évaluent le risque et mettent en œuvre leur plan d'urgence pour éteindre l'incendie et évacuer les participants. Ils fournissent également les informations nécessaires aux autorités dès qu'ils arrivent sur les lieux de l'urgence. Les participants reçoivent les premiers soins du personnel médical et éventuellement un soutien psychologique tandis que les personnes gravement blessées sont transportées à l'hôpital.

Le quatrième *pool (Emergency Authorities)* décrit la procédure d'urgence relative aux pouvoirs des autorités. Lorsque l'autorité compétente (reçoit le message d'urgence du NECC, elle organise la mise à disposition des ressources nécessaires, alerte les autres personnels et vérifie/récupère les plans d'urgence du système d'intervention d'urgence (ERS) respectif.

Ensuite, le personnel convoqué et le matériel nécessaire sont envoyés sur le lieu de l'urgence. Après être arrivés sur les lieux de l'incident, les intervenants d'urgence (EA) (Police, Sapeurs-pompiers, Services médicaux) recueillent des informations pertinentes auprès des organisateurs du festival et des autres EA qui sont intervenus sur les lieux. Après avoir reçu les informations nécessaires, on commence à circonscrire l'incendie et on procède à l'évacuation des participants. Pendant les actions d'intervention, les autorités reçoivent des instructions/décisions du NECC. Ces instructions sont utilisées pour gérer l'urgence le mieux possible. Une fois l'urgence résolue, les rapports correspondants sont envoyés aux ERS (*Emergency Response System*) respectifs, et les EA sont impliqués dans la phase de récupération.

Les opérations du NECC sont décrites dans le cinquième *pool* (*Norwegian Emergency Coordination Center*). Lorsqu'une urgence se produit, les personnes contactent le NECC pour signaler l'incident. Lorsque le NECC reçoit un appel, il localise la voiture de patrouille la plus proche et la dépêche sur les lieux de l'incident, tout en alertant les autres autorités compétentes. Lorsque la voiture de patrouille arrive sur les lieux, une évaluation des risques est effectuée et le NECC est informé. Lorsque le NECC obtient l'information que l'incident est une urgence vérifiée, il informe le centre local de secours LRC (*Local Rescue Center*). Chaque district de police de la région forme un LRC et ceux-ci sont déployés lorsqu'il est nécessaire d'aligner et de coordonner les opérations de sauvetage. Les LRC sont généralement dirigés par la police, mais peuvent également être dirigés par des membres d'autres organisations telles que les pompiers, les services de santé, la défense civile, en fonction de la gravité et du type d'événement.

Lorsque le centre de secours local est informé de l'urgence, la personne de service convoque les autres membres du centre de secours et prend des mesures pour récupérer les plans d'urgence appropriés dans le système de coordination des interventions d'urgence (*Emergency Coordination Response System)*. Après une évaluation des informations reçues, des instructions sont fournies au NECC et aux autorités pour les aider à prendre les meilleures décisions afin de minimiser les conséquences de l'urgence. Le centre de secours local est également chargé d'informer les médias de l'incident.

Le sixième *pool* (*Fire Department Response System*) contient le système d'intervention d'urgence du service des incendies. Le septième *pool* (*Hospital Response Sytem*) contient le système d'intervention d'urgence du service de santé. Le huitième *pool* (*Media*) est lié aux médias. Le NECC entretient des relations avec les médias (TV, Radio, Journaux) pour informer la population sur l'incendie.

Les auteurs de cette étude ont constaté que les avantages de l'utilisation de BPMN pour comprendre la modélisation du processus norvégien de gestion des urgences (NMMP) l'emportent sur les inconvénients, et recommandent aux autorités chargées des urgences d'utiliser cette notation pour avoir une vue

d'ensemble de la gestion des urgences et du flux d'informations. Les avantages et les inconvénients de cette approche sont énumérés ci-dessous.

Avantages :

- Dans des situations normales, le personnel de sécurité effectue des tâches de routine qui, souvent, ne peuvent être modifiées. Mais, lorsqu'il s'agit de situations d'urgence, les tâches sont critiques et il est difficile de comprendre qui doit recevoir l'information et à qui elle doit être transmise, ainsi que le type de tâches à accomplir. C'est pourquoi il est facile de comprendre les tâches et les rôles en utilisant la notation BPMN ;
- L'utilisation des pools BPMN permet d'identifier immédiatement les entités ou les personnes impliquées dans le processus de gestion des urgences. Il est facile d'avoir une vue d'ensemble du moment où le processus de gestion commence et où il se termine. À l'aide de BPMN, nous pouvons également définir le comportement des différentes activités pendant la gestion des urgences ;
- En BPMN, les rôles d'une organisation peuvent être modélisés à l'aide de la notation des lane (couloir) Chaque membre actif d'un rôle peut consulter le diagramme, rechercher son couloir et vérifier les tâches qu'il doit accomplir dans le processus ;
- BPMN permet également de modéliser des processus volatils, vastes et complexes, tels que la gestion des urgences, des crises et des catastrophes.

Inconvénients potentiels :

- En utilisant BPMN, il est difficile de fournir des estimations ou d'évaluer la durée d'une tâche lorsqu'il s'agit d'environnements complexes comme la gestion des urgences ;
- Problèmes de compatibilité : il est difficile de réutiliser le même diagramme modélisé d'un domaine à l'autre.

Modélisation de l'intervention d'urgence à l'aide de CMMN

Les interventions d'urgence deviennent un domaine d'application intéressant pour l'approche du *Case Management* (20), (22), (23), (24) .

Cependant, la modélisation du processus d'intervention d'urgence est très compliquée, ce qui renvoie à la nature imprévisible et non reproductible de ce processus. Chaque incident d'urgence est unique et émergent, en particulier dans les événements d'urgence à grande échelle. De plus, chaque incident d'urgence nécessite des activités et des protocoles de réponse différents en fonction du type, de la taille et de la complexité de la situation. Par conséquent, il n'est pas possible de disposer d'un modèle prédéfini complet pour tous les types d'intervention d'urgence. Un tel cas nécessite une approche de modélisation flexible qui peut être maintenue et modifiée progressivement. En outre, le modèle doit être adaptable pour gérer les exceptions et guider les travailleurs du savoir (par exemple, les intervenants d'urgence).

L'étude rapportée dans (25) tente d'expliquer la mise en œuvre du CMMN dans le domaine des interventions d'urgence et, en général, d'évaluer l'applicabilité et la simplicité du CMMN. En général, le processus d'intervention d'urgence suit quatre étapes de base : prise de conscience de la situation, activation des ressources, coordination des ressources et démobilisation des ressources (fig. 65).

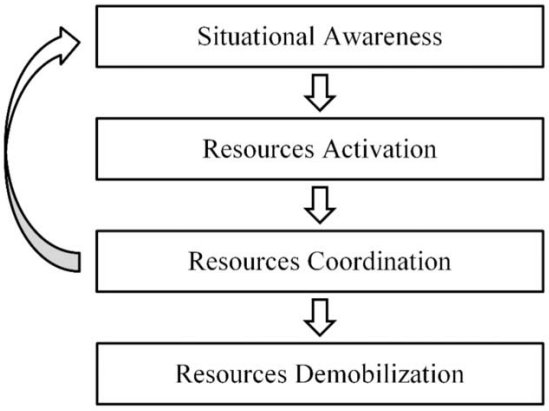


fig. 65: Les étapes de base de l'intervention d'urgence

Chaque étape a ses propres activités qui varient en fonction du type, de la taille et de la complexité de l'incident d'urgence. Cependant, il existe des activités communes qui sont généralement applicables à la plupart des types d'incidents d'urgence. L'approche utilisant la Case Management Model Notation (CMMN) offre un moyen flexible de faire face à la complexité des processus d'intervention d'urgence. Il peut être utilisé pour définir des modèles d'intervention d'urgence initiaux basés sur les meilleures pratiques, les protocoles, les règlements ou les plans d'opération d'urgence – *Emergency Operation Plan* - (EOP) existants. Le modèle CMMN peut également être facilement redéfini pour répondre à toute exigence d'urgence ou adopter de nouvelles pratiques dérivées de cas déjà traités.

Le modèle CMMN (*Case Plan - Emergency Response)* comprend les quatre étapes (*stages*) de base mentionnées ci-dessus : *Situational Awareness*, *Resources Activation*, *Resource Coordination*, and *Resource Demobilisation (**Error! Reference source not found.**)*. Chaque étape comporte ses propres activités qui varient en fonction du type, de la taille et de la complexité de l'urgence. L'étape Situational Awareness se compose de trois activités : *Gather incident information* (rassembler les informations sur l'incident), *Fetch incident-related data* (Récupérer les données relatives à l'incident) er *Send notification* (envoyer une notification).

La *Gather incident information* est une tâche humaine bloquante destinée à recueillir les informations de base sur l'incident. Cette tâche est automatiquement activée une fois que l'instance de cas est initiée. La collecte d'informations sur l'incident est une activité essentielle de la phase de connaissance de la situation, elle est donc obligatoire (**!**), et comme il s'agit d'une activité continue pendant l'exécution de l'intervention d'urgence, elle est marquée du signe de répétition (**#**) pour représenter ce comportement.

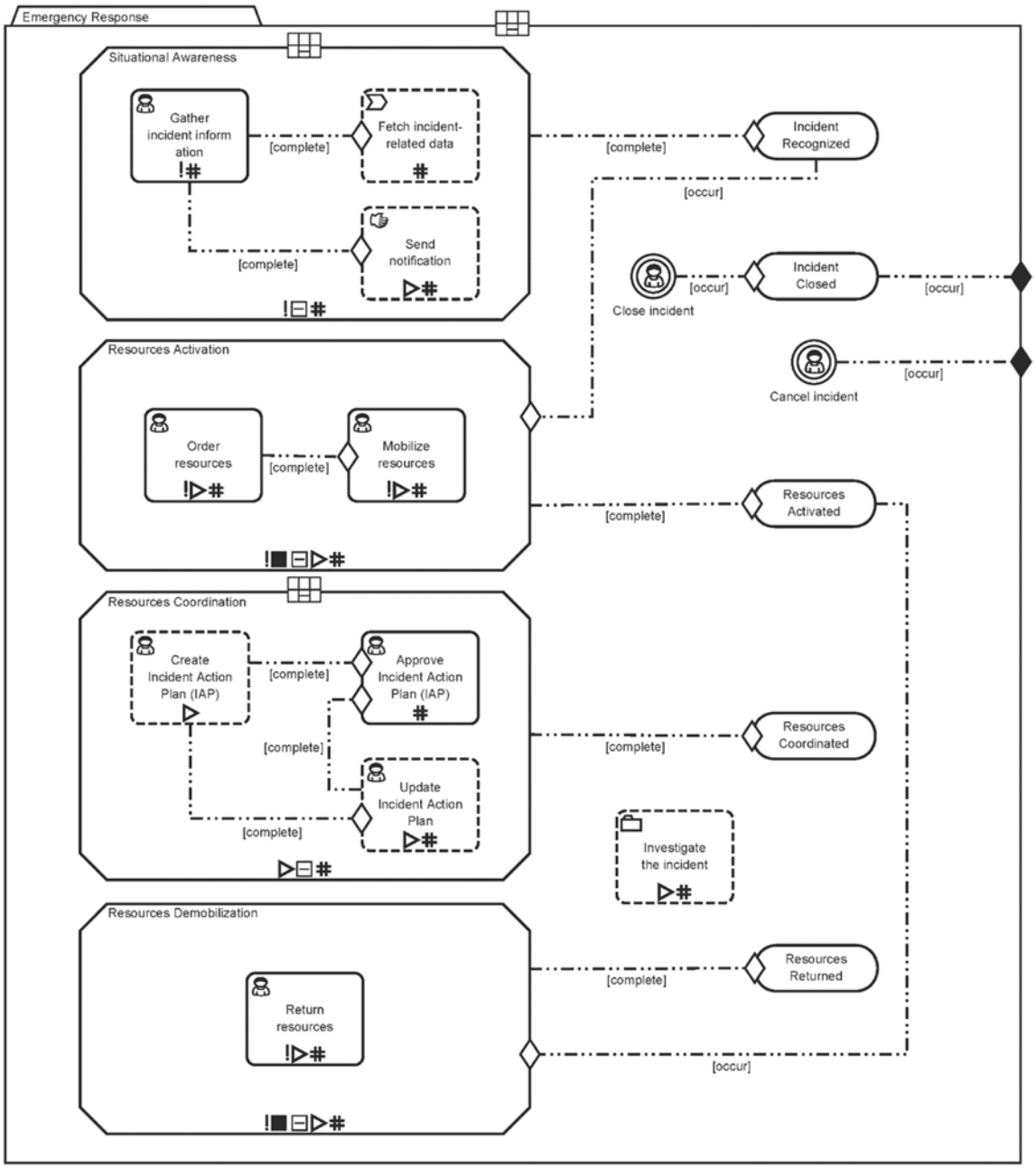


fig. 66: Modèle CMMN pour le processus d'intervention d'urgence

Fetch incident-related data (Récupérer les données relatives à l'incident) est une tâche de processus discrétionnaire qui permet d'extraire automatiquement toutes les données relatives à l'incident stockées dans des bases de données internes ou externes, telles que les guides d'intervention, les procédures d'urgence, les procédures opérationnelles standard, les plans de construction, etc. Cette tâche peut être répétée (**#**) chaque fois que les informations sur l'incident sont mises à jour.

Send notification (Envoyer une notification) est une tâche humaine discrétionnaire non bloquante qui permet d'envoyer des messages de notification, comme des alertes ou des avertissements, aux autorités ou aux communautés concernées. Cette activité est activée manuellement (**>**) lorsque cela est nécessaire, et peut être répétée plusieurs fois (**#**). L'achèvement de l'étape déclenche l'obtention du jalon *Incident Recognized* (Incident reconnu).

Ce jalon est une condition préalable (◇) à la activation de la deuxième phase d'intervention *Resources activation*. L'étape d'activation des ressources est utilisée pour activer les ressources et les capacités d'intervention disponibles en fonction des besoins identifiés de l'incident. Cette étape est obligatoire (**!**), auto complétée (**A**), activée manuellement (**>**) et répétée (**#**). Le décorateur de complétion automatique (**A**) est utilisé pour cette étape car il ne contient pas d'éléments discrétionnaires et sera donc automatiquement complétée après l'achèvement de tous ses éléments.

L'étape d'activation des ressources contient deux activités de base : *Order Resources* (Commander les ressources) et *Mobilize Resources (Mobiliser les ressources)* . *Order Resources* est une tâche humaine bloquante qui consiste à demander des ressources d'intervention - comme du personnel, des équipements et des outils - en fonction du type, de la taille et de la complexité de l'incident d'urgence. Cette tâche est obligatoire (**!**), activée manuellement (**>**) et répétée (**#**). *Mobilize Resources* est également une tâche humaine bloquante qui consiste à préparer, organiser et déployer les ressources d'intervention demandées. Il s'agit également d'une tâche obligatoire (**!**), activée manuellement (**>**) et répétée (**#**). L'achèvement de l'étape d'activation des ressources déclenche la réalisation du jalon *Resources activated (*Ressources activéè).

La troisième étape de est *Resources Coordination*. Cette étape est utilisée pour planifier les activités d'intervention et pour gérer les ressources d'intervention en fonction du type, de la taille et de la complexité de l'incident d'urgence. Cette étape dispose d'un *PlanningTable* pour les éléments discrétionnaires contenus. Elle est également activée manuellement (>) et répétée (#). Les activités incluses dans cette étape sont les suivantes: *Create*

Incident Action Plan (IAP), *Update Incidente Action Plan* et *Approve Incident action Plan*. Le IAP est un exemple de plan de gestion des incidents standard qui peut être utilisé pour documenter officiellement les buts de l'incident, les objectifs de la période opérationnelle, la stratégie d'intervention et d'autres détails.

Le *Incident Action Plan* peut être simple ou très compliqué en fonction des caractéristiques de l'incident d'urgence. *Create IAP* est une tâche humaine, bloquante, discrétionnaire et activée manuellement (>) pour élaborer le IAP. Après sa création, il doit être approuvé par le biais de la tâche *Approve IAP*. *Approve IAP* est une tâche humaine bloquante (**#**) répétée pour autoriser la publication et l'exécution du IAP. Celui-ci est un document dynamique qui peut être mis à jour ou modifié à tout moment en fonction des besoins émergents, ce qui peut être fait en utilisant la tâche *Update IAP*. La mise à jour du IAP est une tâche humaine, bloquant, activée manuellement (**>**) et répétée (**#**). Les mises à jour ou les modifications du IAP initial déclenchent le IAP d'approbation. L'achèvement de l'étape de coordination des ressources déclenche la réalisation du jalon *Resources Coordinated*.

La quatrième et dernière étape de l'intervention d'urgence est la *Resources Demobilisation*. Cette étape comprend le retour ordonné, sûr et efficace des ressources d'intervention à leur emplacement et statut d'origine. Elle ne peut être activée manuellement (**>**) que si le jalon *Resources Activated* est atteint (**◇**). Elle est également obligatoire (**!**), auto complétée (**▪**), et répétée (**#**). L'étape de démobilisation des ressources contient une tâche humaine, bloquante, obligatoire (**!**), activée manuellement (**>**) et répétée (**#**) pour rendre les ressources d'intervention commandées et activées. Une fois l'étape de démobilisation des ressources terminée, le jalon *Resources Returned* est déclenché.

En plus des étapes de base de l'intervention d'urgence, l'incident peut, dans certains cas, nécessiter des activités supplémentaires telles que l'enquête sur l'incident. *Investigate the incident* est une *Case Task* discrétionnaire qui peut être utilisée pour appeler un autre cas - c'est-à-dire ouvrir un cas pour enquêter sur les causes profondes ou les effets de l'incident d'urgence. *Incident Closed* et

Cancel Incident sont deux *User Event Listener* qui peuvent être utilisés par l'utilisateur final pour fermer ou annuler manuellement le cas à tout moment pendant le cycle de vie du cas.

Modèle de gestion d'une inondation

Afin de démontrer comment le modèle CMMN peut être utilisé dans des scénarios plus spécifiques et réalistes, un modèle de processus de réponse pour un cas concret d'une urgence causée par une inondation est décrit dans ce qui suit. L'exemple est un processus de gestion des inondations (20) .

Les inondations sur la rivière Oka sont des événements saisonniers, et menacent les zones d'habitation et les infrastructures critiques (par exemple, un pont ferroviaire, un pont routier à pontons, une centrale électrique, des installations de stockage industriel, etc.) Ce processus est modélisé avec la notation BPMN (fig. 67) et mis en œuvre dans le système COS Operation Centre (COSOC) pour gérer les crises liées aux inondations de la rivière Oka dans la région de Moscou, en Russie.

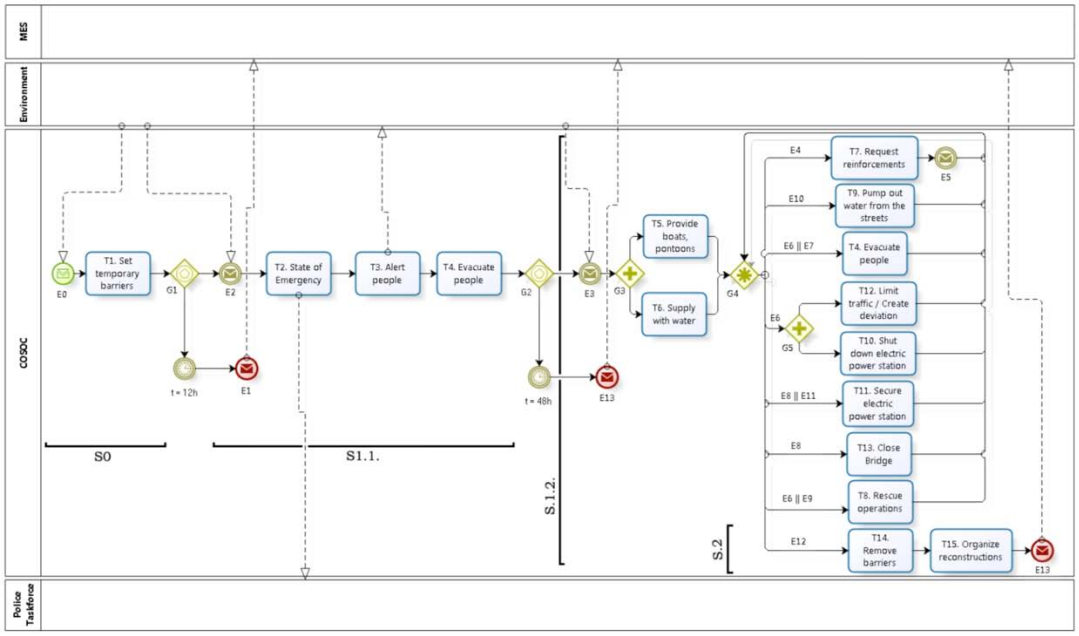


fig. 67: Modèle en BPMN pour la gestion des inondations sur la rivière Oka

Le personnel d'intervention d'urgence utilise le COSOC pour recueillir les informations relatives à l'incident et pour gérer les opérations d'intervention conformément aux directives prédéfinies de gestion des urgences. Le processus de gestion des inondations est déclenché lorsque le niveau d'eau de la rivière Oka dépasse le seuil d'alerte de 10 cm.

Stage	Event ID	Event Description	Task ID	Response Descrition
0	E0	fllod alert: h > 10 cm	T1	set temporary barriers
	E1	end of alert	-	end of alert
1.1	E2	emergency: h > 10 cm and keep rising	T2	state of emergency
			T3	alert people
			T4	evacuate people
1.2	E3	elevated risk: h > 25 cm	T5	provide boats, pontoons
			T6	supply with water
	E4	request for resources	T7	request reinforcement
	E5	report: resources are sent	-	resources are sent
	E6	high risk: h > 40 cm	T12	limit traffic/create deviation
			T10	shut down electric power station
	E7	request for evacuation	T4	evacuate people
	E8	alert: h > 45 cm	T13	close bridge
	E9	request for rescue operation	T8	rescue operation
	E10	alert: streets are flooded	T9	pump out water from streets
	E11	alert: electric power plant is flooded	T11	secure electric power station
2	E12	below critical: h < 25 cm	T14	remove barriers
			T15	organise reconstruction
	E13	end of emergency	-	end of emergency

fig. 68: Événements et activités de réponse du processus de gestion des inondations basé sur le modèle BPMN de COSOC

Les actions d'intervention sont déclenchées par les événements et s'intensifient en fonction de l'évolution de la gravité de l'incident (par exemple, niveau d'eau atteint, rapports des unités d'intervention, etc.) Le tableau in fig. 68 montre les différents événements et les activités de réponse correspondantes supportés par le processus de gestion des inondations.

La fig. 69 illustre le modèle CMMN pour le même processus de gestion. Le modèle comprend trois étapes (*stage)* principales : *S0.Flood Alert*, *S1.Flood Emergency*, et *S2.Restoring Normal Functioning*. Ces étapes sont lancées en fonction de l'événement déclencheur qui représente l'escalade de l'incident (c'est-à-dire l'augmentation du niveau d'eau). La première activité du modèle est représentée par *Get water level*. L'objectif de cette tâche est de recueillir les informations en temps réel sur le niveau d'eau à partir des ressources de surveillance de l'environnement (par exemple, les réseaux sociaux, les capteurs sans fil, les caméras vidéo, etc.).

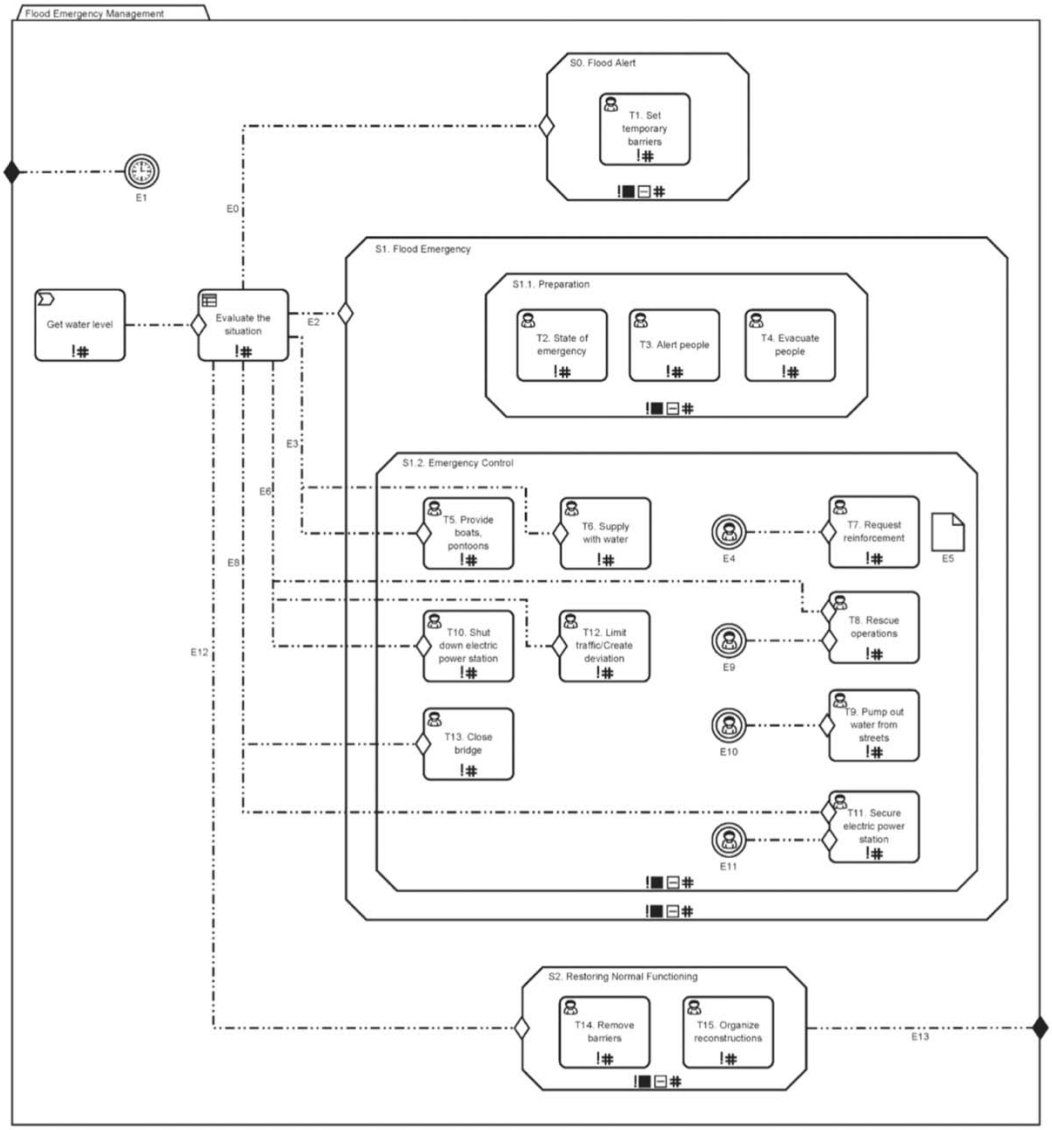


fig. 69: Modèle CMMN pour le processus de gestion des inondations

Sur la base des informations collectées, la situation est évaluée par une tâche de decision appelée *Evaluate the situation*. Cette tâche invoque un modèle DMN qui contient les événements et leurs décisions correspondantes (activité de réponse) en fonction du niveau d'eau signalé (E0, E2, E3, E6, E8 et E12). Par exemple, l'événement *E0 Flood Alert: h > 10 cm* déclenche la première étape *S0.Flood Alert*, qui comprend une tâche humaine, bloquante *T1.Set Temporary Barriers*. Si le niveau de l'eau redescend dans les 12 heures, l'alerte d'urgence est terminée E1 (*end of alert*). Cela peut être modélisé dans CMMN comme un *TimerEventListener* pour attraper des intervalles de temps prédéfinis. La deuxième étape *S1.Flood Emergency* est lancée lorsque se produit l'événement

E2 (*Emergency : h > 10 cm and keep rising*). Cette étape comporte deux sous-étapes : *S1.1.Preparation* et *S1.2.Emergency Control* pour traiter différents scénarios de gestion de l'inondation basés sur une variété d'escalades d'événements. Par exemple, en cas de E6 (*high risk* : *h > 40 cm*), deux tâches humaines bloquantes *T12.Limit traffic/create deviation* et *T10.Shutdown Electric Power* doivent avoir lieu. Un autre exemple est la *T11.Secure Electric Power Station*, qui est une tâche humaine bloquante, devant être exécutée lorsque l'événement E8 (*alert : h > 45 cm*) ou E11 (*alert : electric power plant is flooded*) se produit. E4, E9, E10 et E11 sont des *UserEventListener* pour attraper les événements qui sont soulevés par un *case worker*. L'élément *CaseFileItem* est utilisé pour modéliser le rapport de E5 (*resources are sent*).

Enfin, la troisième étape S2.*Restoring Normal Functioning* est lancée lorsque le niveau d'eau passe sous le niveau critique E12 (*below critical : h < 25 cm*). Cette étape comprend deux tâches humaines bloquantes *T14.Remove barriers* et *T15.Organize reconstructions*. Une fois cette étape terminée, l'urgence de l'incident est terminée E13 (end of emergency) et le dossier peut être clos.

En conclusion, les auteurs ont constaté que le CMMN présente plusieurs avantages par rapport aux Statecharts recommandés par Kushnareva dans (18) (19) (20). Premièrement, CMMN est une approche de modélisation standardisée qui est développée et maintenue par une organisation professionnelle (OMG). Cela encourage certainement les fournisseurs de l'industrie à la mettre en œuvre et à la soutenir, en particulier ceux qui ont contribué à l'élaboration des spécifications CMMN. Deuxièmement, CMMN prend en charge l'invocation d'une table de décision modélisée par DMN par le biais d'une *DecisionTask*. Cela permet de séparer la logique de décision (c'est-à-dire les règles métier) de la logique de processus (c'est-à-dire les activités métier), comme le recommandent les meilleures pratiques de gestion des processus. En outre, cela simplifie la modélisation des processus et encourage une gestion centralisée des règles métier. Enfin, le modèle CMMN permet de modéliser des éléments discrétionnaires (étape ou tâche) qui aident à définir la portée de la planification de l'exécution pour un certain contexte.

Du modèle BPMN au modèle décisionnel DMN

L'un des moyens de relier les modèles de décision DMN aux modèles de processus BPMN consiste à associer les décisions aux activités de processus dans lesquelles le processus de décision doit se dérouler. Ces activités de décision peuvent être liées à un modèle de décision qui détaille les exigences de décision et la logique de décision interne de l'activité. La combinaison des modèles BPMN et DMN permet de le faire naturellement en modélisant la logique de décision séparément de la logique de processus. Dans une étude intéressante, les auteurs (26) ont défini une façon d'extraire des modèles de décision DMN à partir de modèles de processus BPMN, en se concentrant sur la perspective des données du modèle de processus et en fournissant une approche pour dériver un modèle DMN qui inclut ces décisions. Pour démontrer les résultats obtenus, un exemple de modèle BPMN initial et les étapes pour obtenir le modèle DMN correspondant sont décrits. L'exemple concerne le processus de diagnostic et de traitement des patients souffrant de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), effectué par des médecins et des pneumologues en milieu hospitalier. La BPCO est une affection chronique et irréversible des poumons, causée par la fumée de tabac ou l'exposition à des environnements fortement pollués.

Les soins hospitaliers pour la BPCO sont principalement axés sur la surveillance et la réduction des symptômes du patient, dont la gravité détermine le stade de la maladie et, par conséquent, la manière dont le patient doit être traité. Le modèle BPMN de la gestion des visites aux patients se présentant à l'hôpital en se plaignant de malaises est illustré à la fig. 70. Pour simplifier, il a été considéré que les patients ont soit une BPCO établie avec une aggravation soudaine des symptômes, soit des symptômes suggérant un diagnostic de BPCO. Les principales étapes du processus introduit sont illustrées par le modèle de processus BPMN de la fig. 70.

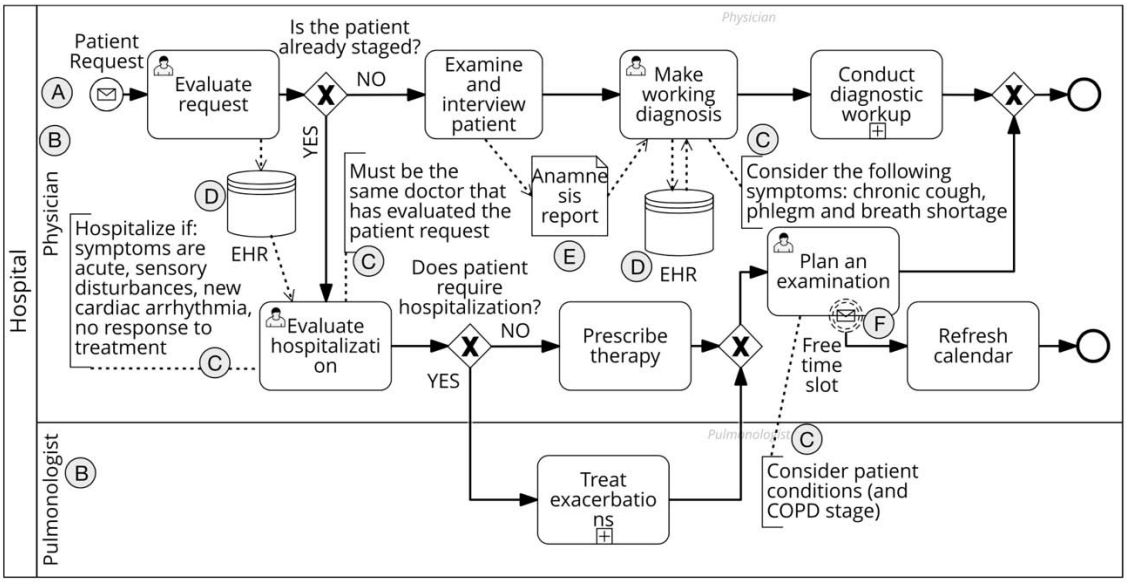


fig. 70: Exemple de modèle de processus BPMN pour le diagnostic de patients suspectés de bronchopneumopathie chronique obstructive.

Le *Start Event Patient Request* représenté par un marqueur d'enveloppe, déclenche le processus. Certains événements, tels que les événements de type message, signal, escalade et erreur, ont la capacité de transporter des données. Parmi eux, les messages sont utilisés pour représenter les éléments physiques ou d'information modifiés pendant une communication entre deux participants. Dans le cadre étudié, la requête échangée entre un patient et un médecin comprend les données biographiques du patient et le motif de la consultation. La ressource de processus *Médecin B* , représentée comme une voie BPMN, réalise l'activité *Evaluate Request* en évaluant le degré d'urgence sur la base de la demande du patient. Le flux de processus est ensuite divisé en deux branches par une passerelle exclusive, étiquetée par la question *Is the patient already staged ?.* Si le patient a déjà été diagnostiqué avec une BPCO, l'activité *Evaluate hospitalization* est effectuée.

L'évaluation de l'hospitalisation est une décision qui nécessite que le médecin prenne en compte à la fois les facteurs décrits dans l'annotation textuelle C (Hospitalize if: symptons …..) associée et l'historique du patient enregistré dans le dossier médical électronique EHR, représenté sous la forme d'un magasin de données BPMN. En milieu hospitalier, le traitement des exacerbations est pris en charge par un pneumologue.

Sinon, si l'hospitalisation n'est pas nécessaire, l'activité *Prescribe therapy* est menée. Ensuite, le médecin doit planifier un examen pour réévaluer le patient. La date du rendez-vous est choisie en fonction de l'état du patient et de la disponibilité du personnel, comme le montre le correspondant *message boundary non-interrupting event*.

En revanche, si le patient n'est pas à un stade avancé, le médecin doit l'examiner (*Examine and inteview patient*) et l'interroger pour recueillir des données sur les symptômes, les signes et les habitudes tabagiques. Toutes ces données sont résumées dans le *Anamnesis Report* E, représenté comme un objet de données représentant les données volatiles échangées par les activités du processus. Ensuite, un bilan diagnostique est réalisé pour confirmer le diagnostic de BPCO ou résoudre la gêne respiratoire.

Le processus BPMN de la fig. 70 montre aussi comment les données représentées par un objet de données, une annotation textuelle, une base de données et un événement sont fournies en entrée pour les activités *Evaluate Request*, *Evaluate Hospitalization*, *Make working diagnosi*s et *Plan an Examination*. Étant donné qu'elles impliquent toutes l'évaluation, la planification et d'autres tâches à forte intensité décisionnelle telles que le diagnostic clinique, il est probable que les activités mentionnées utilisent les données associées comme données d'entrée pour prendre des décisions. Cependant, comme les modèles de processus ne sont pas destinés à représenter des décisions, il n'est pas toujours facile de comprendre si ces données liées aux processus sont également utilisées pour prendre des décisions et comment.

En général, une décision est l'acte de déterminer une valeur de sortie, à partir d'un ensemble de valeurs d'entrée, en utilisant une logique de décision pour définir comment la sortie est déterminée par les entrées. Dans la norme DMN, les modèles de décision se composent de deux couches logiques, l'une traitant des exigences de décision, l'autre de la logique de décision. Les exigences de décision sont modélisées par un graphique d'exigences de décision (DRG) qui décrit un domaine du processus de décision en spécifiant le réseau de décisions et leurs interdépendances. Un DRG peut être représenté sous la forme

d'un ou plusieurs diagrammes des exigences de décision (DRD) qui peuvent être utilisés pour présenter n'importe quelle vue particulière du DRG.

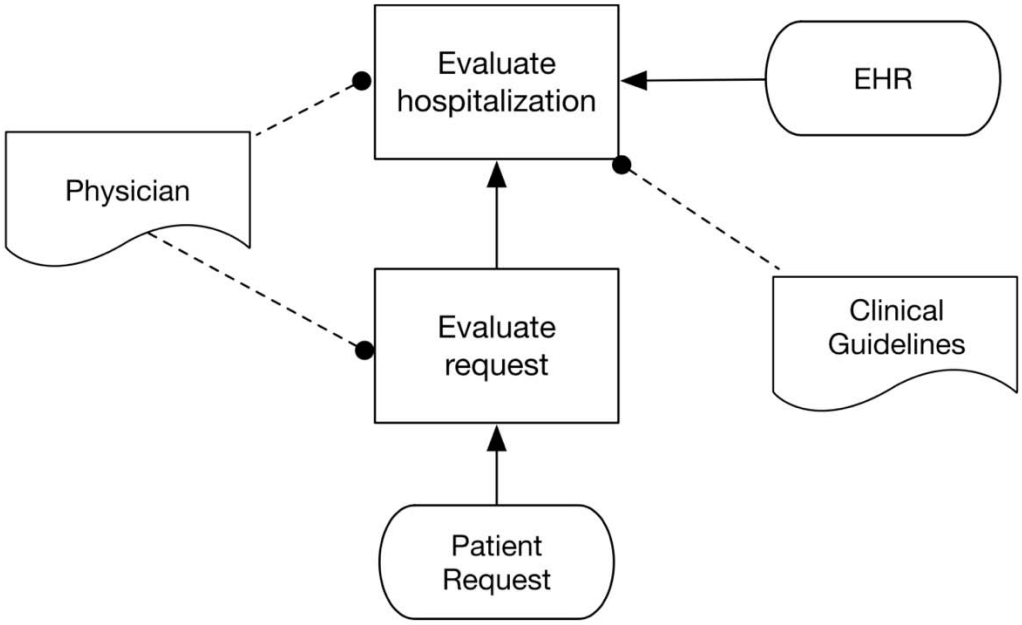


fig. 71: Exemple de DRD, représentant une décision Evaluer l'hospitalisation, basée sur la sous-décision Evaluer la demande, les données d'entrée et les sources de connaissances associées.

Un DRD représente les décisions, leurs interdépendances, ainsi que les données et les connaissances sur lesquelles elles reposent. Une décision désigne la détermination d'une sortie à partir d'un certain nombre d'entrées en utilisant une logique de décision.

L'exemple présenté in fig. 71 montre un DRD DMN qui a été dérivé d'un modèle de processus BPMN. Dans un tel scénario, la connexion entre le processus et les modèles de décision repose fortement sur les activités de décision et les données utilisées dans le processus qui ont également une valeur de décision potentielle. Cependant, l'identification des données liées au processus qui peuvent avoir une valeur décisionnelle et le problème (par exemple, les données d'entrée ou la source de connaissances) qu'elles rencontrent lorsqu'elles sont externalisées dans un modèle décisionnel dédié reste une tâche difficile pour les analystes et les concepteurs de décisions. Puisque les DRD sont conçus pour relier les modèles de processus d'affaires et la logique de décision, dans cette étude, les auteurs se sont concentrés sur le niveau des exigences de décision et sur la façon dont les données liées aux

processus utilisés pour la prise de décision peuvent être représentées dans les DRD. La fig. 71 montre un exemple de DRD lié au domaine décrit par le modèle de processus de la fig. 70. Les deux décisions *Evaluate Request* et *Evaluate Hospitalization* de la fig. 71 sont représentées par le symbole DMN de la décision, c'est-à-dire par des rectangles. Une demande de patient est évaluée sur la base des données biographiques du patient et de la raison de sa présentation.

Si le patient a déjà été pris en charge et qu'il souffre d'une exacerbation, l'hospitalisation doit être évaluée en suivant les lignes directrices cliniques pour évaluer l'acuité des symptômes et la réponse au traitement précédent.

En conséquence, la fig. 71 montre que la sortie de la décision Évaluer la demande est utilisée par la décision *Evaluate Hospitalization*, ainsi que les données d'entrée, qui contiennent les résultats de l'évaluation de la demande et, le cas échéant, le stade du patient. Les données d'entrée désignent les informations utilisées en entrée par la décision et sont représentées par une forme comportant deux côtés droits parallèles et deux extrémités semi-circulaires (symbole DMN pour la *Knowledge Source*) .

Enfin, une source de connaissances (*Knowledge Source)* désigne l'autorité d'une décision, qui peut être soit un expert du domaine responsable de la gestion de la décision (par exemple, un médecin), soit des documents sources dont la décision est dérivée (par exemple, des directives cliniques) (10).

Graphiquement, les sources de connaissances sont représentées comme des formes avec trois côtés droits et un côté ondulé. Les dépendances entre les éléments du DRD sont exprimées par différents types d'exigences. Les exigences d'information relient les données d'entrée (ou les sorties de décision) à la décision qui les utilise et sont représentées par des flèches pleines. Les exigences d'autorité dénotent la dépendance d'un élément de DRD vis-à-vis d'un autre élément de DRD qui agit comme une source d'orientation ou de connaissance, et sont représentées par une flèche en pointillé avec une tête circulaire remplie. Dans la fig. 71, la décision *Evaluate Hospitalization* est reliée à la source de connaissances *Clinical Guideline* par une exigence d'autorité.

L'exemple présenté montre un DRD DMN qui a été dérivé d'un modèle de processus BPMN. Dans un tel scénario, la connexion entre les modèles de

processus et de décision repose fortement sur les activités de décision et les données utilisées dans le processus qui ont également une valeur décisionnelle potentielle. Cependant, l'identification des données liées au processus qui peuvent avoir une valeur décisionnelle et la question (par exemple, les données d'entrée ou la source de connaissances) qu'elles traitent lorsqu'elles sont externalisées dans un modèle de décision dédié reste une tâche difficile pour les analystes et les concepteurs de décision.

Puisque les DRD sont conçus pour relier les modèles de processus d'affaires et la logique de décision, dans cette étude, les auteurs se sont concentrés sur le niveau des exigences de décision et sur la façon dont les données de processus utilisées pour la prise de décision peuvent être représentées dans les DRD.

Les types de données utilisées par les activités de processus pour prendre des décisions sont essentiellement :

- événement de message de départ ;
- ressource ;
- annotation textuelle ;
- magasin de données ;
- objet de données ;
- des événements limitrophes non interruptifs.

Dans BPMN, le fait que les décisions soient encodées dans les modèles de processus pose des problèmes d'évolutivité, de maintenabilité, de flexibilité et de réutilisation. En particulier, les modèles de processus contiennent de nombreux éléments de données, archives ou événements, ce qui peut conduire à une valeur de décision cachée. Les données sont reliées aux activités de prise de décision et utilisées comme données d'entrée pour la prise de décision. Cependant, il est difficile, en examinant simplement un modèle de processus, de comprendre quelles informations doivent être désagrégées et incluses dans un modèle de décision dédié. Comme solution possible, un ensemble de patterns BPMN qui capturent la perspective des données à partir de modèles de processus

et une mise en correspondance avec les fragments DRD DMN correspondants ont été identifiés.

Catégorie	Élément	Pertinence
Flow Objects	Start events, intermediate catching events, boundary events	+/-
	Activities	-
	Gateways	-
Data	Data objects	+
	Data inputs/outputs	+
	Data stores	+
Swimlanes	Pools	+/-
	Lanes	+/-
Artifacts	Groups	-
	Text annotations	+
Connecting object	Sequence flows	+/-
	Conditional flows	-
	Message flows	-
	Associations	+/-
	Data associations	+/-
	Exception flow	+/-

fig. 72: Pertinence des éléments BPMN pour capturer les données explicitement représentées dans les modèles de processus qui peuvent être utilisées par les activités de décision pour prendre des décisions. La pertinence totale est représentée par le symbole ''+'', la pertinence partielle par le symbole ''+/-'' et la non-pertinence totale par le symbole ''-''.

Étape 1 : Analyse BPMN pour identifier les modèles décisionnels

Afin de spécifier un ensemble complet et fondé de schémas décisionnels, les auteurs ont effectué des analyses qualitatives systématiques de la norme BPMN et ont pu identifier les éléments de la notation susceptibles de contenir des données qui sont ensuite utilisées par les activités décisionnelles, en particulier les éléments et attributs visibles qui sont généralement utilisés dans la modélisation des processus de haut niveau. À partir de cette analyse, ils ont pu déterminer quels éléments (contenant des données) sont plus ou moins

pertinents pour être utilisés dans les activités de prise de décision. Le tableau in fig. 72 résume les éléments les plus significatifs en correspondance avec lesquels la pertinence est indiquée : " + " indique une pertinence totale, " +/- " une pertinence partielle, " - " pas de pertinence.

Étape 2 : Définition des modèles de décision en BPMN.

A partir des résultats de la phase 1, un ensemble de modèles de décision capturant la perspective des données de BPMN a été défini et formalisé. Chaque modèle correspond à un fragment de processus représentant une activité de décision basée sur des données relatives au processus lui-même, qui peuvent être extraites et représentées dans un modèle de décision distinct. La figure 37 montre l'ensemble des motifs de décision П1-П6, dérivés de l'analyse de la norme BPMN. Chaque pattern correspond à un fragment du processus, c'est-à-dire à un sous-ensemble du modèle de processus.

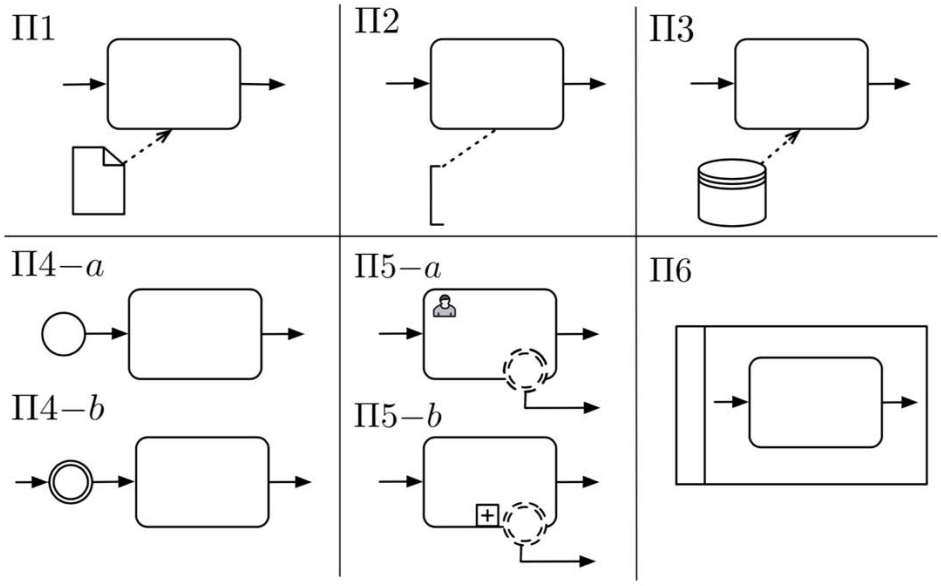


fig. 73: Résumé des modèles de décision BPMN.

À partir des définitions préliminaires suivantes, on présente les critères pour lesquels une activité de décision correspond à un modèle BPMN.

- $m = (N, DN, C, TA, F , T , R, \alpha k, \alpha t , \beta, \rho, DA)$ modèle de processus.
- *da* l'activité de décision,
- *do1*, ..., *don* objet de données,
- (*do1, da*), ..., (*don, da*) association de données
- *ta1*, ..., *tan* annotation textuelle
- *ds1*, ..., *dsn* magasin de données
- *e* événement
- $(e, da) \in C$ flux de contrôle
- *eb1*, . . . , événement limite *ebn*
- *r* ressource

Π1 Objets de données utilisés par une activité de décision.

Une activité de décision utilise les informations contenues dans un ou plusieurs objets de données qui lui sont liés comme données d'entrée pour le processus de décision. Une activité de décision $da \in DA$ utilise un ensemble d'objets de données $DO' \subseteq DO$ si et seulement si $\forall\ do \in DO'$, $(do, da) \in F$. Π1 est un fragment de processus qui consiste en une activité de décision $da \in DA$, un ensemble d'objets de données $DO' \subseteq DO$, et un ensemble d'association de données $FDO' = \{(do, da) \mid do \in DO' \} \subseteq F$.

Π2 Annotations de texte utilisées par une activité de décision.

Une activité de décision utilise les informations contenues dans une ou plusieurs annotations textuelles qui lui sont liées comme données d'entrée pour la prise de décision ou pour fournir des détails sur les sources de la décision ou le décideur. Une activité de décision $da \in DA$ utilise l'ensemble des annotations textuelles $TA' \subseteq TA$ si et seulement si $\forall\ ta \in TA'$, $(ta, da) \in T$. Π2 est un fragment de processus constitué d'une tâche de décision $da \in DA$, d'un ensemble d'annotations textuelles $TA' \subseteq TA$, et d'un ensemble d'associations indirectes $T' = \{(ta, da) \mid ta \in TA' \}$.

П3 Les magasins de données utilisés par une activité de décision.

Une activité de décision utilise des informations extraites d'un ou plusieurs magasins de données comme données d'entrée pour la prise de décision.

Une activité de décision *de* ∈ DA utilise l'ensemble des magasins de données DS’ ⊆ DS si et seulement si ∀ *ds* ∈ DS’, (*ds, da*) ∈ F. П3 est un fragment de processus constitué par l'activité de décision *da* ∈ DA, un ensemble de magasins de données DS’ ⊆ DS et un ensemble d'associations de données FDS’ = {(*ds, da*) | *ds* ∈ DS’} ⊆ F.

П4 Données d'événement utilisées par une activité de décision ultérieure.

Une activité de prise de décision utilise les informations apportées par un événement survenu précédemment comme données d'entrée pour le processus de prise de décision.

Variantes

П4—a) est un fragment de processus constitué d'un événement de départ *e*, d'un flux de contrôle (*e, da*) ∈ *C* et d'une activité de décision *da*. Une activité de décision *da* ∈ DA utilise l'information apportée par un événement de départ précédemment survenu *e* ∈ *Estart* si et seulement si (*e, de*) ∈ C.

П4—b)

est un fragment de processus constitué d'un événement intermédiaire *e*, d'un flux de contrôle (*e, da*) ∈ C, et d'une activité de décision *da*. Une activité de décision *da* ∈ DA utilise l'information apportée par un événement intermédiaire précédemment survenu *e ∈ Eint* si et seulement si (*e, de) ∈ C*.

П5 - Données d'événements limites utilisées par une activité de décision.

Une activité de décision utilise les données apportées par un ou plusieurs événements limites non interruptifs comme données d'entrée pour la prise de décision.

Variantes

П5-a est un fragment de processus constitué de la tâche de décision de l'utilisateur et d'un ou plusieurs événements limites non interruptifs *eb1,... , ebn*.

Une tâche de décision en cours *da* ∈ DA peut être affectée par l'occurrence d'un ensemble d'événements limites non interruptifs E'B ⊆ EB si et seulement si ∀ *eb* ∈ E'B, β'(*da*) → E'B où β' : A → 2E'B est la restriction de β à E'B, *eb* se produit pendant que *da* est en cours d'exécution, ϵk (*eb*) → non interruptif, *αk (da*) → tâche et αt (da) → utilisateur.

Π5-b est un fragment de processus constitué du sous-processus de décision from, et d'un ou plusieurs événements limites non interruptifs eb1, ..., ebn. Une activité de décision en cours da ∈ DA peut être affectée par l'occurrence d'un ensemble d'événements limites non interruptifs E'B ⊆ EB si et seulement si ∀ eb ∈ E'B, β'(da) → E'B où β' : A → 2E'B est la restriction de β à E'B, eb se produit pendant que da est en cours d'exécution, ϵk (eb) = non interruptif, et αk (da) = sous processus.

Π6. Activité de décision associée à une ressource spécifique

Une activité de décision est exécutée par une ressource ayant un rôle spécifique dans le processus. Les informations sur le rôle peuvent être utilisées pour déterminer si le décideur est également une autorité pour la décision. Une activité de décision *da* ∈ DA est réalisée par une ressource de processus *r ∈ R* avec un rôle spécifique si et seulement si *ρ(da*) = r.

Une fois que les principaux schémas de décision ont été identifiés et définis (fig. 74), ils doivent être mis en correspondance avec des éléments ou des fragments de diagrammes d'exigences de décision DMN.

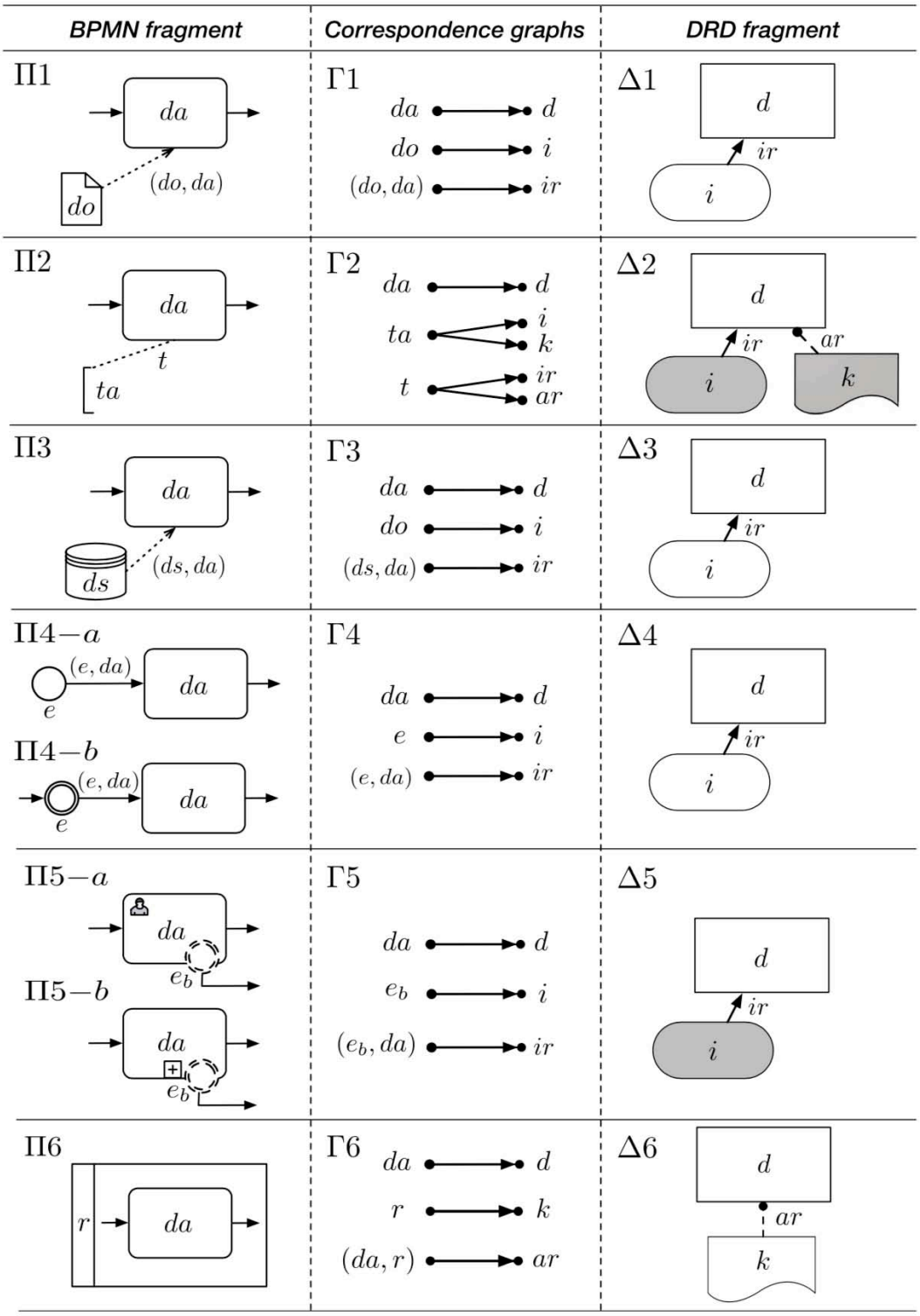


fig. 74: Mappage des patterns BPMN introduits aux fragments DRD correspondants. L'ombrage des formes DRD signifie que les éléments sont facultatifs pour la modélisation et l'exécution.

Étape 3 : Étape 3 : Mise en correspondance des modèles de décision BPMN avec les DRD du DMN.

Les modèles BPMN classés dans la deuxième phase peuvent être utilisés par les analystes et les concepteurs pour identifier les décisions dans un modèle de processus, fournissant ainsi une base pour l'amélioration du processus. La cartographie définie dans la troisième étape peut guider l'extraction d'un ensemble de fragments de DRD à partir du modèle de processus (fig. 75), complétant ainsi une analyse préliminaire de la prise de décision coordonnée par processus. Les activités de décision identifiées dans le processus de la fig. 75 et les correspondants fragments DMN sont présentés dans le tableau fig. 76.

Comme ces fragments de DRD constituent un modèle de décision DMN non adapté, les concepteurs doivent combiner les fragments obtenus en tenant compte de la corrélation entre les différentes décisions pour obtenir un modèle DMN complet et unique. Ensuite, le modèle de processus considéré peut être remanié afin d'utiliser plus efficacement le processus de décision. Lors de la création de la spécification finale, les concepteurs doivent se demander si les données de processus doivent également rester dans le modèle de processus ou s'il est suffisant de les conserver dans le modèle de décision extrait. L'application du mappage DMN du processus de diagnostic de la maladie pulmonaire obstructive chronique est présentée dans la fig. 77.

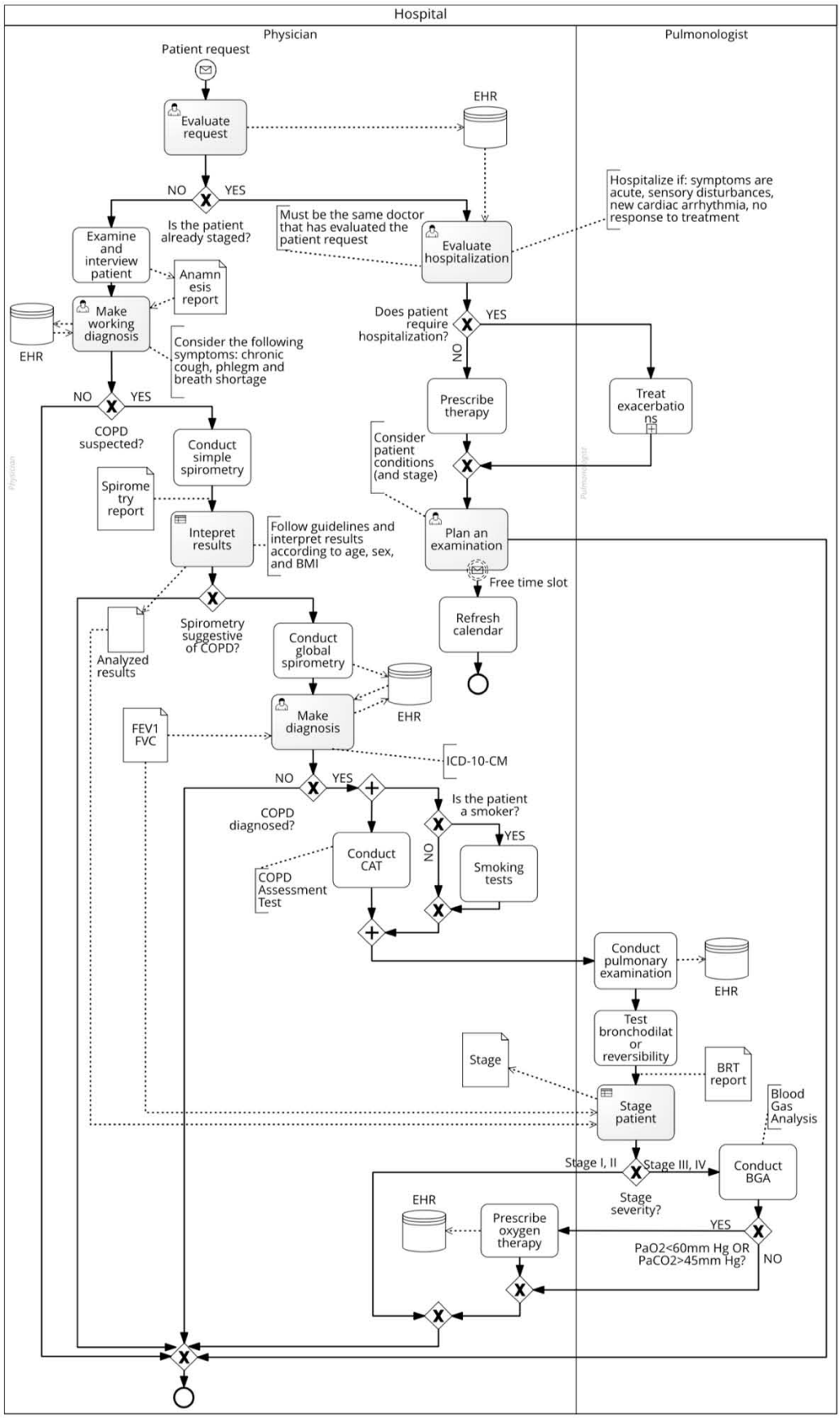


fig. 75: Processus de gestion de la présentation non planifiée de patients pouvant être atteints de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO). Les activités de décision sont ombrées.

Decision activity	Identification of decision patterns
Evaluate request	It uses the information related to the patient and cause of presentation, carried by start message event Patient Request, as input data (П4−a). The physician who evaluates the incoming patient is responsible for making and maintaining the decision (П6).
Make working diagnosis	It is mostly based on data regarding the patient's health condition, gathered from the Anamnesis report (П1), represented as a data object, and from the EHR (П3). All data are interpreted according to clinical guidelines, summarized by the linked text annotation (П2). A physician is the authority responsible for the working diagnosis (П6).
Interpret results	It takes data object Spirometry report as an input (П1) and evaluates its content based on clinical guidelines (П2), but also taking into consideration the patient's age, sex, and BMI (П2). This latter information is used as input data and, thus, it is represented as a DRD input, while guidelines are mapped onto a knowledge source.
Make diagnosis	It relies on the results of global spirometry and on the working diagnosis, both stored in the EHR (П3). The results of global spirometry are compared with reference values FEV1 and FVC, represented as a data object (П1). Text annotation ICD-10-CM denotes diagnosis encoding, thus being irrelevant decision-making. A physician is responsible for making the diagnosis and is also an authority for that decision (П6).
Stage patient	Staging is carried out by a pulmonologist, who classifies the patient into a specific COPD stage, depending on the previously made spirometry interpretation results, on the and on the information contained in the BRT report, both represented as data objects (П1). Process resource Pulmonologist is not responsible for the governance of patient staging and, thus, it is excluded from the selection of the patterns.
Evaluate hospitalization	It must consider the patient's current and past symptoms, and the history of previous exacerbations or treatments, as stated in the attached text annotation "Hospitalize if: symptoms [...]" (П2). Data regarding both previous exacerbations and symptoms are retrieved from the EHR (П3), where the output of activity Evaluate request is also recorded. Physicians are responsible for evaluating hospitalization and for maintaining that decision (П6). Text annotation "Must be the same doctor that has evaluated the patient request" does not contain information valuable for decision-making and, thus, it is discarded.
Plan an examination	It is executed by a physician (П6), who considers the patient's stage as an input, as described in the attached text annotation (П2). Besides, real time data about physicians availability must be considered: if a free time slot becomes available it is used during the planning (П5−a).

fig. 76: Activités de décision identifiées dans le processus BPMN et les patterns de décision associés.

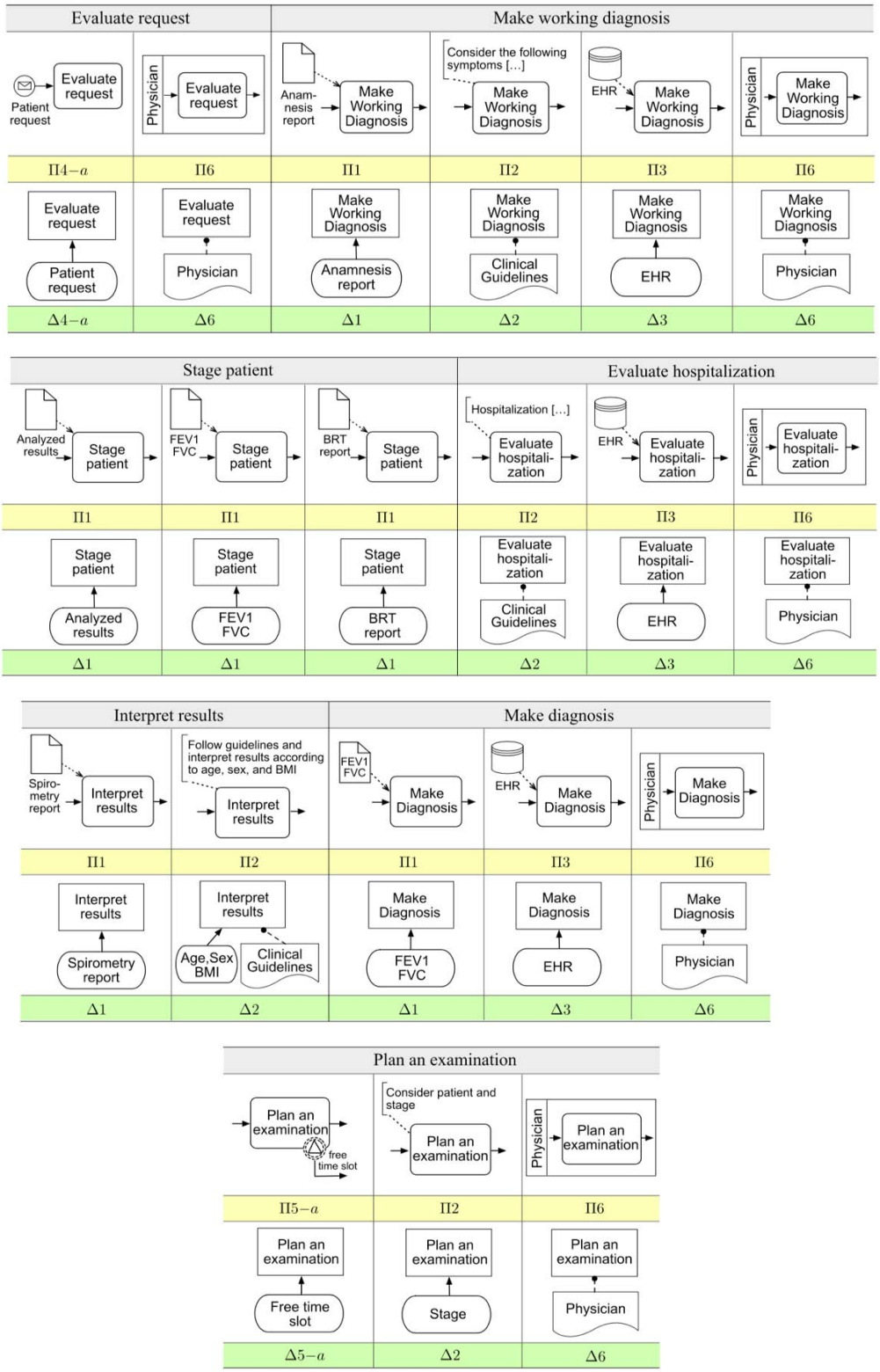


fig. 77: Modèles de décision extraits des activités de décision et fragments DRD correspondants.

Une fois qu'un ensemble de fragments de DRD a été dérivé, deux autres étapes de post-traitement sont nécessaires pour obtenir un modèle de décision représentant les décisions précédemment encodées dans le processus. Tout

d'abord, il faut construire un graphe complet des exigences de décision en combinant les fragments obtenus en un ou plusieurs DRD. Dans certains cas, plusieurs combinaisons des DRD extraits sont suffisantes pour décrire un scénario, et c'est au concepteur de choisir la plus appropriée, en tenant compte des commentaires des parties prenantes. Une fois que le DRD complet a été construit pour un modèle de décision donné, le modèle de processus original peut être adapté pour améliorer la représentation des données et les activités de prise de décision. En général, le processus d'adaptation est effectué pour réduire les incohérences et améliorer l'intégration des processus et des modèles de décision.

Par exemple, les fragments de DRD dérivés du processus ont été combinés ensemble et compilés en deux DRD distincts, présentés à la fig. 78. Pour relier les différentes décisions, on a pris en compte à la fois les relations entre les activités de décision dictées par le flux de contrôle du processus et le flux d'informations (c'est-à-dire les relations d'entrée/sortie et l'accès aux données partagées) reliant ces activités. Considérons le cas (a) de la fig. 78(a). L'activité de décision "*Make Working Diagnosis*" produit en sortie un diagnostic préliminaire basé sur les données stockées dans le EHR du patient et jointes au rapport sur les antécédents médicaux, qui sont interprétées conformément aux directives cliniques.

Ce diagnostic préliminaire est combiné aux résultats de la spirométrie simple, analysés au cours de l'activité de décision Interpréter les résultats, et de la spirométrie globale, tous deux stockés dans le EHR et utilisés comme données d'entrée dans l'activité de décision *Make Diagnosis*. Ce flux d'informations s'effectue principalement par le biais du magasin de données du EHR, mais le flux de contrôle du processus établit également un ordre partiel entre les activités *Make Working Diagnosis* et *Make Diagnosis*. Ainsi, une exigence d'information est ajoutée au DRD de la la fig. 78 (b) qui relie la décision *Make Working Diagnosis* à la décision *Make Diagnosis*.

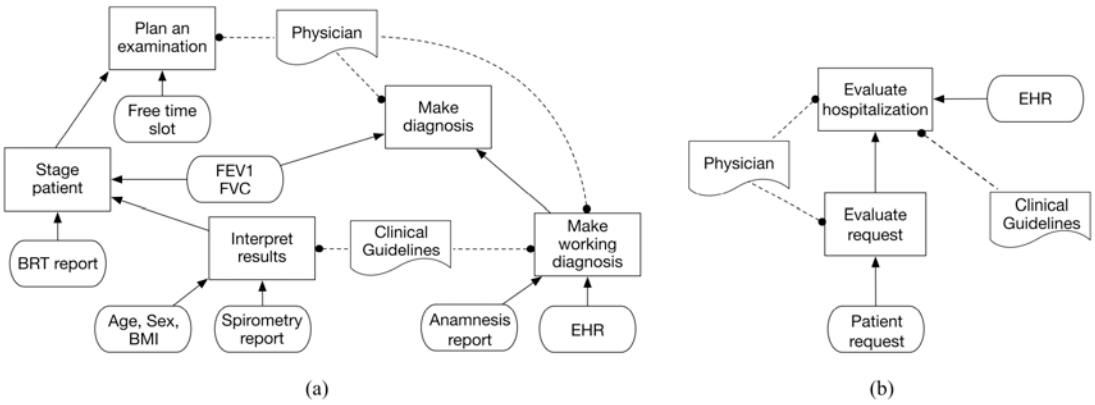


fig. 78: DRD obtenus par la composition des fragments DMN

Une fois le diagnostic posé, le patient doit être informé des résultats de l'épreuve de réversibilité des bronchodilatateurs (BRT) et de l'évaluation par spirométrie. Par conséquent, l'activité *Stage Patient* prend la sortie de l'activité *Interpret Result*, ainsi que le rapport du test de réversibilité. Dans la la fig. 78 (a), cette relation entrée/sortie est illustrée par l'exigence supplémentaire entre les décisions *Interpret results* e *Stage patient*. Enfin, l'activité de décision *Plan An Examination* détermine quand le patient doit être examiné par le médecin, en fonction du stade de la maladie constaté et de la disponibilité. Par conséquent, le *Plan An Examination* utilise les résultats de l'activité *Stage Patient* et, dans la la fig. 78(a), il est représenté par une exigence d'information qui va de *Stage Patient* vers *Plan An Examination*. Au lieu de cela, la la fig. 78(b) montre une exigence d'information entre les décisions *Evaluate Request* et *Evaluate Hospitalization*, qui constituent ensemble un DRD indépendant. Ces deux décisions dépendent l'une de l'autre car la demande du patient comprend des informations sur le patient, comme l'historique de ses exacerbations précédentes, qui sont directement utilisées pour évaluer la nécessité d'une hospitalisation. De plus, l'activité *Evaluate Request* est directement liée à l'activité *Evaluate Hospitalization* par une structure de décision représentée par la passerelle exclusive *Is the patient already staged ?* immédiatement suivie de l'activité de décision *Evaluate Request*.

Afin de rassembler des preuves empiriques pour soutenir la fiabilité et l'applicabilité de l'approche basée sur les modèles proposée, les relations entre les données du processus et les décisions dans 43 modèles de processus du monde réel sélectionnés ont été analysées pour s'adapter à une procédure complexe de transplantation du foie (27; 28). Cet ensemble de modèles de processus est le résultat d'un effort de conception collaborative, qui a impliqué à la fois des praticiens et des experts en modélisation de processus, afin de permettre le suivi et l'analyse des processus.

L'objectif de cette analyse était de quantifier la fréquence à laquelle, dans la pratique, les modèles décrits ci-dessus sont utilisés pour saisir ou soutenir la prise de décision.

Tous les motifs П1-П6 sauf П3 ont été détectés dans les 43 motifs du processus. L'absence du modèle П3 peut s'expliquer par le fait que les experts du domaine impliqués dans la conception du processus étaient des médecins hospitaliers qui n'interagissaient pas directement avec les systèmes informatiques. En outre, bien qu'une quantité importante d'informations ait été enregistrée dans le système informatique de l'hôpital, le lien entre le processus et les systèmes de gestion des données n'était pas explicite.

Les motifs les plus fréquemment détectés étaient П2, qui se trouvait dans 44,19% des motifs de processus, et П 1, qui était présent dans 39,53% d'entre eux. Ces résultats ont répondu à nos attentes, car l'utilisation d'annotations textuelles (П 2) et d'objets de données (П 1) pour décrire les données d'entrée des activités de prise de décision est assez courante dans les processus de soins de santé. En effet, les décisions cliniques sont souvent basées sur des connaissances et des preuves médicales, stockées dans les dossiers médicaux des patients et interprétées selon l'expérience et l'expertise des professionnels (28). Le fait de devoir prendre en compte des sources d'information multiples et fragmentées rend les décisions cliniques difficiles à représenter dans les modèles de processus. Par conséquent, les annotations textuelles sont souvent utilisées pour faciliter la compréhension des processus BPMN par les praticiens, qui ont l'habitude de lire et d'interpréter des documents textuels tels que des directives cliniques.

Urgence incendie à l'hôpital

En raison de la nature des événements d'urgence et de la variété des variables impliquées, les plans de gestion des urgences, pour être efficaces, doivent être exécutables, évolutifs, adaptables et flexibles. Ces processus, classés comme étant à forte intensité de connaissances, peuvent être abordés avec une notation basée sur la Adaptative Case Management (ACM).

Dans (29), les auteurs décrivent une étude de cas d'un exemple spécifique de processus d'intervention d'urgence. Cette étude de cas vise à démontrer comment la modélisation hybride ACM peut être utilisée de manière appropriée pour représenter des situations réelles dans la gestion des urgences. L'exemple de l'étude de cas à utiliser est la procédure de réponse d'urgence en cas d'incendie mince développée pour l'Hospital Universitario y Politécnico de La Fe situé dans la ville de Valence, en Espagne. Cette procédure a été extraite du plan d'autoprotection de la même institution et vise à définir la séquence d'actions à développer pour le contrôle initial d'une éventuelle urgence de type incendie, la planification de la performance humaine et les moyens dont dispose l'hôpital. En substance, l'hôpital vise à éviter l'évacuation partielle ou totale du centre. Si une évacuation de l'hôpital est nécessaire, il définira les directives nécessaires pour qu'elle se déroule de la manière la plus ordonnée, organisée et facile possible. Pour faciliter la compréhension de la procédure d'intervention d'urgence de l'étude de cas, la fig. 79 présente le diagramme d'action, qui résume les séquences d'action possibles de chacun des acteurs dans la procédure d'intervention de l'incident de type incendie.

Le Diagramme d'Action, facilite la compréhension de la procédure d'intervention d'urgence. Cependant, il y a des activités qui n'ont pas une séquence claire et le moment où elles doivent être exécutées, ainsi, cette représentation de la procédure d'intervention crée des ambiguïtés et par conséquent, la séquence dans le flux de contrôle est très peu fiable lorsqu'on essaie de rendre la procédure d'intervention exécutable en temps réel.

Une fois connu et compris le contenu de la procédure d'intervention d'urgence, il est conseillé d'identifier les éléments clés de l'entreprise et la

relation entre eux pour faciliter la conception du modèle ACM hybride. Suivant les recommandations fournies par la norme OMG pour intégrer les spécifications BPMN, DMN, et CMMN ainsi que le contenu de la procédure de réponse d'urgence de l'étude de cas, il est défini que le diagramme en BPMN sera choisi comme base afin de potentialiser l'automatisation de la séquence. Par conséquent, les voies seront le *Control Center, Security Guard e l'Emergency Boss*.

A l'aide de l'outil Camunda Modeler (30), les modèles et les tables de décision seront conçus. Il est important de noter qu'en plus du diagramme, l'objet numérique de chaque modèle contient au format XML la description de celui-ci, permettant au cœur de la plateforme BPM Camunda d'interpréter et d'exécuter les modèles (31).

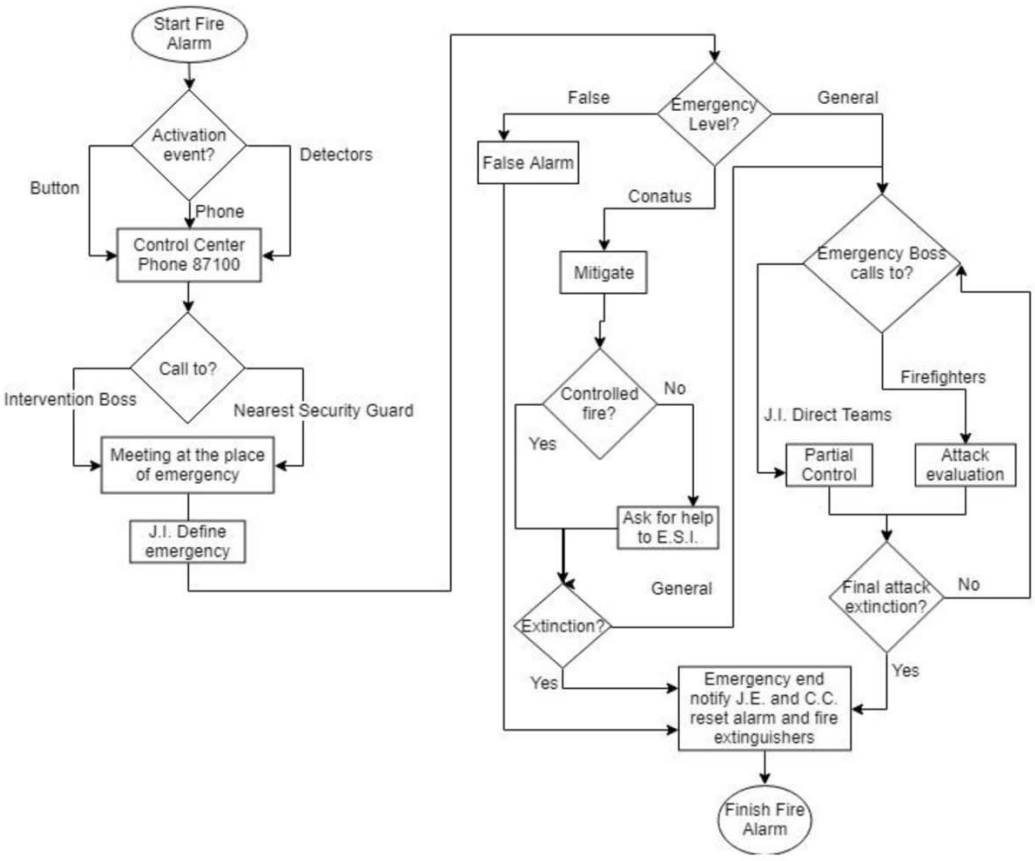


fig. 79: Diagramme d'action de la procédure de réponse aux incidents de type incendie

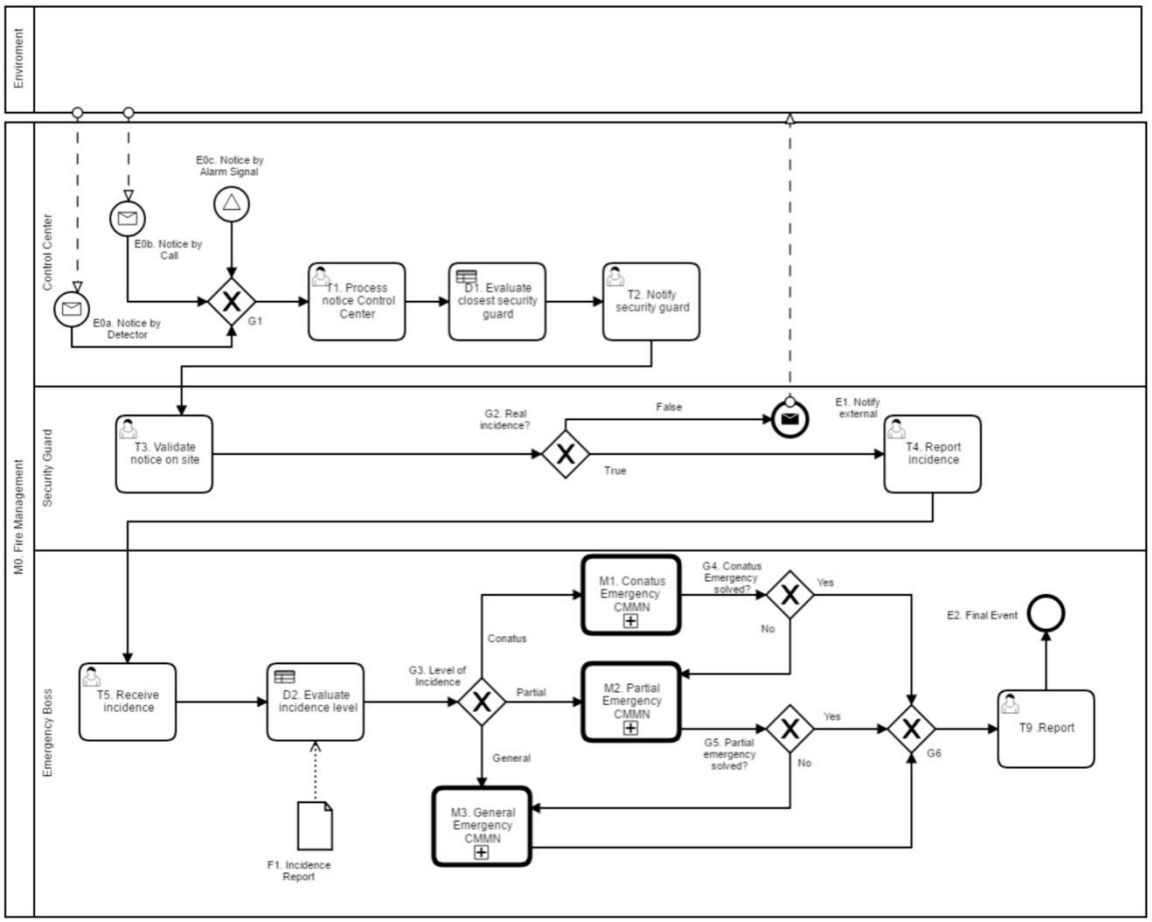


fig. 80: Modèle M0. Gestion des incendies en BPMN de l'incident de type incendie

La fig. 80 présente le modèle en BPMN *M0. Fire Management*, comme résultat du processus d'intervention d'urgence de type incendie qui a été résumé dans le diagramme d'action de la fig. 79.

Il est identifié dans la fig. 79 que l'alarme incendie peut être activée par un appel téléphonique, un signal d'alarme ou un détecteur de fumée, par conséquent, il est établi que les événements initiaux qui peuvent créer une instance d'urgence viendront de l'Environnement et sont représentés par des cercles. Ceci est un exemple de la façon dont, sur la base du diagramme d'action de la fig. 79, le modèle BPMN de la fig. 80 a été construit. Par la suite, la passerelle exclusive G1 sera activée, et l'information détaillant le message initial sera notifiée dans la tâche utilisateur *T1.Control Center* de l'avis de traitement et à l'aide de la tâche de table de décision dans DMN nommée D1.*Evaluate closest security guard*.

L'agent de sécurité plus proche à la zone de l'incident sera affecté à la validation de l'urgence, si l'incidence n'est pas réelle, l'environnement est notifié par *final event E1.Notify external*. Si l'incident est réel, l'agent de sécurité complète le rapport *F1.Incident Report* par la tâche *T4.Report Incidence*.

Cette information permet au *Security Boss* de déterminer, par le biais de la table de décision DMN *D2.Evaluate incidence level*, fig. 81 le niveau d'incidence et d'activer l'un des sous-processus ad-hoc *M1.Urgence Conatus, M2.Urgence partielle, ou M3.Urgence générale* (32) qui sont un appel aux modèles qui sont en notation CMMN. Sur la base des informations de sortie de chacun des sous-processus ad-hoc, les passerelles exclusives G4, G5 et G6 bifurquent le flux de travail pour activer un autre sous-processus ad-hoc ou atteindre la tâche *T9. Report* qui, une fois terminée, termine l'instance en utilisant l'événement *E2. Final event.*

Model of Evaluation

DecisionIncidenceLevel

U	Input +		Output +
	Incident Level incidenceLevel	Actors Intervention actors	incidence
	string	string	string
1	"Simple"	"Local Staff"	Conatus
2	"Simple"	"Second Intervention"	Partial
3	"Simple","Limited"	"Local Staff","Second Intervention"	Partial
4	"Potential"	"Personal Local","Segunda Intervención","Públic Service"	General
+	-	-	-

fig. 81: Table de décision : D2.Évaluer le niveau d'incidence.

Le Case Plan *M1. Conatus* en notation CMMN est illustré à la fig. 82, où l'étape *M1S1. Mitigate Conatus Emergency* contient la tâche utilisateur ad activation manuelle *M1T1. Notify the intervention Chief* , la tâche *M1T2. Mitigate conatus emergency* indique au personnel de sécurité de l'hôpital d'atténuer l'incendie avec les ressources locales. Enfin, grâce à la tâche *M1T3. Evaluate the emergency* l'utilisateur valide si le feu a été éteint. La sortie de la scène se connecte avec la passerelle *G4. Conatus Emergency Solved ?* du modèle général *M0. Fire Management* en BPMN.

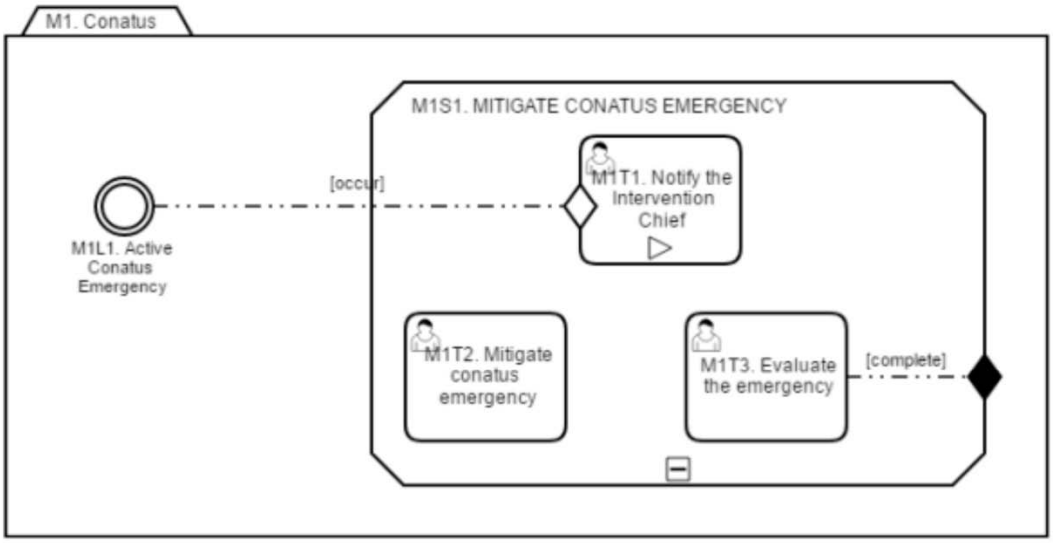


fig. 82: Modèle d'urgence Conatus dans CMMN

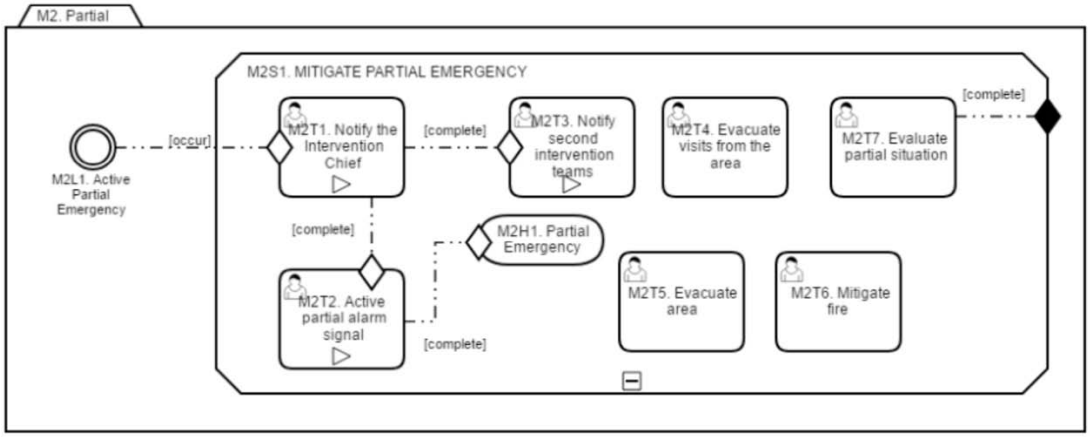


fig. 83: M2. Modèle d'urgence partielle en CMMN

Dans la fig. 83, est présentéle modèle CMMN *M2.Partial Emergency* où l'étape *M2S1.Mitigate Partial Emergency* contient des tâches telles que *M2T1 Notify the intervention chef*, *M2T2.Active partial alarm signal*, *M2T3.Notify second intervention teams*, *M2T4.Evacuate visits from the area*, *M2T5. Evacuate area*, *M2T6.Mitigate fire*, and *M2T7.Evaluate partial situation* e le jalon *M2H1. Partial Emergency*. La sortie de cette étape est reliée à la passerelle *G5. Partial Emergency solved ?* du modèle général M0.Gestion des incendies.

Enfin, le modèle *M3. General Emergency* en notation CMMN (illustré à la fig. 84) comprend l'étape M3S1. Pre-Evacuation dans laquelle on trouve les tâches *M3T1. Notify firefighters*, *M3T2. Pre-evacuation procedure, M3T4. Receive external information* and the decision table *M3D1. Evaluate evacuation*.

Dans le même modèle on trouve aussi l'étape *M3S2. Evacuation* qui relie les tâches M3T5 Evacuation procedure, *M3T6. Receive external information* et *M3T7. Evaluate general situation*. La sortie du modèle est liée à la passerelle G6 du modèle général *M0. Fire Management*.

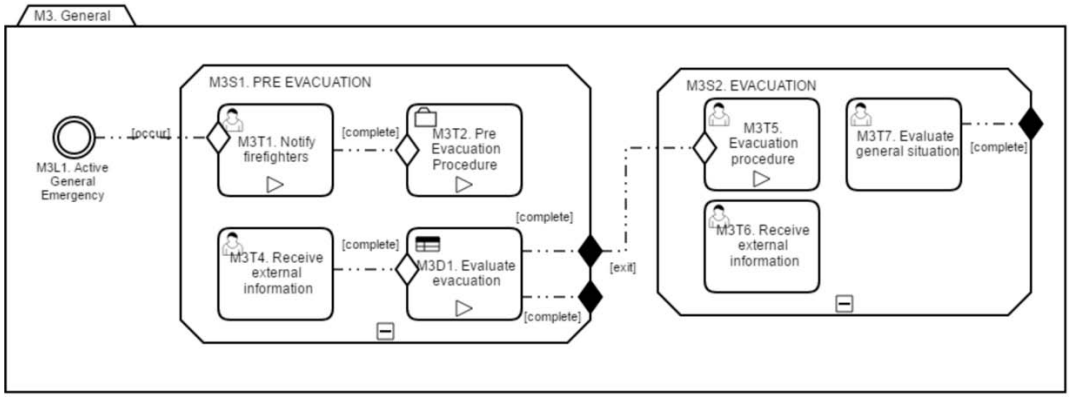


fig. 84: M3. Modèle général d'urgence en CMMN

Les auteurs (29) ont défini le modèle décrit ci-dessus en utilisant l'outil BPM Camunda Platform (31) . L'un des avantages de cette plate-forme est son interopérabilité avec d'autres environnements par le biais de protocoles HTTP, et elle permet de simuler l'exécution de la procédure.

La fig. 85 montre le scénario d'urgence dans lequel les éléments en orange indiquent les objets instanciés et en rouge l'ordre de la séquence de travail dans le modèle *M0. Fire Management.*

À l'étape 7 du flux de travail, lorsque la tâche *T4.Report Incidence* est activée, l'agent de sécurité peut définir pleinement la *F1.Incidence Report* par le biais du tableau *D2.Evaluate Incidence Level (*fig. 81*),* permet au *Emergency Boss* d'établir le niveau de gravité de l'incident et de décider ensuite quels acteurs devront participer à l'atténuation de l'incident.

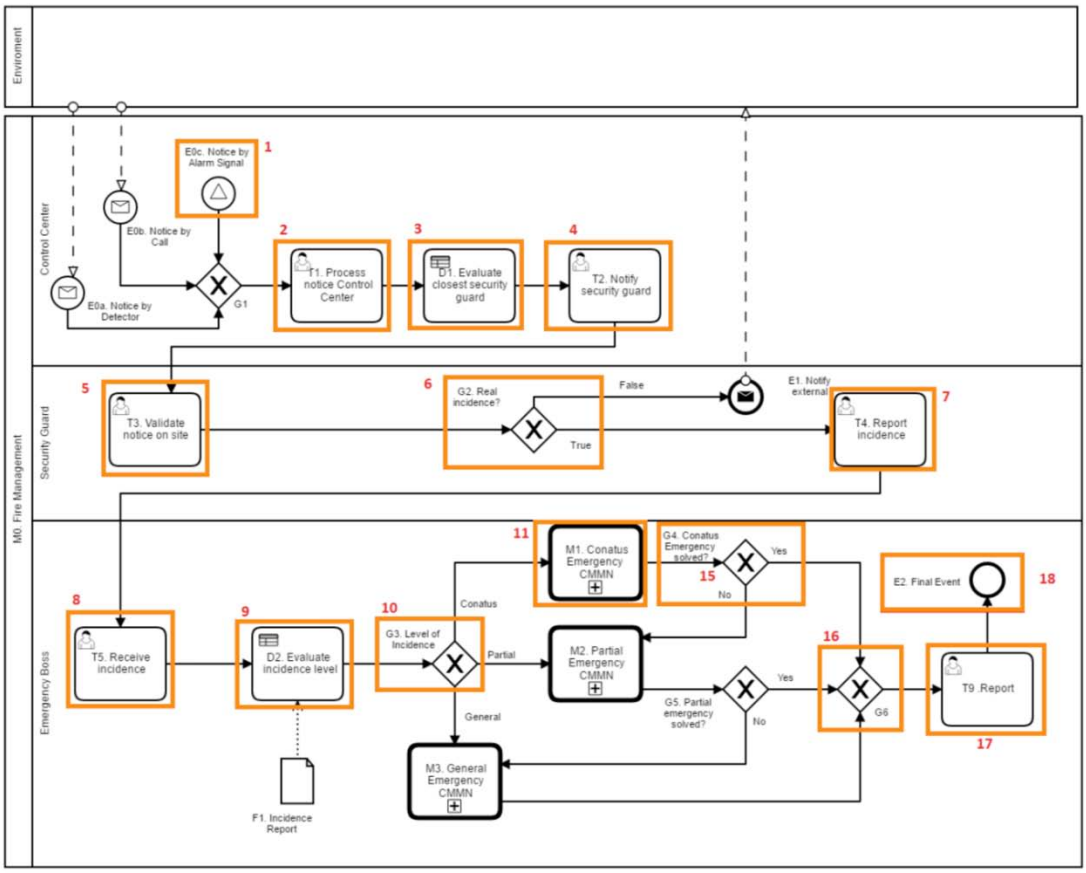


fig. 85: Représentation de l'urgence des Conatus dans le modèle M0. Gestion des incendies.

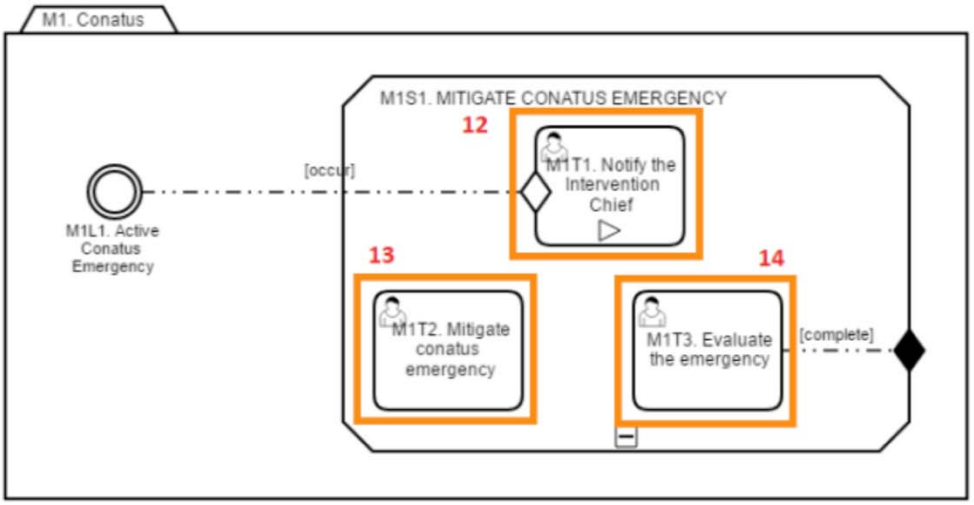


fig. 86: Représentation de l'urgence Conatus dans le modèle M1. Urgence Conatus.

Lorsque le flux de travail de la simulation atteint *M1.Conatus Emergency*, un appel est fait au modèle CMMN que l'on peut voir à la fig. 86, où est représentée la suite du flux d'exécution où le *Case Worker* intervient pour choisir les tâches qui doivent être activées.

Le modèle hybride ACM intégrant les notations BPMN, CMMN et DMN proposé par les auteurs de cette étude a été implémenté avec le support de la plateforme BPM Camunda. Cette plateforme permet également de simuler toute la procédure de réponse avec l'insertion des variables d'environnement pour l'activation de l'instance et ensuite de vérifier la justesse de la formulation. D'autre part, la plateforme n'est pas adaptée à l'interaction des *Case Worker* pendant la gestion de l'urgence réelle. Il serait donc très utile de disposer d'un outil qui, en plus de simuler et d'exécuter des procédures, puisse en même temps interagir avec d'autres systèmes externes et définir une interface appropriée pour les *Case Worker*, afin de mieux gérer les urgences réelles. De plus, le modèle ainsi défini devrait permettre de créer une bibliothèque de processus, de définitions de cas et de règles commerciales qui peuvent faciliter la validité de nouvelles études de cas.

Les procédures d'intervention d'urgence se caractérisent par leur dynamisme, leur haut niveau de connaissances et leur caractère non structuré; elles sont donc classées parmi les processus à forte intensité de connaissances. Le fait de traiter des flux non répétables et imprévisibles implique que le modèle doit être flexible et adaptable. L'approche ACM apparaît comme l'une des innovations les plus attrayantes et les plus viables dans ce contexte. Cependant, dans la plupart des propositions, il est proposé de choisir entre l'approche de modélisation orientée vers les processus traditionnels comme BPMN ou vers le *Case Management* comme CMMN. Avec BPMN, on trouve que son principal avantage réside dans l'autonomie et l'agilité de l'exécution, car les conditions préétablies sont celles qui guident les tâches qui doivent être exécutées dans le flux de travail. Avec CMMN, par contre, on obtint plus de flexibilité, il relâche la direction du flux dans les événements et les décisions prises par le *Case Worker*, sur la base de son expérience.

Bien que le CMMN permette d'assister à la gestion adaptative des cas, dans les procédures d'intervention d'urgence, il n'est pas possible de généraliser qu'à tout moment l'intervention du Case Worker soit toujours nécessaire et de dépendre entièrement de son expérience pour la prise de décision. Il existe des étapes dans lesquelles l'exécution peut être accélérée en s'appuyant sur des

approches de modélisation traditionnelles telles que BPMN et DMN. En intégrant les différentes approches, on peut obtenir un modèle flexible et agile.

Processus d'urgence inter-organisationnel pour les inondations

Dans la gestion des processus d'urgence, les difficultés de coordination des interventions sont exacerbées lorsque plusieurs organisations sont impliquées. A cet égard, les auteurs (33) ont défini un système de gestion de processus pour la réponse aux catastrophes. En commençant par la définition d'un cas d'utilisation, ils se sont concentrés sur les exigences nécessaires du système de gestion. Le cas d'utilisation décrit par les auteurs est basé sur un événement réel d'inondation. Dans ce cas d'utilisation, deux organisations, la police et les pompiers, répondent à l'inondation, comme le montre la fig. 87.

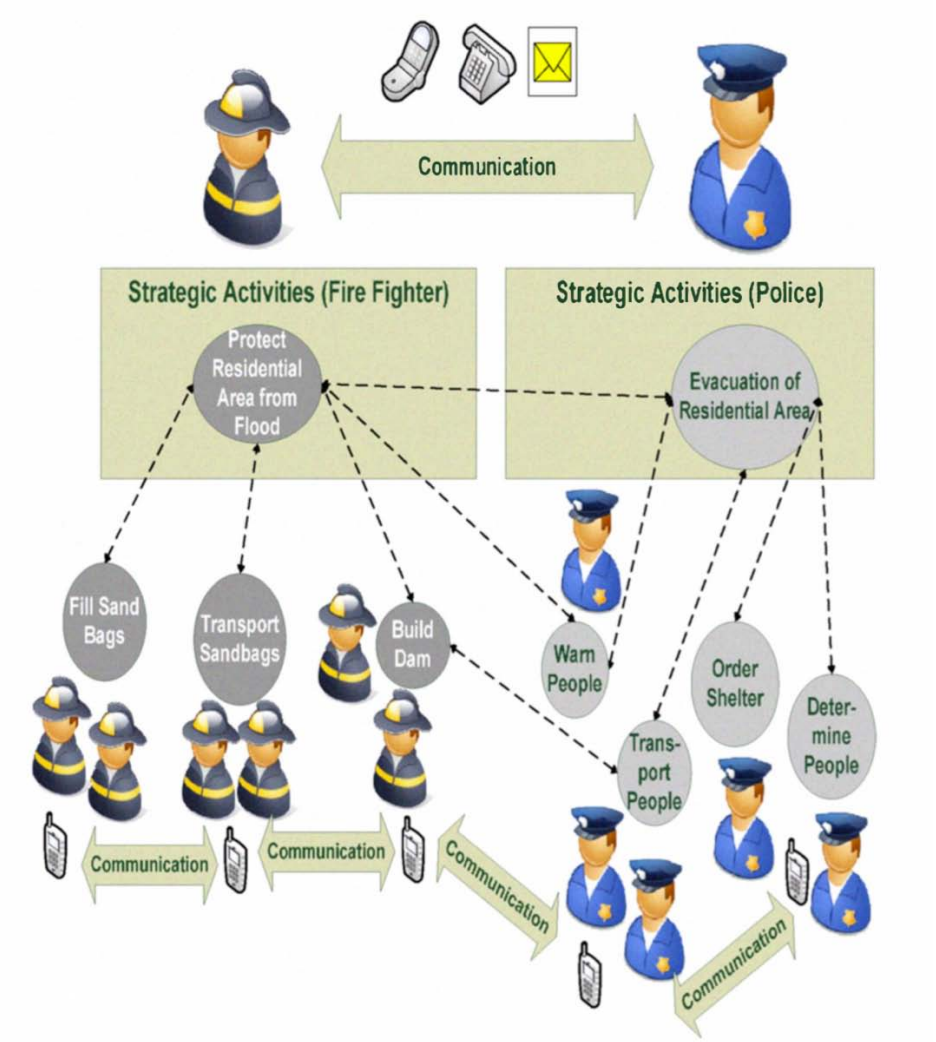


fig. 87: Gestion des urgences avec plusieurs organisations

Dans la partie supérieure de la figure, on voit le centre de commandement où le chef de la police et le chef des pompiers échangent des informations sur l'état de leurs activités stratégiques. En tant qu'activités stratégiques, la police est chargée d'évacuer la zone résidentielle touchée par l'inondation tandis que les pompiers sont chargés de protéger la zone résidentielle.

Plusieurs activités opérationnelles ont lieu sur le terrain. Par exemple, la police doit avertir la population en cas d'évacuation, s'occuper de son transport, etc. Les pompiers doivent transporter des sacs de sable et construire une digue pour protéger la zone résidentielle des inondations. Toutes ces activités ont des dépendances mutuelles, de plus les activités de terrain dépendent également des activités stratégiques correspondantes.

Par exemple, si l'activité *Transport Sandbags* (Transport de sacs de sable), l'activité stratégique *Protect Residential Area from Flood* /Protection des zones résidentielles contre les inondations*)* doit être annulée. Il existe également des dépendances inter-organisationnelles. Par exemple, si l'activité *Build dam* (Construction de barrage*)* du service d'incendie est interrompue, la police doit alors effectuer l'activité *Warn people* (Alerter la population*)*, puis avertir la population que la zone résidentielle doit être évacuée.

Le problème est qu'un tel aperçu des activités et de leurs dépendances n'est pas codé à l'avance. Ces informations sont généralement écrites sur des tableaux blancs ou des documents et ne sont pas liées ou partagées entre les organisations. Dans ce cas d'utilisation, il est également difficile pour le centre de commandement de savoir quel est l'état actuel des activités, puisque les informations proviennent de différents canaux de communication sans aucun lien entre les informations transmises.

Il s'agit d'un scénario omniprésent, où plusieurs entités distribuées existent et où il est nécessaire de connecter ces entités pour créer une image commune des activités.

Les processus d'urgence diffèrent des processus commerciaux et nécessitent des approches différentes pour réduire la complexité des modèles de processus. Dans un scénario envahissant, les informations relatives aux processus d'intervention d'urgence doivent être échangées et intégrées aux

processus des différentes organisations ou équipes concernées. C'est pourquoi les auteurs (33) ont étudié les processus envahissant et ont défini les exigences pour la définition d'un système de gestion pour ce type de processus et ont identifié certaines questions fondamentales.

Modélisation des activités et des dépendances

Les activités doivent pouvoir être créées ad hoc (par exemple par des personnes sur le terrain ou au centre de commandement), car de nouvelles activités qui n'ont jamais été réalisées auparavant peuvent devenir nécessaires. Les différents types d'activités, comme la prise de décision ou les opérations sur le terrain, doivent être modélisés différemment, car il existe un processus de gestion différent pour chacun d'eux. Il est également important de définir les responsabilités dans la gestion du cycle de vie d'une activité. Il peut y avoir une dépendance temporelle entre les cycles de vie dans la gestion des différentes activités. Actuellement, les systèmes de gestion des processus ne prennent pas suffisamment en charge cette fonctionnalité.

Espace de travail des activités partagées

Les activités et les dépendances modélisées doivent être stockées et affichées sur un espace de travail partagé afin que les personnes puissent collaborer en travaillant sur un modèle unique partagé par les différentes organisations concernées.

Exécution des tâches

Pendant l'exécution d'une tâche, le statut de la tâche est modifié. Les changements d'état de toutes les activités se produisent presque simultanément, car en réalité toutes les activités sont exécutées en

parallèle. Chaque changement d'état peut donc violer les dépendances entre les activités existantes, ce qui doit être traité par le système (par exemple, en les visualisant). Cela facilite la compréhension des processus de réponse aux catastrophes.

Surveillance des activités partagées dans l'espace de travail

Chaque utilisateur doit pouvoir visualiser différemment les activités et leurs dépendances, par exemple en fournissant une carte des activités ou une matrice des activités. Cette exigence découle du fait que chaque organisation dispose déjà de moyens pour surveiller les processus d'intervention et que ces systèmes ne sont pas toujours intégrés.

Des caractéristiques envahissantes

Certaines des activités et des informations sur les dépendances peuvent être échangées entre différents espaces de travail pour des activités partagées à l'intérieur et à l'extérieur de l'organisation. L'échange se fait toujours entre personnes, sur la base de contacts de personne à personne ou liés au travail, et non entre organisations. Les modifications ultérieures du statut des activités échangées doivent donc être propagées à tous les espaces de travail des activités partagées. Les personnes concernées ont besoin de soutien pour prendre conscience des activités des autres.

Dans ce qui suit, on fournit la définition du système en décrivant comment les processus d'urgence sont modélisés et exécutés. Les processus d'urgence diffèrent des processus commerciaux et nécessitent des approches différentes pour réduire la complexité des modèles de processus.

Modélisation

Les auteurs ont défini une approche pour la modélisation des processus d'intervention d'urgence qui prend en charge les éléments suivants du modèle : types d'activités, activités et dépendances entre les états des différentes activités. Les activités ont un type (par exemple, "opération sur le terrain" ou "prise de décision"). Des activités différentes peuvent avoir un type différent. Toutes les activités sont exécutées en parallèle. Des dépendances peuvent être établies entre les états d'activité. À cette fin, il est nécessaire de formaliser certains concepts.

Le type d'activité at_d = (SA, f, G) est décrit comme suit :

S est un ensemble fini d'états d'activité ;

$SA \subseteq S$ *est un sous-ensemble des états d'activité pour le type d'activité ;*

f : SA → SA est une fonction de transition qui définit la transition possible d'un état à un autre pour un type d'activité ;

G = {g_a, g_r, g_c, g_i} décrit quatre rôles gouvernementaux et leurs fonctions transitoires pour changer l'état d'une activité.

$g_a \subseteq f$ *est la fonction transitoire du rôle de décision pour l'activité et décrit qui décide de l'activité et des dispositions gouvernementales.*

$g_r \subseteq f$ *est la fonction de transition du rôle d'exécution de l'activité et décrit qui exécute les activités.*

$g_r \subseteq f$ *est la fonction de transition pour le rôle consultatif de l'activité et décrit qui doit être consulté avant un changement de statut.*

$g_i \subseteq f$ *est la fonction de transition du rôle informé pour l'activité et décrit qui est informé après un changement de statut.*

Une activité a_i = (uid, name, cs, ad, GA) est définie comme suit :

uid est un identifiant unique pour l'activité

name décrit l'activité

$cs \in SA$ *est l'état actuel de l'activité*

$ad \in AT = (at_1, \ldots, at_n)$ *un type d'activité dans l'ensemble des types d'activité.*
GA = P x G décrit l'attribution des rôles gouvernementaux aux participants.
P est l'ensemble des participants assignés (utilisateurs)

Les spécifications des activités peuvent être étendues avec d'autres données (par exemple, les ressources ou l'emplacement géographique). Une dépendance peut être établie entre les états de deux activités différentes. Treize dépendances différentes sont distinguées, comme on peut le voir sur la fig. 88. Ces relations temporelles sont exhaustives, distinctives et qualitatives. Il n'est donc pas nécessaire de fournir des informations temporelles précises.

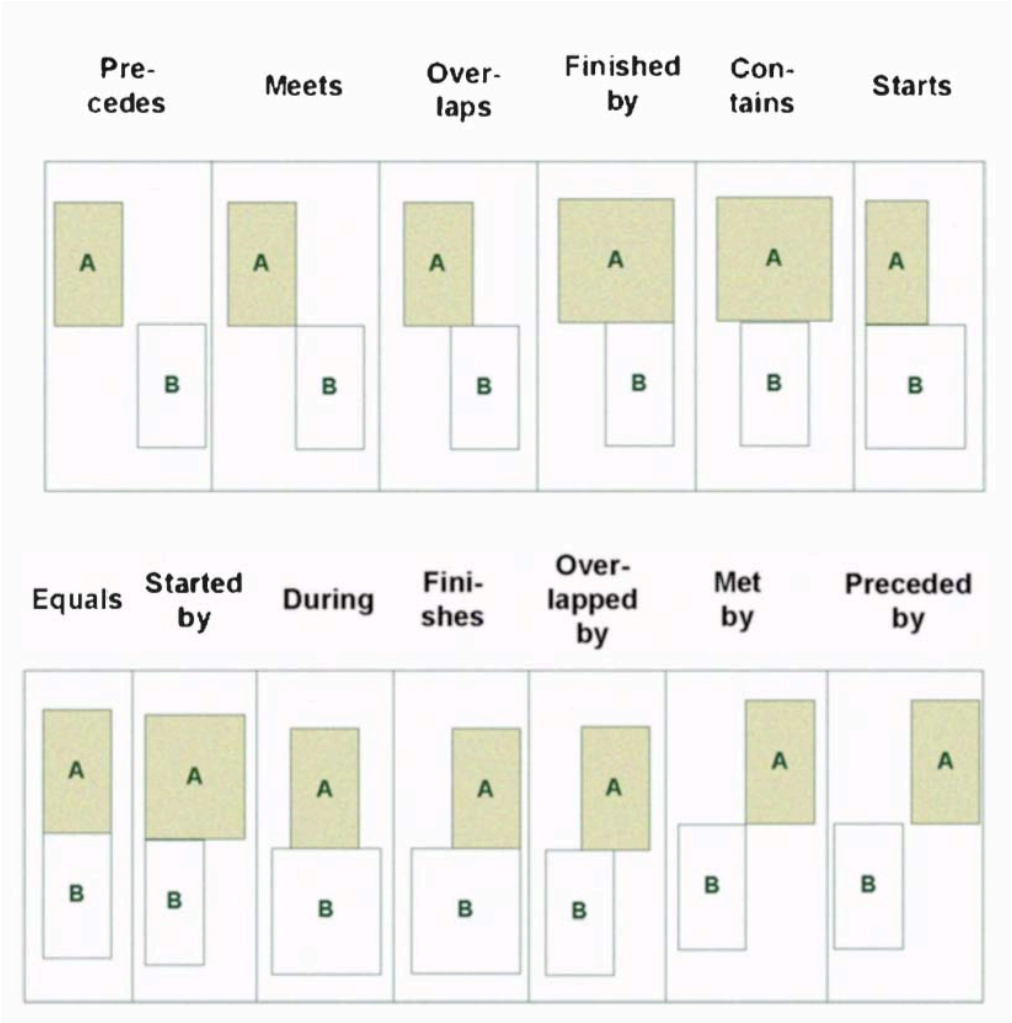


fig. 88: Treize dépendances temporelles entre les états des activités

Les tâches peuvent être créées par les utilisateurs sur un espace de travail partagé à tout moment, car il n'y a pas de distinction entre la phase de

conception, d'exécution et de suivi. Les activités sont basées sur les types d'activités mentionnés précédemment. Il convient de noter que toutes les activités ne doivent pas nécessairement être liées par des dépendances et que des dépendances peuvent être créées et supprimées à tout moment.

Les modèles créés doivent être vérifiés chaque fois qu'une dépendance est ajoutée. Chaque modèle doit satisfaire à différentes propriétés, par exemple les dépendances ne doivent pas former une boucle. Ces propriétés peuvent être validées en temps linéaire sur la base d'algorithmes de graphes standard. Ainsi, le système est capable de réagir en temps réel.

Dans la fig. 89, nous pouvons voir le type d'opération d'activité sur le terrain. Seuls certains rôles sont affectés aux transitions du cycle de vie de l'état. Par exemple, pour le type d'activité Opération sur le terrain, seuls les rôles *accountable* et *consulted* peuvent changer l'état Plan en état Execute.

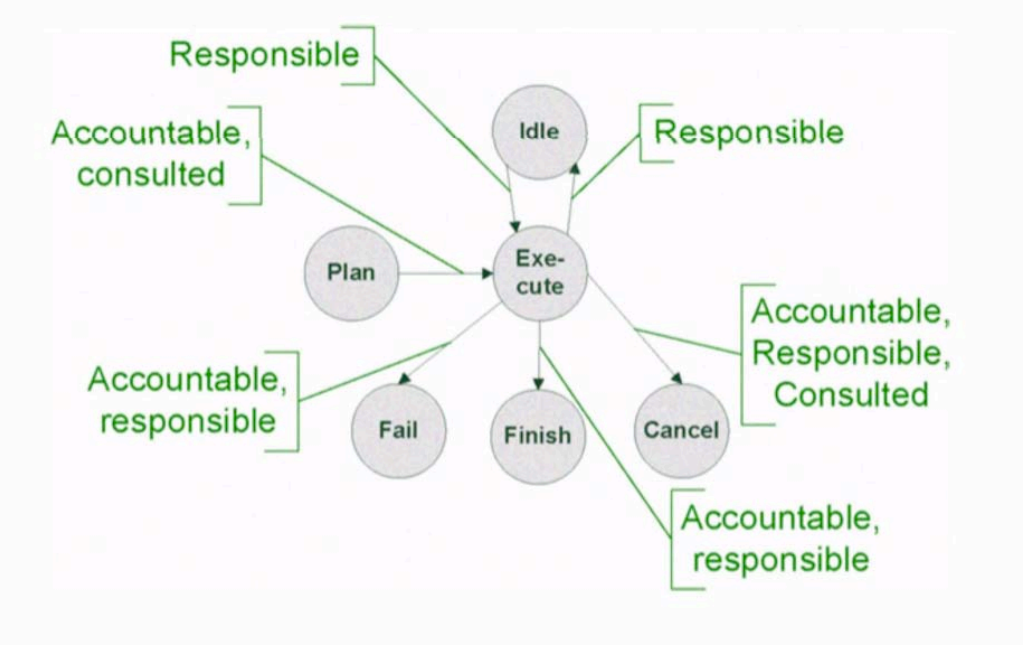


fig. 89: Exemple pour un type d'activité : opération sur le terrain

La figure 53 illustre deux tâches et une dépendance entre l'état Exécuter de chaque tâche. Le lien de dépendance indique que les deux activités doivent être dans l'état *Execute* en même temps. Des dépendances peuvent être établies entre les états d'activité à tout moment.

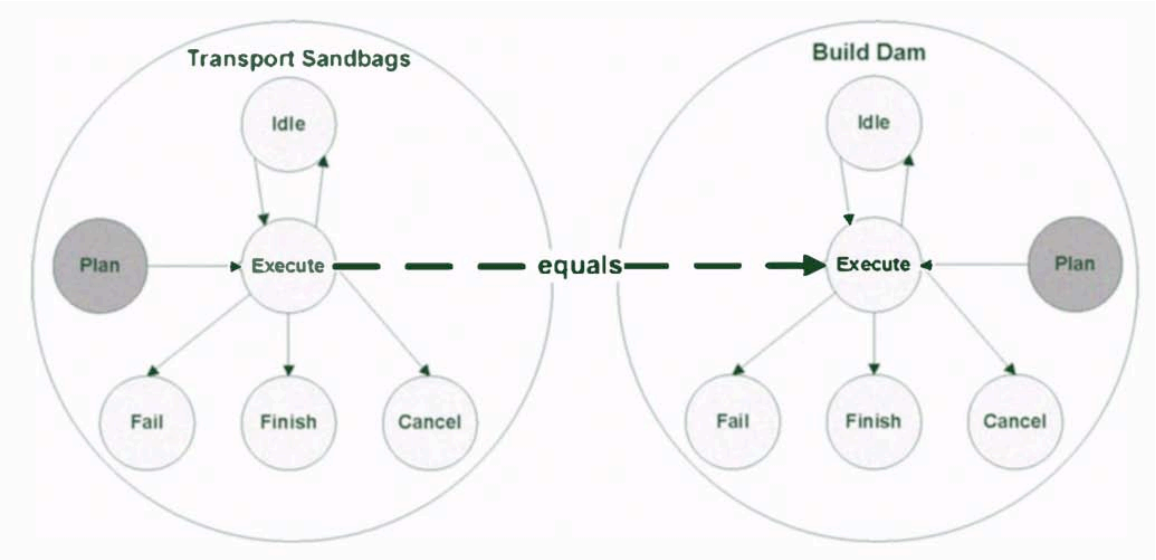


fig. 90: Exemple d'activités de modélisation

L'algorithme de gestion des systèmes envahissants proposé par les auteurs est basé sur la modification de l'état des activités et la gestion des dépendances entre elles. L'algorithme fonctionne comme suit :

1) Un changement d'état d'une activité est demandé (par l'homme ou la machine).
2) Si le changement d'état est autorisé par le rôle directeur, l'exécution se poursuit.
3) Créer une liste des dépendances qui sont violées par le changement d'état.

Les auteurs ont utilisé des automates représentant les dépendances pour détecter leurs éventuelles violations. Ces automates ont des changements d'état comme entrée. En fonction du changement d'état, l'automate peut passer à un état violé ou neutre.

Le système a trois possibilités pour gérer la violation de dépendance. Ne pas autoriser le changement d'état (faire respecter la dépendance), visualiser la violation de la dépendance (assistance) ou déclencher les changements d'état requis par d'autres activités pour satisfaire la dépendance (automatisation). Le

traitement de la dépendance peut être modélisé dans le système en même temps que la dépendance.

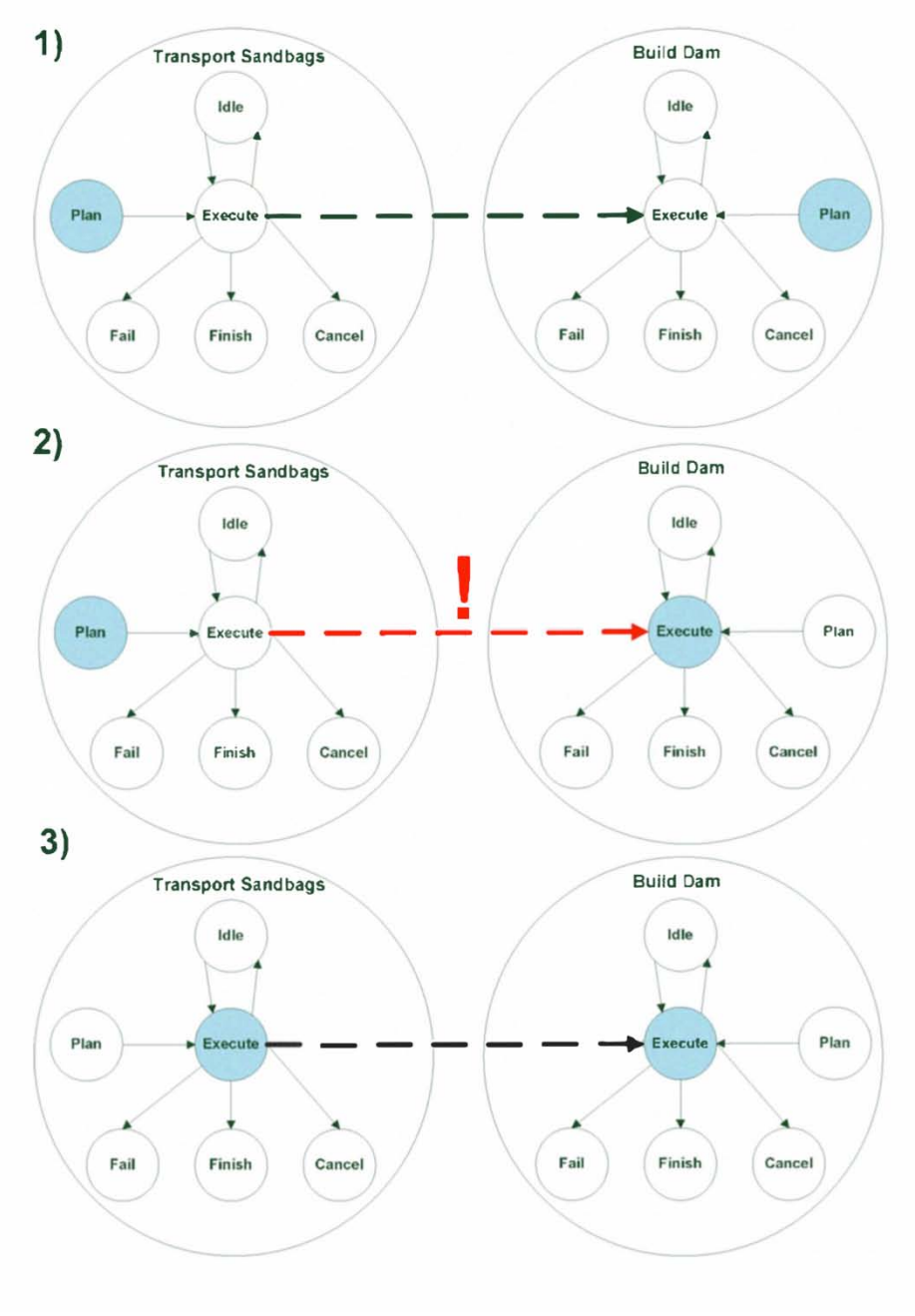


fig. 91: Exemple d'exécution des activités

Exemple : la fig. 91illustre un exemple d'exécution de deux tâches. Dans la première étape, les deux activités sont dans l'état *Plan*. La dépendance n'est pas violée, car aucune activité ne se trouve dans un état décrit dans une dépendance. Le rôle responsable de l'activité *Build Dam (*Construire le barrage*)*

passe à l'état *Execute* dans la phase 2. Les systèmes alertent les participants de l'espace de travail de l'activité partagée qu'un conflit de dépendance est présent, car si l'activité *Build Dam* passe à l'état *Execute*, l'activité *Transport Sandbags (Transporter des sacs de sable)* doit passer à l'état *Execute* et vice versa. Dans la troisième étape, le rôle responsable de l'activité *Transport Sandbags* passe à l'état *Execute* et le conflit est résolu.

Échange décentralisé

Le fonctionnement de cette approche au niveau envahissant repose sur le fait que on a pas de processus définis globalement, car cette hypothèse ne tient généralement pas dans les scénarios d'urgence, où l'on ne sait pas exactement à l'avance avec quelles autres personnes on va travailler et quelles activités seront exécutées.. Les gens échangent des informations sur les processus de manière ad hoc d'une personne à l'autre (par exemple, sur la base de contacts professionnels et privés) et les intègrent dans leurs processus.

Le protocole de cet échange est basé sur les pratiques actuelles en matière de gestion des urgences.

1) Le participant p d'un espace de travail d'activité partagée X envoie des activités sélectionnées A_i et des dépendances D_i aux participants m d'un autre espace de travail d'activité partagée Y
2) Le participant m reçoit les tâches A_i et les dépendances D_i
3) Le participant m décide quelles activités $AS_i \subseteq A_i$ et quelles dépendances $DS_i \subseteq D_i$ il veut ajouter à l'espace d'activité partagé.

L'échange n'a aucun effet sur l'exécution de la tâche. Les dépendances violées sont gérées localement dans chaque espace de tâches partagé. Différentes dépendances peuvent être établies pour les activités permutées et toutes les dépendances ne peuvent pas être permutées. Les changements d'état d'une activité déjà permutée sont propagés de la même manière.

La fig. 92 fournit un exemple d'échange d'activités et de dépendances entre différents espaces de travail d'activités partagées. Pour des raisons d'espace, les activités sont représentées par des cercles et les dépendances par des lignes entre les cercles. Dans cet exemple, la police échange des activités et des dépendances avec le service d'incendie à l'étape 1. Le service d'incendie les intègre dans son espace de travail d'activité partagé et crée de nouvelles dépendances à ses activités à l'étape 2 et échange des mises à jour de statut avec le service d'incendie.

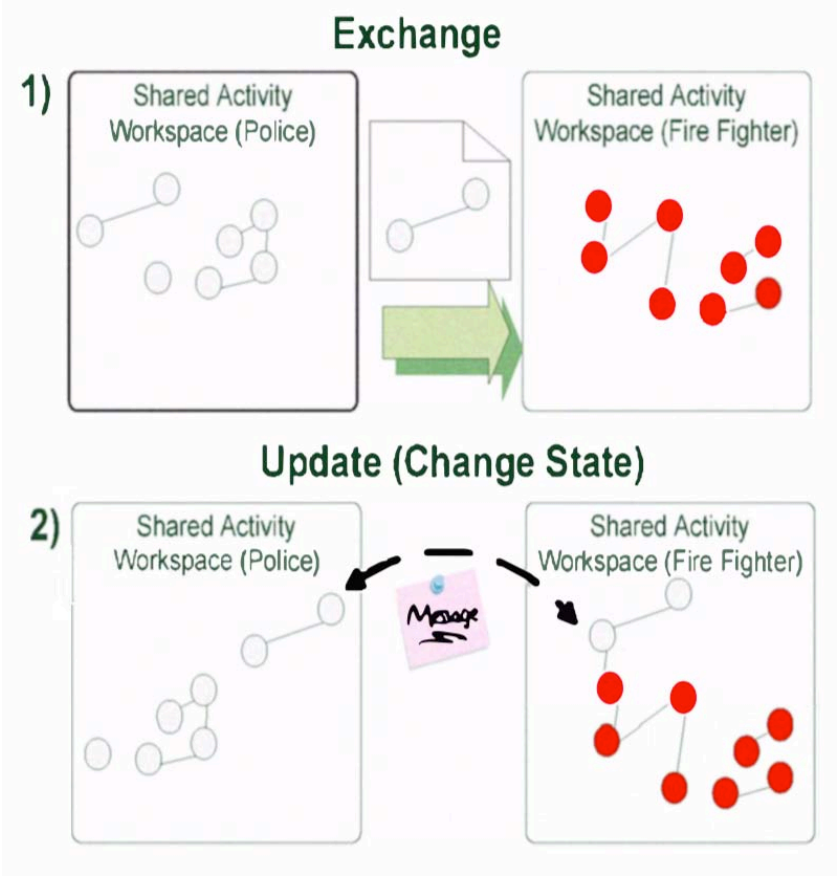


fig. 92: Exemple d'échange d'activités et de dépendances

Les auteurs ont identifié plusieurs défis liés à cet échange décentralisé :

- Connaissance des groupes/personnes :
  Les personnes peuvent entrer et sortir d'un ou plusieurs groupes (c'est-à-dire des espaces de travail d'activités partagées) travaillant sur un ensemble spécifique d'activités (par exemple, la police s'intéresse aux activités liées à l'évacuation). Les autres

personnes/groupes doivent en être conscients, car ils peuvent échanger des activités, des dépendances et des changements d'état avec eux (par exemple, les pompiers doivent savoir que la protection de la zone est liée à l'avertissement des personnes dans cette zone).

- Propagation des changements :
  Les activités peuvent changer d'état et cela doit être propagé à toutes les personnes/groupes qui ont reçu une copie de l'activité d'autres personnes (par exemple, la police doit savoir que la protection de la zone ne parvient pas à exécuter les activités liées à l'évacuation).

Ces problèmes se posent aussi actuellement dans les interventions d'urgence sans support informatique sophistiqué. Les problèmes sont de nature envahissante et sont également pertinents dans d'autres domaines, tels que les réseaux d'entreprise avec des activités ad hoc. Les deux défis sont liés à l'architecture du système proposée.

Dans le domaine de la connaissance des groupes et des membres, il existe un besoin de recherche sur la publication et la recherche d'informations sur les groupes, les membres et les activités dans un scénario décentralisé. Dans un scénario d'urgence, cela se fait par le biais d'échanges personnels (par exemple, les pompiers parlent avec les policiers sur le terrain et ils peuvent se référer aux militaires, qui sont intéressés par les mêmes activités). Ce problème se retrouve également dans d'autres domaines, tels que les projets logiciels à grande échelle.

Dans ces domaines, on utilise une approche centralisée pour gérer la sensibilisation (par exemple, des listes de diffusion), ce qui n'est pas applicable dans les scénarios décentralisé.

Conclusion

Dans ce rapport technique, nous sommes partis de l'exemple de la formulation des plans d'intervention d'urgence pour les accidents en mer et des lignes directrices pour leur préparation définies au sein de la communauté européenne (1). Ensuite, un aperçu des trois normes OMG (4) utiles BPMN (5) ,

CMMN (9)et DMN (10) pour la définition de modèles de processus pour les interventions d'urgence est donné.

En particulier, BPMN est utilisé pour le modèle norvégien d'un cas d'incendie, tandis qu'une intégration des trois normes est utilisée dans le cas d'un incendie en Espagne (29). Certaines techniques de mise en correspondance pour la transition de BPMN à DMN sont décrites.

D'après une revue de la littérature scientifique, l'intégration des trois normes semble à ce jour la solution la plus souple et la plus complète pour modéliser les processus de gestion des urgences. Bien qu'il puisse être utile d'intégrer les trois normes OMG, il n'existe toujours pas de spécification officielle formalisant leur utilisation intégrée. Parmi les limites des modèles existants pour la gestion des urgences, l'absence d'un système d'interconnexion entre les différentes organisations est apparue comme la principale. Une tentative de définition d'un système qui permet la communication inter-organisationnelle a été faite dans (33).

Annexe

Outils de modélisation en notation BPMN, CMMN, DMN

ADONIS:CE (34) est un outil de modélisation BPMN gratuit, basé sur le cloud. Il s'agit toutefois de la version de base. ADONIS starter est la version payante du logiciel qui permet à 5 utilisateurs de visualiser le modèle en plus du concepteur du modèle, et enfin la version Entreprise avec une licence individuelle.

Bizagi Modeler (35)offre une approche unique des processus de modélisation. Il dispose d'une version autonome sur la plate-forme Windows, mais permet également d'utiliser des services en cloud. Les utilisateurs de la version gratuite disposent de 10 Mo d'espace pour les modèles, tandis que les versions payantes, outre l'espace disponible de 1 Go, permettent également la simulation de processus (par le biais du logiciel Bizagi Automation).

BPMN.io (36) (37) (38)est un outil de modélisation pour BPMN, CMMN et DMN basé sur le web qui fait partie des outils développés par Camunda. Vous pouvez l'utiliser sans enregistrement et le modèle peut être sauvegardé en XML.

Camunda Modeler (39) est un outil autonome qui peut être très utile pour créer des modèles BPMN/DMN/CMMN et préparer les processus pour l'automatisation sur la plate-forme Camunda. Il existe une version communautaire gratuite et une version Entreprise.

Cawemo (40) (Camunda Web Modeler) est un outil de modélisation basé sur le Web, tout comme BPMN.io, mais contrairement à ce dernier, Cawemo vous permet d'enregistrer des diagrammes dans le nuage, de les partager et de collaborer avec d'autres utilisateurs.

SIGNAVIO (41)fournit un éditeur DMN où vous pouvez créer des DRD et les lier à des tâches de décision définies dans l'éditeur BPMN de SIGNAVIO. Il offre également une fonction de simulation qui vous permet de tester la logique du DRD : vous saisissez les valeurs des éléments d'entrée et la simulation renvoie la sortie pour chaque décision du DRD. Il ne dispose pas d'une version gratuite, mais vous pouvez demander une démo.

FICO (42)fournit un modeleur DMN à titre d'essai gratuit lors de l'inscription au FICO Analytic Cloud.

Bibliographie

1. **Tarantola S., Wald S., Zhovtyak E.** *External emergency response plans: best practices and suggested guidelines.* Bruxelles : Publications Office of the European Union, 2018.

2. **BPMN.** ***Object Management Group Business Process Model and Notation.*** **[En ligne] www.bpmn.org.**

3. Business Process Management Initiative (BPMI). [En ligne] https://searchcio.techtarget.com/definition/Business-Process-Management-Initiative-BPMI.

4. http://www.omg.org. [En ligne]

5. White, S. A. Introduction to BPMN. ***BPTrends.*** **2004.**

6. ***Business Process Management's Success Hinges on Business-Led Initiative.*** **Melenovsky, M. G00129411, s.l. : Gartner Inc., 2005, Vol. Gartner Note .**

7. ***Seven process modeling guidelines (7PMG).*** **Mendling, J., Reijers, H. A., & van der Aalst, W. M. 2, Information and Software Technology, Vol. 52, pp. 127-136.**

8. Object Management Group, Inc. ***BPMN by example 2.0.*** **s.l. : Object Management Group, 2010.**

9. ***Introduction to the case management model and notation (CMMN).*** **Marin, M. A. s.l. : arXiv, 2017.**

10. Object Management Group Decision Model and Notation. ***Object Management Group.*** **[En ligne] https://www.omg.org/spec/DMN/.**

11. Swenson, K. D. State of the Art in Case Management. ***Keith D. Swenson Collections from a Curious Wanderer.*** **[En ligne] March 2013. http://kswenson.purplehillsbooks.com/2013/State-of-the-Art-In-Case-Management_2013.pdf.**

12. —. Case Management: Contrasting Production vs. Adaptive. [auteur du livre] Connie Moore. ***How Knowledge Workers Get Things Done: Real World Adaptive Case Management.*** **s.l. : Future Strategies Inc., 2012.**

13. ***A comparison of flexible BPMN and CMMN in practice: a case study on component release processes.*** **Zensen, A., & Küster, J. s.l. : IEEE, 2018. IEEE 22nd international enterprise distributed object computing conference (EDOC). pp. 105-114.**

14. ***Case handling: a new paradigm for business process support.*** **Van der Aalst, W. M., Weske, M., & Grün̈bauer, D. 03, 2003, International Journal of Cooperative Information Systems,, Vol. 12, pp. 365-391.**

15. ***Improving emergency management by formal dynamic process-modelling.*** **Rueppel, U. et Wagenknecht, A. 2007. 24th Conference International on Information Technology in Construction.**

16. ***Towards process models for disaster response.*** **Fahland, D. et Woith, H. Milan : s.n., 2008. Business Process Management Workshop - BPM Int. workshops.**

17. ***Dynamic context modeling for agile case management.*** **Kirsch-Pinheiro, M. et Rychkova, I. 2013. On the Move to Meaningful Internet Systems: OTM 2013 Workshops.**

18. ***Modeling crisis management process from goals to scenarios.*** **Kushnareva, E., Rychkova, I. et Deneckére, R. 2015. AdaptiveCM 2015 – 4th Int. Workshop on Adaptive Case Management and Other Non-Workflow Approaches to BPM.**

19. ***Modeling business processes for automated crisis management support: lessons learned.*** **Kushnareva, E., Rychkova, I., Grand, B.L. 2015. IEEE 9th Int. Conf. on Research Challenges in Information Science (RCIS).**

20. ***Modeling and animation of crisis management process with statecharts.*** **Kushnareva, E., Rychkova, I., Le Grand, B. 2015. 14th Int. Conf. Perspectives in Business Informatics Research: BIR 2015.**

21. ***Norwegian emergency management process by using business process modeling notation.*** **Nunavath, V., & Prinz, A. 2015. In Proceedings of the 8th IADIS International Conference on Information Systems.**

22. ***Decision support for improvisation in response to extreme events: learning from the response to to the 2001 World Trade Center attack.*** **Mendonça, D. 3, 2007, Dcion Support Systems, Vol. 43, pp. 952-967.**

23. ***Knowledge-intensive processes: characteristics, requirements and analysis of contemporary approaches.*** **Di Ciccio, C., Marrella, A., Russo, A. 1, 2014, Journal of Data Semantics, Vol. 4, pp. 29-57.**

24. ***Who's really on first? A domain-level user, task and context analysis for response technology.*** **Jul, S. 2007. Proc. of the 4th Int. Conf. on Information Systems for Crisis Response and Management, ISCRAM.**

25. ***Modelling emergency response process using case management model and notation.*** **Shahrah, A. Y., & Al-Mashari, M. A. 6, 2017, IET Software, Vol. 11, pp. 301-308.**

26. ***From BPMN process models to DMN decision models.*** **Bazhenova, E., Zerbato, F., Oliboni, B., & Weske, M. 2019, Information System, Vol. 83, pp. 69-88.**

27. ***Embedding conformance checking in a process intelligence system in hospital environments.*** **Kirchner, K., et al. 2013, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 7738, pp. 126-139.**

28. ***A methodological framework for the integrated design of decision-intensive care pathways—an application to the management of COPD patients,.*** **Combi, C., et al. 2, 2017, Healtcare Information Research, Vol. 1, pp. 157-217.**

29. ***Improving Emergency Response through Business Process, Case Management, and Decision Models.*** **Herrera, M. P. R., & Díaz, J. S. Valencia : s.n., 2019. 16th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management.**

30. Modeler. ***https://camunda.com/.*** **[En ligne] https://camunda.com/products/camunda-platform/modeler/.**

31. camunda.org. ***Camunda Platform.*** **[En ligne] camunda.com/products/camunda-platform/.**

32. Emergency. ***isgf.org.*** **[En ligne] 2017. http://www.isgf.org/index.php/en/download/publications/our-kit/2817-8-emergency-2017/file.**

33. ***Pervasive emergency response process management system.*** **Franke, J., Ulmer, C., & Charoy, F. 2010. 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops). pp. 376-381.**

34. https://www.adonis-community.com/en/. [En ligne]

35. https://www.bizagi.com/platform/modeler. [En ligne]

36. bpmn-js BPMN 2.0 viewer and editor. ***https://bpmn.io/.*** **[En ligne] https://bpmn.io/toolkit/bpmn-js/.**

37. cmmn-js CMMN 1.1 viewer and editor . ***bpmn.io.*** **[En ligne] https://bpmn.io/toolkit/cmmn-js/.**

38. dmn-js DMN viewer ans editor. ***BPMN.io.*** **[En ligne] https://bpmn.io/toolkit/dmn-js/.**

39. https://camunda.com/download/modeler/. [En ligne]

40. https://cawemo.com/. [En ligne]

41. SIGNAVIO PROCESS MANAGER. ***signavio.com.*** **[En ligne] http://www.signavio.com/products/process-manager.**

42. FICO Decision Modeler. ***www.fico.com.*** **[En ligne] http://www.fico.com/en/products/fico-dmn-modeler.**

43. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/30/oj. [En ligne]

44. ***Research challenges in adaptive case management: a literature review.*** **Hauder, M., Pigat, S., & Matthes, F. 2014. IEEE 18th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops and Demonstrations. pp. 98-107.**

45. McCauley, D. 65-75. Acm and business agility for the microsoft-aligned organization. ***Taming the Unpredictable: Real World Adaptive Case Management: Case Studies and Practical Guidance.*** **2011.**

46. ***Supporting flexible processes with adaptive workflow and case handling.*** **Günther, C. W., Reichert, M., & van der Aalst, W. M. 2008. IEEE**

17th Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises. pp. 229-234.

47. *Adaptive case management: overview and research challenges.* Motahari-Nezhad, H. R., & Swenson, K. D. 2013. IEEE 15th Conference on Business Informatics. pp. 264-269.

48. *Next best step and expert recommendation for collaborative processes in it service management.* Motahari-Nezhad, H. R., & Bartolini, C. [éd.] Springer. 2011. International Conference on Business Process Management . pp. 50-61.

49. *Supporting flexible processes through recommendations based on history.* Schonenberg, H., Weber, B., Van Dongen, B., & Van der Aalst. [éd.] Springer. 2008. International Conference on Business Process Management. pp. 51-66.

50. *Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process.* Brocke, J. V., Simons, A., Niehaves, B., Niehaves, B., Reimer, K., Plattfaut, R., & Cleven, A. Verona : s.n., 2009. 17th European Conference on Information Systems (ECIS).

51. *Adaptive case management in the social enterprise.* Motahari-Nezhad, H. R., Bartolini, C., Graupner, S., & Spence, S. 2012. nternational Conference on Service- Oriented Computing. pp. 550-557.

52. Matthias, J. T. Case management forecast: Mostly pcm with a chance of acm. *How Knowledge Workers get Things Done: Real-World Adaptive Case Management.* 2012.

53. *Adaptive case management as a process of construction of and movement in a state space.* Bider, I., Jalali, A., & Ohlsson, J. s.l. : Springer, 2013. OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems. pp. 155-165.

54. *Adaptive case management in the social enterprise.* Motahari-Nezhad, H. R., Bartolini, C., Graupner, S. 2012. International Conference on Service- Oriented Computing . pp. 550-557.

55. *Workflow management versus case handling: results from a controlled software experiment.* Mutschler, B., Weber, B., & Reichert, M. 2008. ACM symposium on Applied computing. pp. 82-89.

56. Koulopoulous, N. T. M. Case management megatrends. *Whitepaper.* [En ligne] 2012.

57. *Managing complexity in adaptive case management.* Huber, S., Hauptmann, A., Lederer, M., & Kurz, M. s.l. : Springer, 2013. International Conference on Subject-Oriented Business Process Management . pp. 209-226.

58. Moore, C., Mines, C., Clair, C. L., Miers, D., Hamerman, P. D., Hagen, P., & Musto, S. The process-driven business of 2020. *www.forrester.com.* [En ligne] 2012. https://www.forrester.com/report/The+ProcessDriven+Business+Of+2020/-/E-RES71621.

59. Object Management Group, Decision Model And Notation. *Object Management Group.* [En ligne] http://www.omg.org/spec/DMN/.

61. *Case handling in construction.* Van der Aalst, W. M., Stoffele, M., & Wamelink, J. W. F. 3, s.l. : Elsevier, 2003, Automation in Construction, Vol. 12, pp. 303-320.