



# Le langage BPMN (Business Process Modeling Notation)

## 2.1 Introduction

Le concept de processus occupe aujourd'hui une place majeure dans le domaine des systèmes d'information. L'approche processus a connu un intérêt remarquable dans la modélisation des entreprises ce qui a conduit à l'apparition d'un grand nombre de modèles et d'approches de modélisation de ce dernier.

Les technologies de l'information sont devenues l'une des principales réussites de toutes entreprises et organisations pour gérer toutes leurs activités internes et externes, ce qui a favorisé aux entreprises de porter une attention croissante aux processus métiers, à leurs descriptions, leurs automatisations et leurs managements. Ainsi Plusieurs organismes ont proposé une norme suite à une forte demande des utilisateurs pour une standardisation du langage de modélisation.

Dans ce chapitre nous allons tout d'abord nous intéresser au processus métiers. Ensuite nous définissons plus en détails la norme BPMN.

## 2.2 Processus métier

### 2.2.1 Définition de Processus

Pour bien définir le processus métier, voici quelques définitions de processus [29].

- Un processus est défini par l'ISO 9000(2000) comme un "ensemble d'activités corrélées

ou interactives qui transforme des éléments d'entrée en éléments de sortie".

- La définition générale proposée par **le Petit Robert** est : "un processus est un ensemble de phénomènes conçus comme actifs et organisés dans le temps".
- Pour l'association française de normalisation (**AFNOR**) : « un processus est une succession d'activités réalisées à l'aide de moyens (personnel, équipement, matériels, informations) et dont le résultat final attendu est un produit ».
- **M.Hammer** et **J.Champy** en 1993 décrivent un processus comme un « ensemble finalisé d'activités, orientées vers la production d'un résultat représentant une valeur pour un client ».

### 2.2.2 Définition de processus métier

Le concept processus métier, a été défini « en tant qu'un enchaînement d'activités corréées ou interactives. Un processus reçoit des objets en entrée et leur ajoute de la valeur, par le moyen de ressources, tout en fournissant des objets de sortie (produits/services) remplissant les besoins et les exigences d'un client (atteindre les objectifs) internes ou externes à l'entreprise. Il ne peut être déclenché que par des événements internes et/ou externes à l'entreprise, c'est-à-dire des changements d'état de composants du système. Chaque processus est en communication avec d'autres et peut être décomposé en sous-processus. Une activité transforme des entrées en sorties par l'influence d'objets de contrôle et en utilisant les ressources requises et disponibles pendant une durée bien définie » [30].

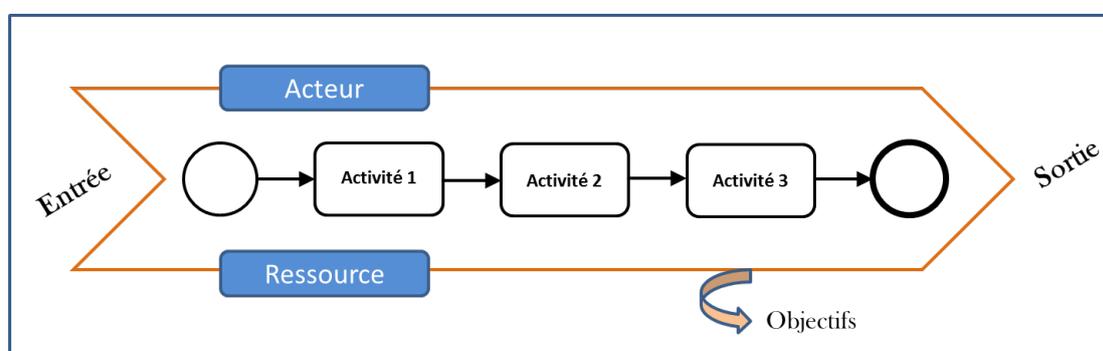


Figure 2.1: Un exemple de processus métier.

En détruire de la définition précédents qu'un processus métier est un enchaînement ordonné d'activité aboutissant à un résultat déterminé qui est spécifique pour un client ou un partenaire particulier. Ces activités sont exécutées par des personnes ou par des applications. Un processus est déclenché par un événement qui lui est externe et doit produire à un résultat qui est sa raison d'être.

## 2.3 Gestion des processus métier (BPM)

### 2.3.1 Définition Gestion des processus métier (BPM)

Plusieurs définitions ont été données pour le terme de gestion des processus métier :

D'après Van Der Aalst et al. (2003) « BPM comprend les méthodes, les techniques et les outils pour concevoir, exécuter, gérer et analyser les processus opérationnels en s'appuyant sur des acteurs qui peuvent être des êtres humains, des organisations, des applications et d'autres sources d'information » [31].

Business Process Management (BPM) est défini comme « l'art de la modélisation, la gestion et l'optimisation des processus métiers afin d'augmenter la performance des entreprises. Cela nécessite de s'accompagner d'outils pour modéliser, intégrer, superviser et analyser le fonctionnement des processus durant leur cycle de vie pour gérer et améliorer les processus de l'entreprise » [32].

### 2.3.2 Le cycle de vie de BPM

Le cycle BPM, ou Business Process Management Life cycle, a pour objectif d'avoir une méthode structurée et de mettre en œuvre les solutions les plus adaptées et pérennes. Il permet la création d'un processus métier qui inclut le séquençement cyclique de 5 étapes, comme le montre la figure figure 2.2 :

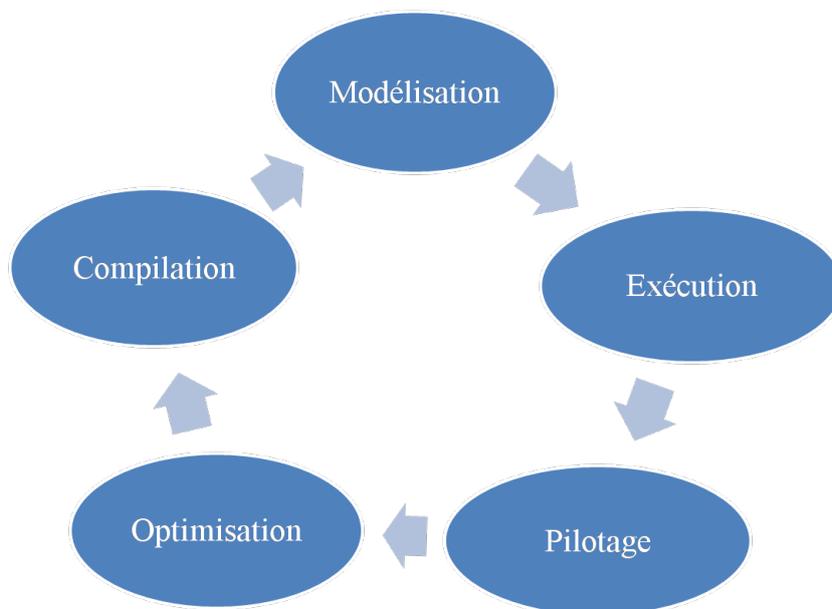


Figure 2.2: Cycle de vie BPMN.

pour plus de détails nous allons explorer chaque étape du cycle BPM [33]:

### **Conception :**

Une étude doit être réalisée pour analyser les objectifs de l'entreprise, où nous allons pouvoir :

- préciser le but du processus
- spécifier des détails du processus tel que les acteurs
- identifier les activités
- déterminer le rôle de chaque personne intervenant sur le processus
- surveiller les échanges d'informations
- ... etc.

### **Modélisation :**

Cette phase permet de représenter informatiquement un modèle le plus proche possible de la réalité, pour aboutir à ce point nous allons:

- appliquer généralement des langages graphiques comme UML, BPMN au processus indépendamment des aspects techniques.
- transformer un modèle de processus métier ou "Business Process Diagram" en un modèle de processus exécutable.
- simuler le processus et de penser aux cas anormaux puis de l'adapter.

### **Exécution :**

Il s'agit de la phase opérationnelle où la solution de BPM est mise en œuvre. En effet, durant cette phase, le processus exécutable est interprété par un moteur d'exécution appelé BPE « Business Process Engine ».

### **Pilotage :**

Cette phase mesure les indicateurs de performances définit et la performance du processus. Des rapports sont générés puis analysés et comparés avec les contrats de services.

**Optimisation :**

Cette dernière phase propose des solutions pour améliorer les performances des processus métiers en réduisant les coûts, optimiser l'efficacité, augmenter la performance, éviter la redondance, etc.

**2.3.3 Avantages d'un système BPM**

La gestion des processus métier est un vecteur d'efficacité et de qualité au sein d'une organisation. Dans ce qui suit, on cite les trois avantages principaux [34] :

**Organisation :**

- Apporte une vision globale de l'organisation à travers la cartographie de tous les processus (la cartographie des processus métier, c'est la description graphique des processus métier à des fins de documentation.)
- Permet aux collaborateurs d'avoir une meilleure visibilité sur leur rôle au sein de l'organisation
- Améliore le gain de temps à tous les niveaux en supprimant les tâches inutiles
- Sécurise le déroulement des activités avec l'identification des acteurs responsables

**La communication :**

- Les échanges sont fluidifiés,
- Améliore la collaboration entre les acteurs,
- Formalise le déroulement des procédures,
- Permet une communication transversale entre les différents niveaux de l'entreprise.

**Suivi et le pilotage :**

- Permet la mise en avant d'indicateurs de performance
- Centralise les informations de chaque processus
- Mesure l'atteinte des objectifs et met en évidence les dysfonctionnements
- Apporte une meilleure réactivité dans les prises de décision et les cycles de validation

### 2.3.4 Pourquoi modéliser les processus métiers ?

Une vision claire et partagée du fonctionnement de l'organisation est nécessaire pour faire évoluer le système d'information. La modélisation est considérée comme un moyen d'y parvenir. Les modèles servent à comprendre, élaborer et communiquer [32].

**Une démarche de modélisation des processus peut répondre à plusieurs objectifs :**

- Permettre d'aligner l'opérationnel à la stratégie pour une meilleure gouvernance.
- Améliorer ou reconfigurer le Système d'Information lors d'une refonte.
- Documenter les processus pour aider la Maitrise d'ouvrage à rédiger les exigences, les chefs d'entreprise à prendre des décisions, les analystes et développeurs à éliminer toute confusion et faciliter l'échange entre eux, etc.
- Améliorer la collaboration entre les structures fonctionnelles d'une même organisation et entre plusieurs organisations.
- Réduire ou supprimer la dépendance de l'activité par rapport aux employés qui y sont affectés et améliorer la gestion et la capitalisation des connaissances.
- Contrôler et améliorer les processus et les sous-processus, pour faire progresser de manière continue les processus de l'entreprise.
- Assurer une cohérence globale des besoins métiers et identifier les points non couverts par le SI.
- Automatiser autant que possible l'activité et supprimer les tâches sans réelle valeur pour l'entreprise.

## 2.4 Workflow

### 2.4.1 Définition de Workflow

La notion de Workflow ou « flux de travail en français » est apparue au début des années 90 dans le cadre des recherches sur les outils logiciels facilitant le travail collaboratif, en 1999 le Workflow il était défini par **le Management Coalition WFMC** [?] comme l'automatisation partielle ou entière d'un processus métier. Dans lesquelles les documents, les informations ou les tâches sont transmis d'un participant à un autre en fonction d'un ensemble de règles de gestion prédéfinies.

## 2.4.2 Différence entre processus métier et workflow

Le processus métier et le workflow sont la plupart du temps considérés comme identiques. Toutefois, les deux sont différents dans tous les aspects et constituent des entités distinctes.

Pour mieux comprendre la différence entre ces termes, nous pouvons dire que "le workflow" s'intéresse plutôt à l'organisation d'un travail (métier ou autre). Il est lié à une séquence d'activités, qui implique à la fois des activités manuelles et des procédures automatisées (basées sur des logiciels) pour représentation schématique ou à la modélisation d'un processus métier, alors que le "business process" représente le métier proprement dit de l'entreprise en termes d'activités, de rôles et de règles métiers. Il est directement lié au métier de l'entreprise qui le met en œuvre par la compréhension de l'ensemble de ses compétences, son domaine d'activité qui se traduit par l'offre d'un ensemble de ses services, produits ou artefacts dont la consommation permet de se pérenniser et de se développer.

On pourrait dire que le Workflow contribue à la performance de tous les types de processus qui sont "actionnés" dans l'entreprise et particulièrement aux processus métiers qui sont les candidats potentiels au Workflow [35].

## 2.5 La modélisation et langage de modélisation des processus métier

La modélisation des processus métier est une représentation du fonctionnement d'un processus pour définir l'ensemble des activités à exécuter et leur ordre d'exécution. Il existe deux approches dans la littérature permettant la définition du comportement d'un processus [36] :

**Approche impérative :** se concentre sur la définition précise de la façon dont l'ensemble d'activité doit être achevé « le quoi faire ». Plusieurs langages impératifs tels que BPMN, UML activity diagram, EPC.

**Approche déclarative :** concentre plus sur « ce qui devrait être fait ». Comme exemple des langages déclaratifs, il existe eConDec, PLM-flow, PENELOPE.

### 2.5.1 Le standard BPMN

BPMN est un acronyme pour « Business Process Modeling Notation ». Il est défini pour la modélisation de processus métier d'une entreprise permettant de définir une notation graphique commune à tous les outils de modélisation. Il a été proposé par le consortium OMG « Object Management Group » et BMPI « Business Process Management Initiative » depuis leur fusion en 2005. Il a été ensuite maintenu par l'OMG en 2006 (OMG, 2006).

L'objectif principal de BPMN est de fournir une notation qui soit réellement compréhensible par tous les acteurs de l'entreprise, indépendamment de l'outil utilisé. Il permet de créer une passerelle standardisée pour combler le vide existant entre la modélisation des processus métier et les langages d'exécution des processus métier [31].

Un autre objectif est que le langage XML conçu pour l'exécution des processus métiers peut être visualisé avec une notation commune et intégré avec une interface de programmation dans les logiciels. Seule l'implémentation de cette interface peut varier selon les technologies [33].

## 2.5.2 Histoire de BPMN

Le Mark von Roding et al ont cité l'historique de BPMN dans son livre [37] comme suit :

- En 2001, y avait de nombreuses notations et points de vue différents de modélisation, c'est dans ce cas où les membres de Business Process Management Institute (BPMI) ont commencé à discuter de l'idée de normaliser les techniques orientées pour représenter visuellement les composants de processus et aligner la notation avec un langage de processus exécutable.
- En mai 2004, c'était la publication de la première version de BPMN (BPMN 1.0).
- En 6 février 2006, BPMI (Business Process Management Institute) a été remplacée par l'OMG qui a depuis maintenu et développé la norme BPMN.
- En janvier 2008, la version BPMN 1.1 a été publiée par l'OMG
- En 2009, la version BPMN 1.2 a été publiée par l'OMG
- Janvier 2011, la version BPMN 2.0 a été publiée par l'OMG
- En décembre 2013, la version 2.0.2 de BPMN a été publié par l'OMG

La Figure figure 2.3 indique un rapide historique de l'évolution du standard BPMN :

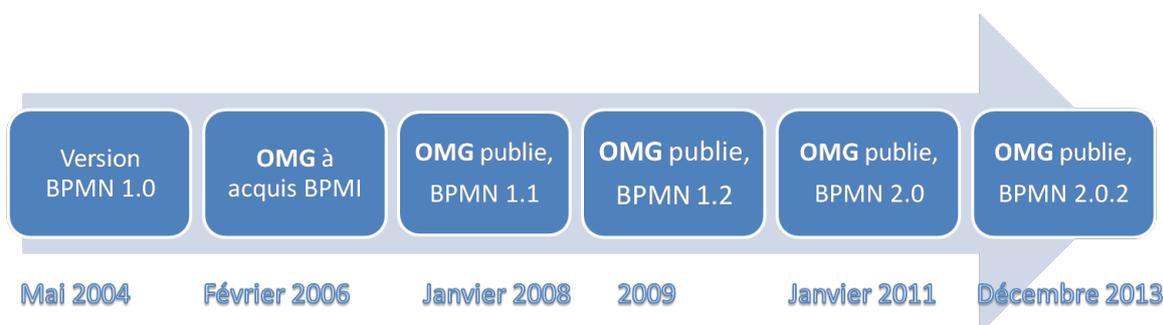


Figure 2.3: Historique de l'évolution du standard BPMN.

### 2.5.3 Notation BPMN 2.0

Un diagramme BPMN [11] est composé d'un ensemble d'éléments graphiques qui permettent de modéliser les activités, les flux, les relations, les données et l'interaction entre ces éléments.

#### 2.5.3.1 Les éléments de BPMN 2.0

Les différents éléments sont organisés en cinq catégories sont :

- Les objets de flux (Flow Object)
- Les objets de connexion (Connecting Object).
- Les partitions (Swimlanes).
- Les données.
- Les artéfacts (Artifacts).

Les différents éléments de BPMN 2.0 sont illustrés dans la figure ci-dessous :

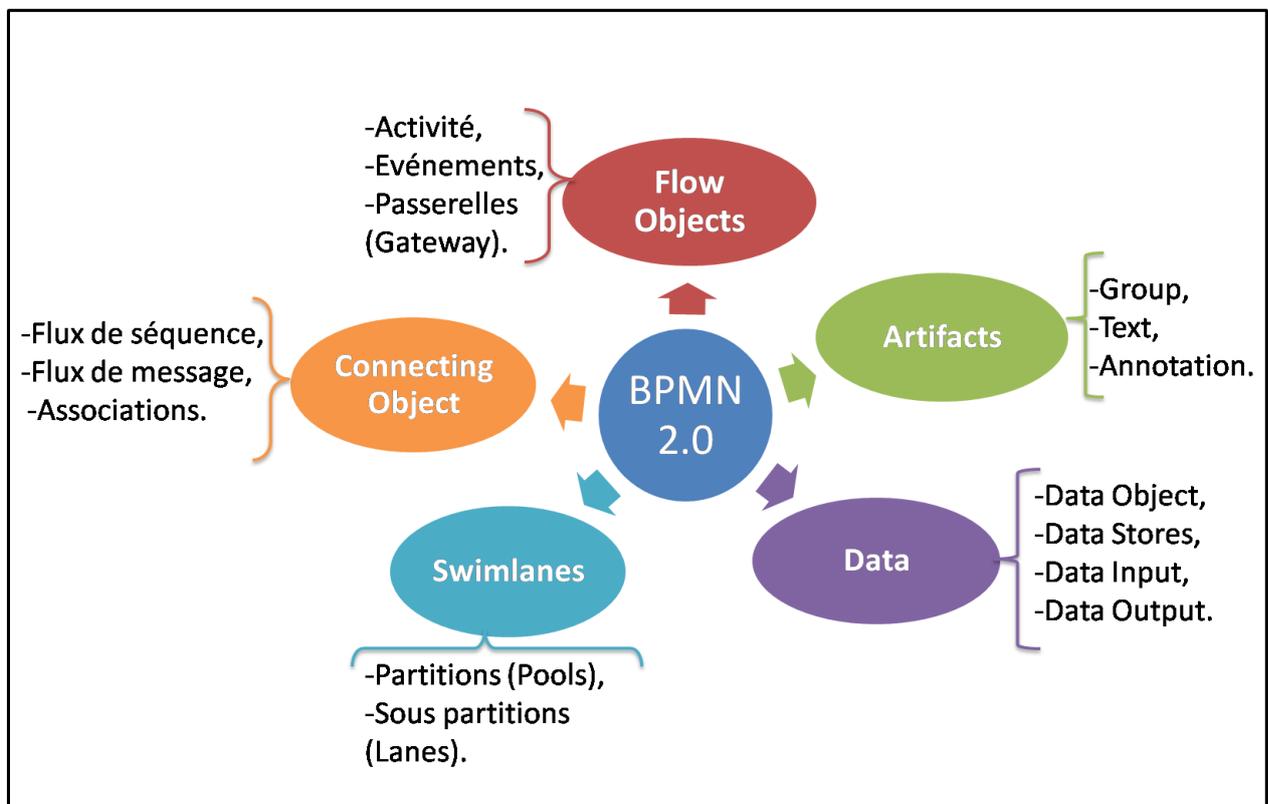


Figure 2.4: Les différents éléments de BPMN 2.0.

A. **Les objets de flux** : ce sont les principaux éléments graphiques qui permettent de définir le comportement d'un processus métier. Il existe trois types d'objets flux « les activités », « les événements » et « les passerelle » :

### 1. Les activités :

Sont représentées par un rectangle aux coins arrondis qui correspondent à une action qui peut être réalisée par un humain ou une machine, une activité peut être atomique ou composée. Ces types qui font partie d'un processus sont les suivants :

- **Tâche** : un objet tâche est présenté sous forme d'un rectangle à coins arrondis qui doit être tracé avec une seule ligne mince, une tâche est une activité atomique et chaque tâche a un début et une fin. Par conséquent cette dernière ne peut débiter que si la tâche précédente est terminée. il existe sept types de tâches(voir la figure figure 2.5) :
  - **Tâche d'envoi de message** : spécifie l'envoi d'un message à un participant externe au processus. Une fois le message est envoyé, la tâche sera terminée.
  - **Tâche de réception d'un message** : spécifie l'arrivée d'un message d'un participant au processus. Une fois le message est reçu, la tâche sera terminée.
  - **Tâche utilisateur** : précise que la tâche est effectuée par un exécutant humain avec l'aide d'une application informatique.
  - **Tâche manuelle** : précise que la tâche devrait être effectué sans l'aide d'un moteur d'exécution de processus métiers ou d'une application (c'est-à-dire que la tâche est réalisée exclusivement par un acteur humain).
  - **Tâche service** : utilise une sorte de service qui pourrait être un service Web ou une application automatisée (c'est-à-dire c'est une tâche automatisée sans intervention humaine).
  - **Tâche script** : une tâche de script est exécutée par un moteur de processus métiers. Le modélisateur ou l'implémenteur définit un script dans une langue que le moteur peut l'interpréter lorsque la tâche est prête à démarrer, le moteur exécutera le script, lorsque le script est terminé, la tâche sera également complétée.
  - **Tâche règle de gestion** : elle représente l'envoi d'une entrée dans un moteur de règles de gestion et la réception du résultat du calcul effectué par ce moteur.

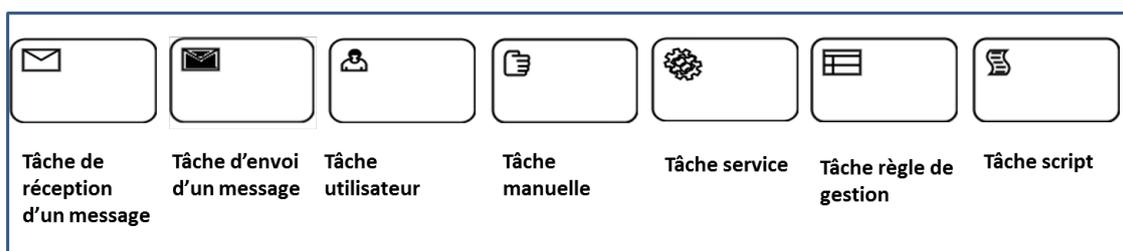


Figure 2.5: Les types des tâches dans BPMN 2.0.

- **Sous-processus** : est une activité qui est non atomique (composée), elle est représentée par une tâche avec un petit + permettant d'accéder au détail. Le sous-processus est la manière de définir des abstractions et de choisir la granularité de l'information représentée. Cela peut aussi être utilisé pour définir un contexte de traitement pour la gestion des exceptions.
- **Activité d'appel** : Les activités d'appel ou « call activity », ne permettent qu'un processus fournit un lien vers les activités réutilisables qui sont : les sous-processus et les tâches.



Figure 2.6: Sous-processus et activité d'appel dans BPMN 2.0.

## 2. Les événements :

Sont représentés par des cercles, ils correspondent à une action qui survient durant le processus. Ils ont en général une cause et une conséquence. Il existe trois catégories d'événements : de début, intermédiaire et de fin.



Figure 2.7: Événements dans BPMN 2.0

- **Les événements de début** : représenté par un cercle avec une seule ligne mince, il déclenche une nouvelle instance de processus où un processus peut avoir plus d'un événement de démarrage, mais un sous-processus d'événement n'a qu'un événement de début.
- **Les événements intermédiaires** : représentés par un cercle avec une double ligne mince, ils indiquent une action qui se produit ou peut se produire au cours du processus, entre début et fin. Les événements intermédiaires peuvent être utilisés pour attraper le déclencheur d'événement et peut être dans le flux ou à la limite d'une activité.
- **Les événements de fin** : sont représentés par un cercle avec une seule ligne épaisse, c'est la fin de l'instance de processus. Et la fin des événements n'ont pas de flux de séquence sortante.

Quelques types d'événements de BPMN2.0 sont représentés par la figure suivante :

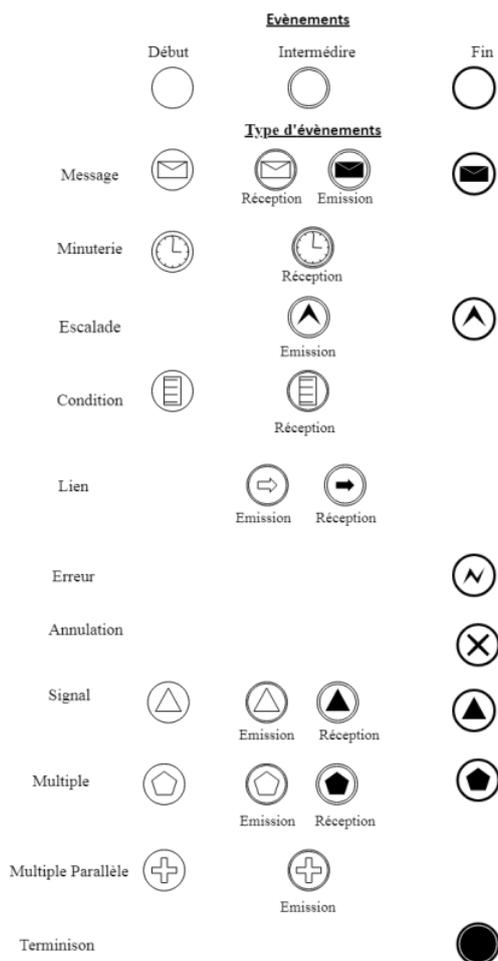


Figure 2.8: Les types d'évènements de BPMN2.0.

- **L'évènement de message** : un message est un moyen spécifique de transmission de données d'un processus à l'autre. Le type message signifie l'envoi ou la réception d'un message.
- **L'évènement de minuterie** : un événement de minuterie utilisé pour signifier l'attente d'une condition de temps spécifique pour se déclencher, qui va lancer un processus un événement ou un Sous-processus.
- **L'évènement d'escalade** : les événements d'escalade sont des événements qui font référence à une escalade nommée. Ils sont principalement utilisés pour communiquer d'un sous-processus à un processus supérieur.
- **L'évènement de condition** : ce type d'événement est déclenché lorsqu'une condition devient vraie. Une condition est un type d'expression.
- **L'évènement de lien** : les événements de type « lien » permettent de découper un processus qui est devenu trop long en plusieurs parties. Les objets liens pourront être attachés un à un. Cela permet d'éviter de surcharger un processus.
- **L'évènement d'erreur** : utilisées pour signaler une erreur dans le processus et interrompt le processus ou le sous-processus en cours.

- **L'évènement d'annulation** : signale la fin du processus et annule les transactions en cours.
- **L'évènement de compensation** : signale qu'une tâche doit être annulée. Ce type d'évènement permet de définir la tâche qui doit être utilisée pour compenser une tâche particulière.
- **L'évènement de signal** : les évènements de signal sont utilisés pour indiquer l'envoi ou la réception d'un signal.
- **L'évènement multiple** : le type multiple est utilisé afin de lancer ou recevoir un des déclencheurs associés à l'évènement.
- **L'évènement multiple parallèle** : le type multiplicité parallèle signifie que toutes les conditions associées à l'évènement doivent se produire afin de déclencher l'évènement.
- **L'évènement de terminaison** : est l'évènement « **stop everything** », lorsqu'un évènement de fin de session est atteint, la totalité le processus est arrêté.

### 3. Les passerelles :

Les passerelles ou les branchements "Gateways" sont représentées par un losange, elles serviront à représenter la condition de routage entre les flux d'entrée et les flux de sortie, les signes internes indiqueront le type de contrôle du comportement du branchement. Les différents branchements possibles sont :

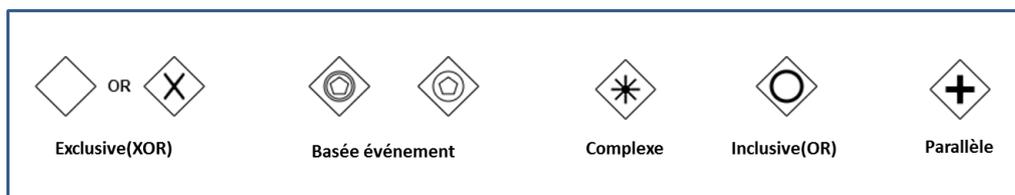


Figure 2.9: Les branchements de BPMN 2.0.

- **Exclusive (XOR)** : est utilisée pour créer des chemins alternatifs dans un flux de processus. Lors de la scission, dirige le flux vers une branche sortante. Lors de la fusion, attend qu'une branche entrante se termine avant de déclencher le flux de sortie.
- **Basée événement** : il représente un point de branchement dans le processus où les chemins alternatifs qui suivent base sur un déclenchement d'évènement. Un évènement spécifique, généralement suivi par des évènements de réception ou des tâches de réception et dirige le flux vers ce qui se produit le premier.
- **Inclusive (OR)** : peut être utilisée pour créer des chemins alternatifs parallèles. Contrairement à la passerelle exclusive, toutes les expressions de condition sont évaluées. Lors de la scission, active une ou plusieurs branches. Lors de la fusion, attend que toutes les branches entrantes se terminent avant de fusionner.
- **Complexe** : un à plusieurs chemins sont choisie, selon la condition de la passerelle.
- **Parallèle (AND)** : une passerelle parallèle est utilisée pour synchroniser et créer

des flux parallèles. Lors de la scission, active toutes les branches sortantes simultanément. Lors de la fusion, attend que toutes les branches entrantes se terminent.

B. **Les objets connexion** ce sont les éléments graphiques qui permettent de relier les objets de flux les uns aux autres pour représenter le cheminement du processus. Il existe trois types d'objets de connexion :

- **Les flux de séquence :**

Sont représentés par une flèche pleine et une ligne solide, qui indiquent l'ordre d'exécution des actions (d'événements ou d'activités).

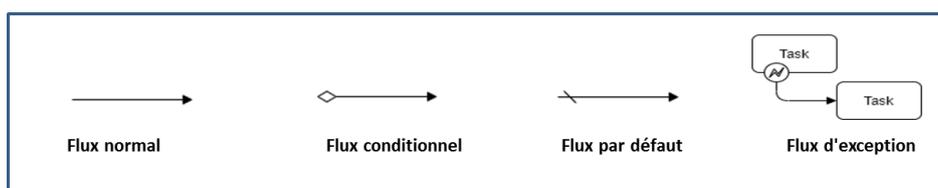


Figure 2.10: Les flux de séquence de BPMN 2.0.

- **Les flux normal** : le flux normal fait référence aux chemins du flux de séquence qui ne commencent pas à partir d'un événement intermédiaire attaché à la limite d'une activité.
  - **Les flux non contrôlés** : un flux non contrôlé fait référence à un flux qui n'est affecté par aucune condition ou qui ne passe pas par une passerelle (par exemple un flux de séquence unique relie deux activités).
  - **Les flux conditionnels** : il s'agit d'un flux de séquence unique reliant deux Activités. Il n'est pas affecté par toute condition ou ne passe pas par une passerelle.
  - **Les flux par défaut** : il est employé pour les passerelles exclusives ou inclusives. Ce type de flux sera utilisé uniquement si tous les autres flux conditionnels sortants ne sont pas vrais au moment de l'exécution de processus.
  - **Les flux d'exception** : le flux d'exception se produit en dehors du flux normal du processus et repose sur un événement intermédiaire fixé à la limite d'une activité qui se produit pendant l'exécution du processus.
- **Les flux de message :**

Sont représentés par ligne pointée avec un cercle ouvert au début et une flèche vide à la fin, qui correspond à un lien entre deux processus séparés.



Figure 2.11: Les flux de message de BPMN 2.0.

- **Les associations :**

Une association est dessinée avec une seule ligne pointillée, qui permettent de lier des données ou des documents aux objets du processus.



Figure 2.12: Les associations de BPMN 2.0.

C. **Les partitions :** ce sont les éléments graphiques permettant de structurer et regrouper les différents éléments qui composent le diagramme BPMN. Les deux types d'objets sont les suivants :

- **Les participants (Pool) :**

Un pool est la représentation graphique d'un participant à une collaboration, un participant peut être une entité partenaire spécifique (par exemple : une entreprise) ou un rôle partenaire plus général (par exemple : un acheteur, un vendeur ou un fabricant). Un pool peut avoir des détails internes, sous forme d'un processus qui sera exécuté, où il peut avoir aucun détail interne, c'est-à-dire il peut s'agir être comme « boîte noire ».

Un pool est un rectangle à coins carrés tracé avec une seule ligne continue, l'étiquette de Pool peut être placée dans n'importe quel endroit et direction à l'intérieur, mais doit être séparée du contenu par une seule ligne.

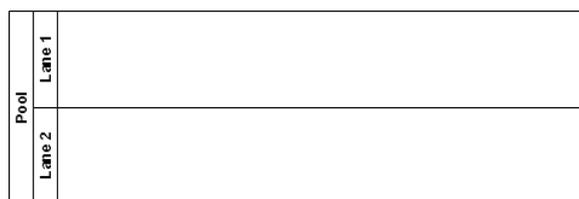


Figure 2.13: La représentation d'un pool en BPMN 2.0.

Si le pool est une boîte noire l'étiquette du pool peut être placée n'importe où dans le pool sans séparateur de ligne unique.



Figure 2.14: La représentation d'un pool comme boîte noire en BPMN 2.0.

- **Les couloirs (Lane) :**

Un couloir est un rectangle aux coins carrés, il peut être vertical ou horizontal. Un couloir c'est une partition en sous ensemble dans le pool, ils sont utilisés pour organiser et classer les activités. Pour illustrer les échanges entre 2 couloirs on utilise des flux de messages.



Figure 2.15: La représentation d'une lane en BPMN 2.0.

D. **Les données :** utilisées pour expliquer quelles données sont nécessaires dans le diagramme.

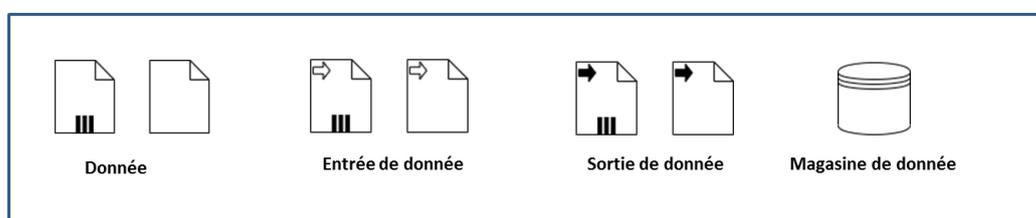


Figure 2.16: Les données de BPMN 2.0.

- **Données(data) :**

Objets utilisés pour représenter les données nécessaires pour l'exécution d'une activité, ainsi que celles produites. Les objets de données peuvent représenter un objet singulier ou une collection d'objets.

- **Une collection d'objets de données :**

Représente une collection des éléments de données liés à la même entité de données (par exemple : une liste des articles à commander).

- **Entrée de données (Data Input) :**

Est une entrée externe pour l'ensemble du processus, qui peut être lue par une activité.

- **Sortie de données (Data Output) :**

Une sortie de données est le résultat de l'ensemble du processus.

- **Magasin de données (Data Store) :**

Fournit un mécanisme de stockage de données où le processus peut lire ou écrire

des données, comme une base de données ou un classeur d'archivage, et qui persiste au-delà de la durée de la vie de l'instance de processus.

E. **Les artéfacts** : ce sont des objets supplémentaires qui apportent des détails complémentaires afin d'assurer une compréhension parfaite du processus, il existe deux types d'artéfacts :

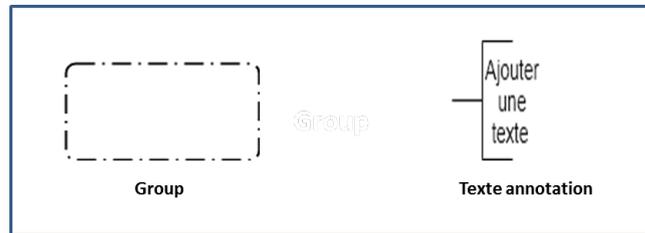


Figure 2.17: Les artéfacts.

- **Groupe :**

Un groupe est un rectangle à coins arrondis tracé avec une ligne pointillée continue, ce dernier permet de regrouper des tâches d'une même catégorie afin de mieux les repérer visuellement sur le diagramme.

- **Texte annotation :**

Qui permet d'ajouter des commentaires pour faciliter la lecture du diagramme BPMN.

#### 2.5.4 Exemple de processus BPMN

La figure 2.18 illustre un exemple concret de processus modélisé en BPMN [23].

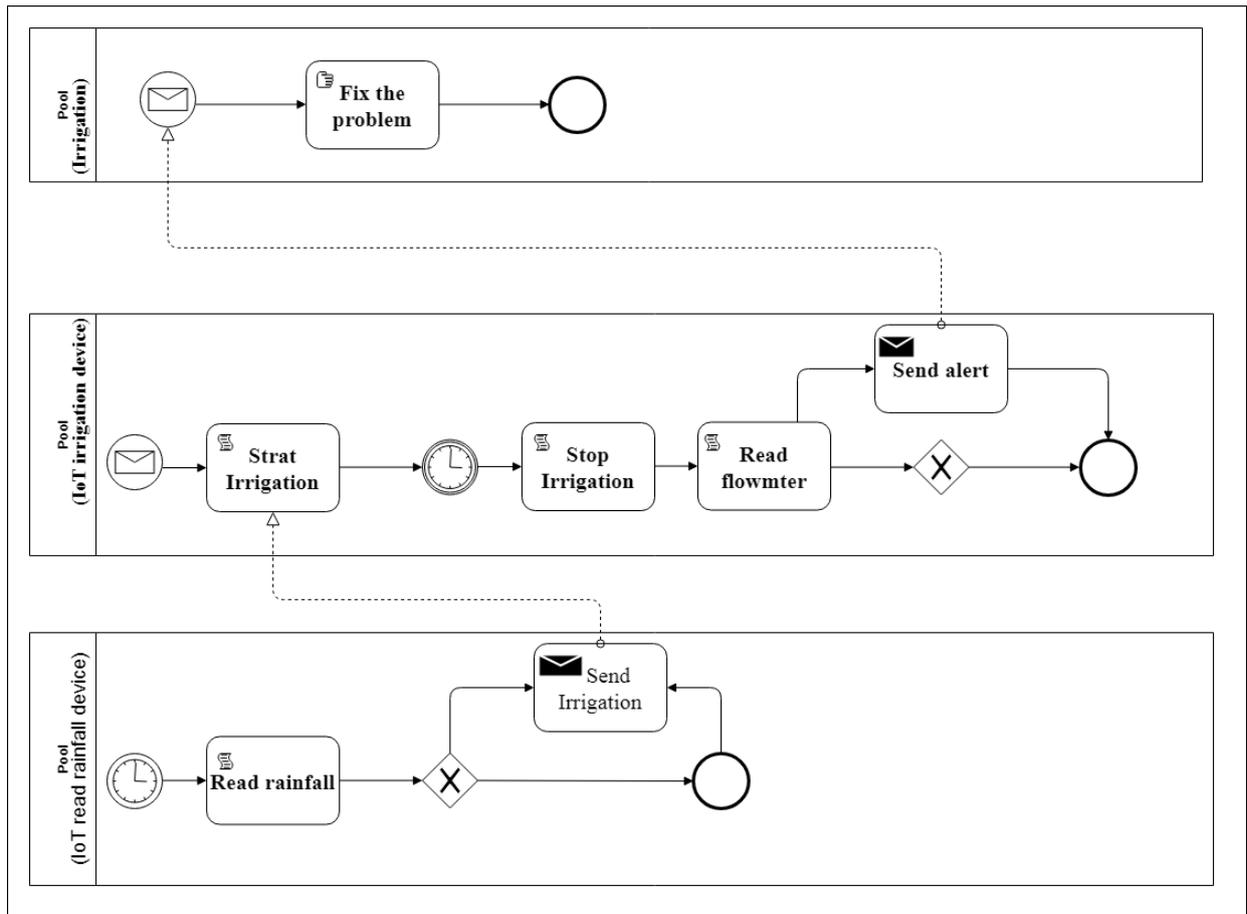


Figure 2.18: Exemple de processus d'irrigation modélisé en BPMN [38].

## 2.5.5 Types de diagrammes BPMN

La spécification BPMN 2.0 est divisée en plusieurs types de diagrammes (Processus, chorégraphie, Collaboration et Conversation) chacun est utilisé pour exprimer un aspect précis de processus métiers.

### 2.5.5.1 Diagramme de processus

Il existe trois (3) types de base de diagramme de processus BPMN :

- Processus métier privé exécutable.
- Processus métier privé non exécutable.
- Processus métier public.

✓ **Processus métier privé (interne) :**

Les processus d'affaires privés sont internes à une organisation particulière ont précisant les sous-processus, les activités ou les tâches, les passerelles, les événements, les objets échangés. Ces processus sont généralement appelés processus de flux de travail ou BPM (business process management). Un autre synonyme généralement utilisé dans le domaine des services.

La figure 2.19 donne un exemple de processus privé qui correspond à un processus d'examen radiologique. Il s'exécute au sein d'une seule organisation qui est « le centre de radiologie ». Ce processus comporte quatre activités en séquence : Réception d'une demande d'examen, Attribution de rendez-vous, Examen et Rédaction de rapport.

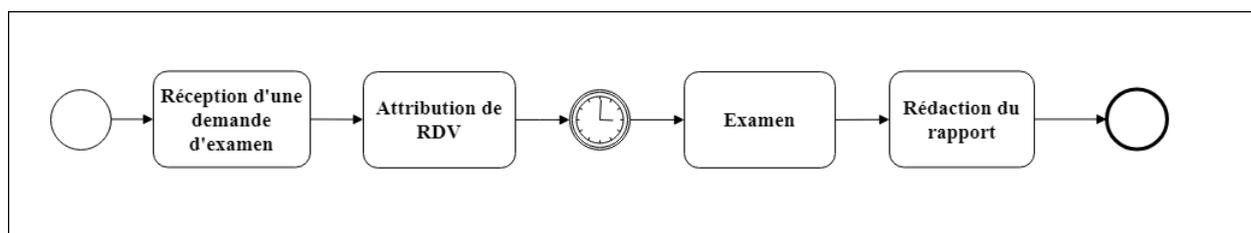


Figure 2.19: Exemple de processus privé [39].

Il existe deux types de processus privés :

– **Processus métier privé non exécutable :**

Un processus non exécutable est un processus privé qui a été modélisé selon une perspective propre à une organisation, un département ou un intervenant, dans le but de documenter le comportement du processus aux différents niveaux de détails. Il est possible de préciser les acteurs qui réalisent les tâches ou activités en ajoutant un Pool. Le Flux séquentiel ne peut pas traverser les limites d'un Pool, contrairement au Flux de messages qui peut les traverser pour montrer les interactions existantes entre des processus privés séparés.

– **Processus métier privé exécutable :**

Il s'agit d'un processus modélisé pour être exécuté selon la sémantique d'exécution BPMN défini selon certaines règles où le processus n'aura pas suffisamment de détails pour être « exécutable ».

✓ **Processus métier public :**

Il représente l'interaction entre un processus privé et un participant externe qui peut être : un individu, un département ou un autre. Seules les activités utilisées pour communiquer avec les autres participants et leur ordre d'exécution sont incluses dans le processus public. Toutes les autres activités internes du processus privé ne sont pas représentées. Ainsi le

processus public montre au monde extérieur les messages et leur ordonnancement qui sont nécessaires pour interagir avec ce processus. Les processus publics peuvent être modélisés séparément ou à l'intérieur d'une collaboration en montrant les messages entre le processus public et les autres participants.

La figure 2.20 montre un exemple de processus public, où nous représentons les interactions entre un processus privé (le processus d'examen radiologique) et un participant (le patient).

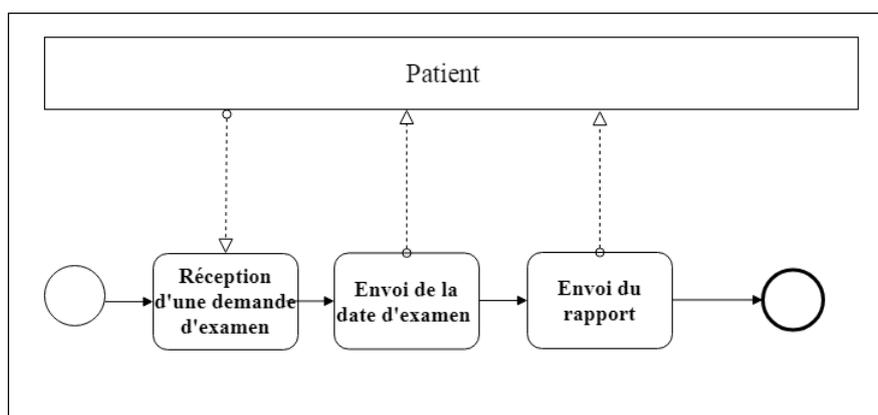


Figure 2.20: Exemple de processus public [39].

### 2.5.5.2 Diagramme de chorégraphie

Une chorégraphie formalise la façon dont les participants coordonnent leurs interactions, elle modélise le comportement attendu entre les Participants qui interagissent les uns avec les autres et qui veulent coordonner leurs activités ou leurs tâches à l'aide d'un échange d'informations (des Messages). Dans ce type de modélisation, la focalisation n'est pas sur l'orchestration (c'est-à-dire sur la manière dont le travail est accompli selon le point de vue des participants), mais sur les échanges de Messages entre les Participants.

Une chorégraphie peut être présentée entre deux Pool c'est-à-dire présentée au centre entre les Pool et les flux de messages, où un message représente le contenu d'une communication entre deux participants.

La figure 2.21 reprend l'exemple du processus d'examen radiologique et illustre, au travers d'une chorégraphie, les interactions entre le centre de radiologie et le patient. Cette chorégraphie comporte une séquence de trois activités de chorégraphies (Choreography activity) dont chacune définit le participant émetteur de message, le participant récepteur de message et le message transmis. Par exemple la première activité de chorégraphie définit une interaction entre un patient et un centre de radiologie dans laquelle le message Demande d'examen est transmis.

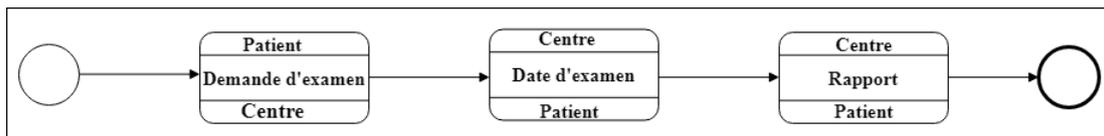


Figure 2.21: Exemple de chorégraphie [39].

### 2.5.5.3 Diagramme de collaboration

Un diagramme de collaboration BPMN permet de modéliser les échanges et les interactions entre deux ou plusieurs participants par des Pool. Les Pools sont définis comme étant les participants de cette collaboration. Les messages échangés entre les participants sont présentés à l'aide des flux de messages qui connecte deux pools (ou les objets au sein des pools).

Un pool peut être vide « une boîte noire » ou peut afficher un processus à l'intérieur. Toutes les combinaisons de pools, de processus et de chorégraphie sont autorisées dans un diagramme de collaboration.

La figure 2.22 reprend l'exemple du processus d'examen radiologique et illustre, au travers d'une collaboration, les interactions entre les deux participants Centre de radiologie et Patient, dont chacune est représentée par un processus public.

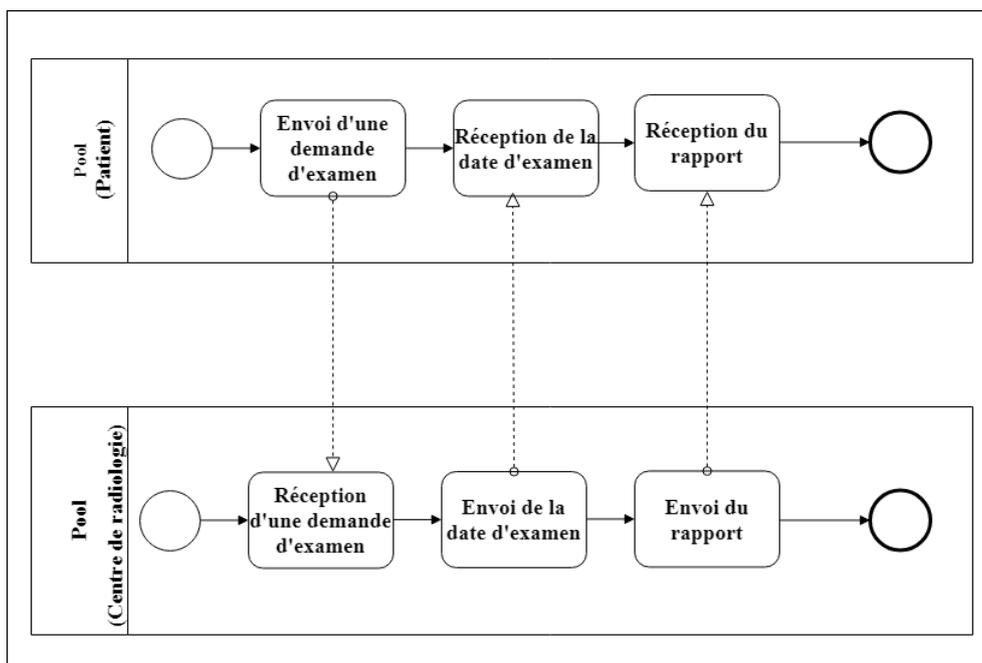


Figure 2.22: Exemple d'une collaboration [39].

#### 2.5.5.4 Diagramme de conversation

C'est une version particulière de la collaboration, un Diagramme de conversation est la description informelle d'un Diagramme de collaboration à haut niveau, il conserve toutes les fonctionnalités d'une collaboration. Une conversation présente un échange de Messages entre les Participants et qui concernent un objet d'affaires d'intérêt.

- Un diagramme de conversation représente les conversations comme des hexagones, entre les participants (les Pools) Si l'on clique sur l'hexagone, on peut avoir le détail des Flux de messages échangés entre les Participants.
- Les Pools qui servent à la représentation d'un Diagramme de conversation, ne contiennent habituellement pas de processus ou de chorégraphie.
- Aucun Diagramme de chorégraphie ne peut être placé entre les bassins du Diagramme de conversation.
- Les liens de conversation sont utilisés pour connecter les nœuds de conversation aux participants. Un lien de conversation est tracé avec des lignes fines doubles.

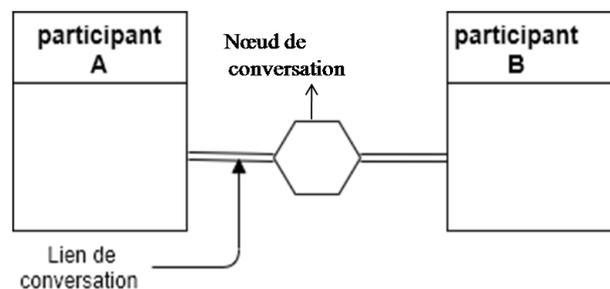


Figure 2.23: Exemple d'un Diagramme de conversation.

## 2.6 La convenance des BPMN pour modéliser les applications IoT

De plus en plus les organisations utilisent les processus métiers pour capturer, gérer et optimiser leurs activités. Les processus commerciaux peuvent obtenir un avantage concurrentiel en utilisant les informations et les fonctionnalités des dispositifs IoT (capteurs et actionneurs) dans des domaines tels que la gestion de la chaîne d'approvisionnement, les systèmes de transport intelligents, la domotique ou les soins de santé à distance.

## 2.6.1 Pourquoi utiliser la norme BPMN ?

### 2.6.1.1 La simplicité et l'expressivité

BPMN est une notation prenant en charge le plus grand nombre de propriétés du monde réel et considéré comme le plus approprié pour soutenir la modélisation des propriétés actuellement non prises en charge [40].

Les BPMN ont réussi à garder la simplicité dans une langue très expressive. Les éléments dans un diagramme BPMN sont variés, faciles à interpréter et ils peuvent exprimer différents types de messages (temporaire, d'urgence, le contrôle, automatique, etc.), des procédés simples ou composés (processus qui peuvent être divisés en sous), des activités manuelles ou automatiques, les activités qui sont internes à l'organisation ou externe en distinguant les divers intervenants à la fin et au début du processus, les tâches parallèles, le calendrier des événements, la prise de décision [41].

### 2.6.1.2 Extension dans BPMN

Des extensions simples peuvent être implémentées avec le mécanisme d'extensibilité de BPMN introduit dans BPMN version 2.0. Il permet d'étendre les éléments BPMN standard avec des attributs supplémentaires [3].

Selon [40] il y a deux types d'extensions :

- **Les extensions obligatoires** : doivent être comprises par l'implémentation du moteur d'exécution de processus.
- **Les extensions facultatives** : peuvent être ignorées par le moteur d'exécution de processus et sont utilisées uniquement pour améliorer la lisibilité des diagrammes créés.

Certaines solutions proposées ne peuvent pas être réalisées avec l'extensibilité BPMN mécanisme et peuvent nécessiter un changement plus profond du méta-modèle BPMN.

## 2.6.2 Intégration de l'IoT dans BPMN

Dans cette section nous présentons la modélisation des éléments de l'Internet des objets dans un diagramme BPMN plus précisément nous allons intégrer le model de domaine de l'IoT dans la norme BPMN.

### 2.6.2.1 Le model de domaine de l'IoT dans la norme BPMN

- **User :**

Avec ses concepts pour l'invocation des tâches, BPMN est suffisant pour représenter l'utilisateur qui doit être modélisé de manière à pouvoir accéder aux services ou aux tâches des appareils. Ce dernier ne doit pas être modélisé sauf quand il est pertinent pour le processus et quand il participe activement. Dans l'Internet des objets beaucoup de processus sont entièrement automatisés et n'ont pas besoin d'un utilisateur pour invoquer les tâches, dans ce cas l'utilisateur ne doit pas être modélisé pour ces processus [42].

- **physical entity :**

Les auteurs Meyer et al. (2011), Sperner et al.(2011) [43] [44] ont proposés une modélisation de l'entité physique avec une annotation textuelle ou avec un nouvel élément PhysicalObject.

D'autre part, différentes extensions basées sur des exigences prédéfinies sont proposées et évaluées par Meyer et al. (2015) [45] pour la modélisation de l'entité physique. Ces auteurs proposent une extension qui répond à toutes les exigences proposées. Ils proposent de modéliser des entités physiques avec un pool vide (une boîte noire).

L'auteur de [42] a conclu qu'elle est insuffisante en raison de plusieurs lacunes. Tout d'abord, il serait souhaitable d'attribuer les activités IoT à l'entité physique appropriée, de cette manière l'attribution automatique des dispositifs peut être réalisée. Cette connexion devrait avoir sa propre représentation spécifique. Deuxièmement, une instantiation de processus multiples serait également nécessaire. Enfin, il serait souhaitable d'avoir un symbole spécifique pour l'entité physique afin de la différencier des autres entités.

- **Virtual Entity :**

L'entité virtuelle peut être représentée par un ensemble d'objets de données du monde réel. Ils soutiennent que l'entité virtuelle est intrinsèquement définie comme un artefact numérique et qu'un objet de données est le concept actuel pour modéliser les données dans BPMN.

Sperner et al. (2011) [43] proposent une approche de modélisation de l'entité virtuelle qui consiste à la représenter comme un objet de données(data object). [46] et [44] (Chui et Wang.(2013), Meyer et al (2011) )décrivent que lorsque nous modélisons l'entité virtuelle comme décrite ci-dessus le modèle deviendra trop compliqué et peut confondre le lecteur pour cela ils soutient qu'une entité virtuelle ne devrait pas être modélisée, elle peut être représentée par un ensemble d'objets de données du monde réel [42].

- **AugmentedEntity :**

L'entité augmentée n'est qu'un lien abstrait entre une entité physique et une entité virtuelle, pour cela Sperner et al.(2011) [43] affirment que la modéliser n'ajoute aucun avantage. En outre, il ne serait pas logique de modéliser l'entité augmentée depuis que l'entité virtuelle n'est pas modélisée [42].

- **IoTDevice :**

Les appareils IoT ont la responsabilité d'exécuter les activités liées aux processus IoT, le processus participant est le seul élément BPMN étroitement lié à l'appareil IoT distingué par la recherche. Les appareils IoT sont identifiés comme participants dans un diagramme de collaboration. Le concept de participant est défini dans BPMN comme une entité qui exécute un processus et représenté par un pool ou une lane [47], cette représentation présente encore des lacunes et devrait avoir des extensions. Il devrait être possible de distinguer un appareil IoT des autres participants au processus et la nature spécifique de la relation de l'appareil IoT avec d'autres participants (par ex. entité physique) devrait également être représentée [48].

- **Resource and service :**

D'après Sperner et al.(2011) [14], Meyer et al.(2012) [48] les ressources ne devraient pas être modélisées en raison de la divergence et la confusion entre les définitions de la ressource dans le modèle de domaine IoT où les ressources sont les composants logiciels de ces dernières et dans BPMN où les ressources signifient que les participants exécutent des activités.

Dans BPMN le service est similaire à l'élément Service Task Sperner et al(2011) [43], mais il est impossible de dire si le service est une tâche de détection ou d'activation. Donc les ressources et les services d'un appareil IoT sont semblables les uns aux autres car ils sont tous deux des logiciels fonctionnant sur l'appareil IoT pour activer les fonctionnalités de détection et d'activation et ils ne devraient pas être modélisés séparément [42].

### 2.6.2.2 Les exigences de la modélisation IoT dans BPMN

Pour réussir à intégrer l'IoT aux BPMN, nous devons identifier et comprendre les exigences d'un modèle de processus, qui permettent de tester leur compatibilité avec l'IoT. Toutes les exigences proposées par Meyer et al. (2011) [44] devraient être satisfaites par l'extension. Les exigences sont énumérées ci-dessous sans l'exigence d'abstraction et de temps réel, car elles sont déjà couvertes par BPMN. En outre, les exigences de disponibilité et de mobilité sont séparées les unes des autres pour permettre une analyse plus approfondie [42, 43] :

- **Entity-based concept :**

Le modèle de processus doit inclure les différents éléments spécifiés par le modèle de domaine IoT qui est l'entité physique, ou elle représente un concept de base de l'IoT.

- **Distributed Execution :**

Une propriété que la plupart des réseaux IoT possèdent est une exécution de processus distribuée sur de nombreux appareils IoT.

- **Interactions :**

Le grand nombre d'appareils IoT et de leur capacité pour communiquer les uns avec les autres amène à provoquer différents types d'interactions. Par exemple, un paradigme de demande/réponse et une communication basée sur les événements. Les notations de modélisation des processus opérationnels fournissent un support pour ces interactions.

- **Distributed Data :**

L'infrastructure IoT peut fournir des possibilités de stockage de données distribuées. Le modèle de processus doit être capable de distribuer les données à travers la gamme de dispositifs.

- **Scalability :**

Application IoT peut se composer de nombreuses entités différentes et dispositifs. Le modèle de processus devrait pouvoir gérer l'évolutivité du réseau IoT, en d'autres termes, la complexité et les performances d'exécution devraient rester constantes avec un nombre croissant d'appareils IoT et d'entités physiques.

- **Availability/ Mobility :**

La possibilité de la défaillance des dispositifs IoT provoque l'indisponibilité du service. Dans ce cas, il est plus complexe de déterminer la disponibilité. Mais cela devrait néanmoins être exprimé dans le modèle de processus. Et la nature mobile de certains appareils IoT et des entités physiques, rendant leur services non disponibles à certaines occasions, mais Le modèle de processus doit pouvoir supporter l'apparition et la disparition de ces entités mobiles.

- **Fault Tolerance :**

Les données non fiables et incertaines doivent être exprimées dans le modèle en attribuant une valeur représentant le taux de tolérance.

- **Flexibility/Event-based :**

Les événements spécifiques à l'IoT devraient être modélisés pour créer une logique de flux de contrôle plus flexible. Et aussi il doit pouvoir faire face à l'augmentation du nombre d'événements possibles ou le modèle de processus peut devenir trop complexe et il devient difficile de distinguer le flux principal.

- **Uncertainty of information :**

Le modèle de processus doit pouvoir exprimer l'incertitude de l'information fournie par les appareils IoT puisque cette dernière fournit des informations détectées avec différents niveaux de précision.

- **Real-time :**

Les notations de modélisation des processus opérationnels doivent fournir les moyens pour modéliser les points de temps exacts pour les étapes du processus.

## 2.7 Conclusion

De nos jours, toute entreprise moderne utilise les technologies de l'information dans des divers domaines. Ainsi, gérer et analyser plus efficacement des processus métier, pour réduire les coûts et améliorer les services et la qualité de ces processus.

Le but de ce chapitre était de donner une idée sur le standard BPMN pour connaître le rôle important de ce dernier dans la modélisation de comportement des applications IoT. Ceci nécessite une attention particulière afin d'éviter d'introduire des lacunes.