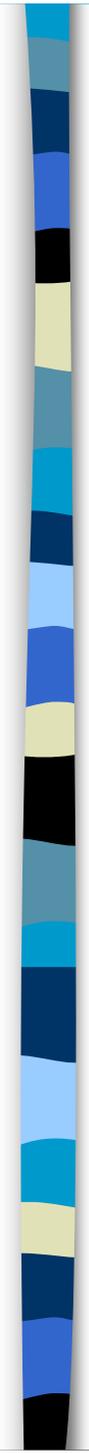


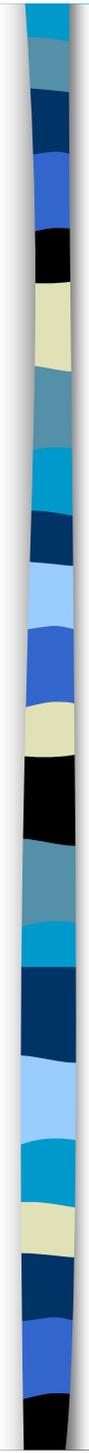
Introduction au Workflow

Chihab HANACHI
Université Toulouse I, France.
hanachi@univ-tlse1.fr



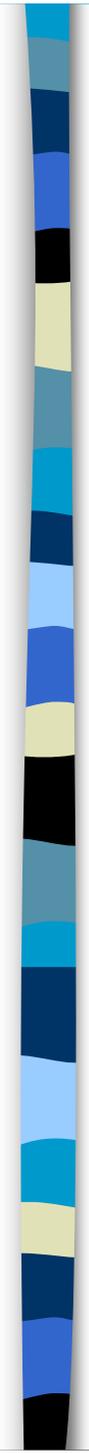
Objectifs

- Comprendre :
 - l'intérêt et les domaines d'application du workflow
 - sa position dans l'évolution des Systèmes Informatiques
 - les nouvelles tendances du domaine (process mining, flexibilité des processus).
- Etre capable de concevoir et analyser un workflow



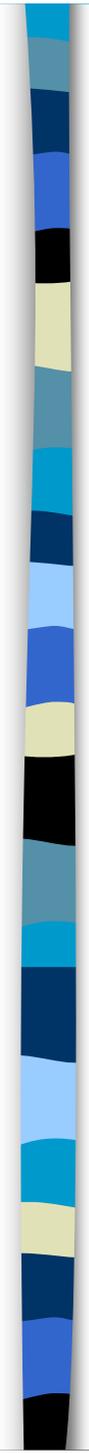
PLAN

1. Approche intuitive du workflow.
2. Principes, concepts, fonctions et architecture.
3. Outils et Modèles de workflow.
4. Spécification formelle de processus workflow par des Réseaux de Petri.
5. Découverte de Processus.



Organisation de l'enseignement

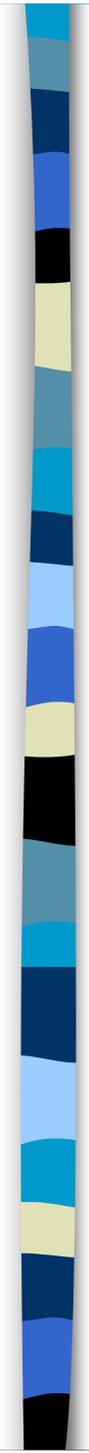
- Cours, TD , TP (FlowMind ou YAWL), TINA, PROM.
- Evaluation : Examen.



Plus d'information ?

■ Ici et ailleurs :

- *Workflow Management: Models, Methods and Systems*. ISBN 0-262-01189-1. MIT Press, 2002, W.M.P. van der Aalst and K.M. van Hee.
- *Process Aware Information Systems*, Wiley, 2005, Dumas Marlon, Van Der Aalst Wil and Arthur H. M. ter Hofstede.
- *Processus métiers et S.I.*, "Evaluation, modélisation et mise en oeuvre" , Edition Dunod, 2005, Chantal Morley, Jean Hugues, Bernard Leblanc, Olivier Hugues.

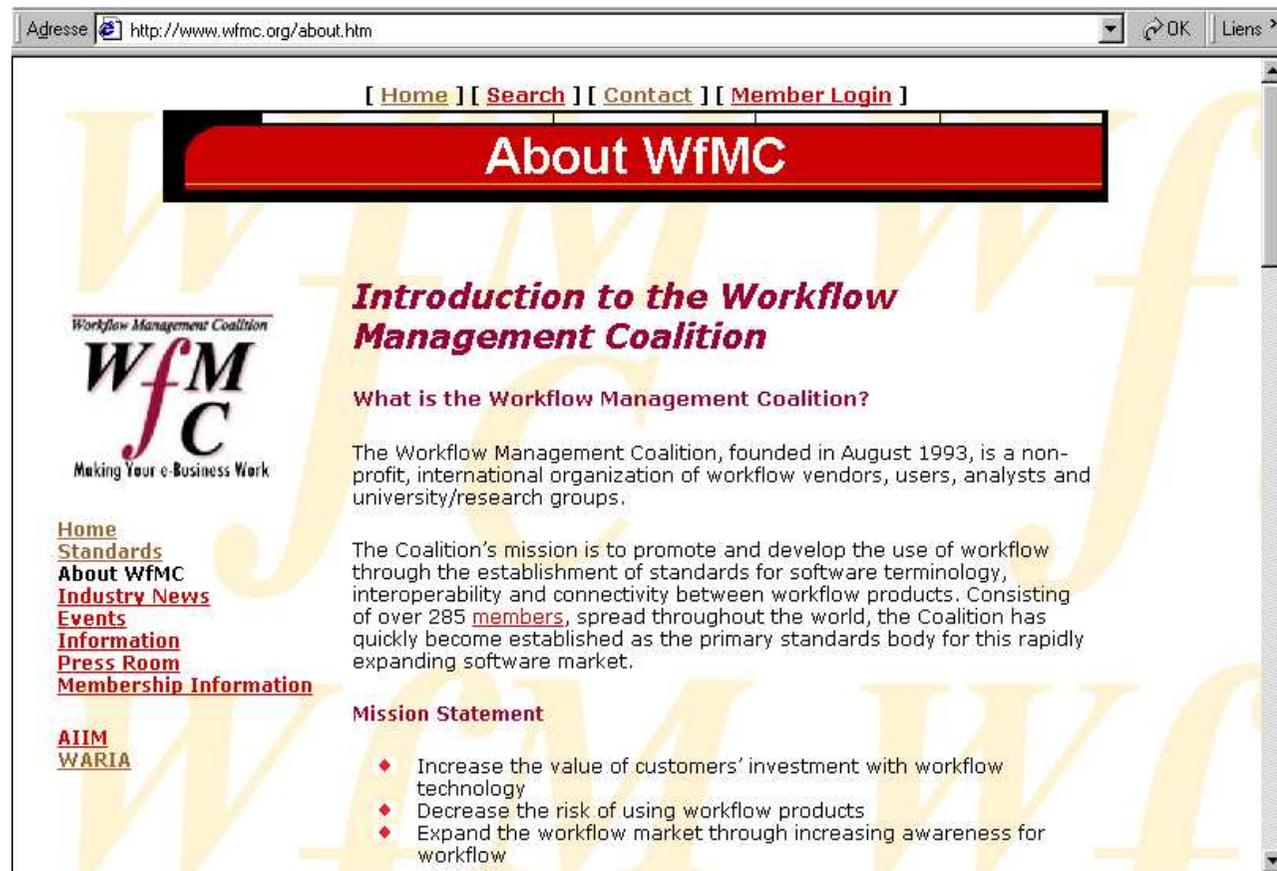


Plus d'information ?

■ Ici et ailleurs :

- Workflow Management Coalition Terminology and Glossary, ([WFMC](#)-TC-1011, Feb-1999, 3.0), disponible à <http://www.wfmc.org/standards/docs.html>
- Workflow Pattern <http://www.workflowpatterns.com/>
- Workflow Mining www.processmining.org
- Outils ProM (ProcessMining) <http://is.tm.tue.nl/~cgunther/dev/prom/>
- **YAWL** <http://www.yawl-system.com/>

Workflow Management Coalition



A screenshot of a web browser displaying the 'About WfMC' page. The browser's address bar shows 'http://www.wfmc.org/about.htm'. The page features a navigation menu with links for Home, Search, Contact, and Member Login. A prominent red banner at the top reads 'About WfMC'. Below this, the WfMC logo is displayed with the tagline 'Making Your e-Business Work'. The main content area is titled 'Introduction to the Workflow Management Coalition' and includes a section 'What is the Workflow Management Coalition?' which describes the organization's founding in 1993 and its mission. A 'Mission Statement' section follows, listing three key goals: increasing customer investment value, decreasing risk, and expanding the market through awareness.

Adresse  http://www.wfmc.org/about.htm

[[Home](#)] [[Search](#)] [[Contact](#)] [[Member Login](#)]

About WfMC

Workflow Management Coalition
WfMC
Making Your e-Business Work

Introduction to the Workflow Management Coalition

What is the Workflow Management Coalition?

The Workflow Management Coalition, founded in August 1993, is a non-profit, international organization of workflow vendors, users, analysts and university/research groups.

The Coalition's mission is to promote and develop the use of workflow through the establishment of standards for software terminology, interoperability and connectivity between workflow products. Consisting of over 285 [members](#), spread throughout the world, the Coalition has quickly become established as the primary standards body for this rapidly expanding software market.

Mission Statement

- ◆ Increase the value of customers' investment with workflow technology
- ◆ Decrease the risk of using workflow products
- ◆ Expand the workflow market through increasing awareness for workflow

[Home](#)
[Standards](#)
[About WfMC](#)
[Industry News](#)
[Events](#)
[Information](#)
[Press Room](#)
[Membership Information](#)

[AIIM](#)
[WARIA](#)

Workflow and BPM quelques sites web

Adresse <http://www.wfmc.org/about.htm>

[Home] [Search] [Contact] [Member Login]

About WfMC

Introduction to the Workflow Management Coalition

What is the Workflow Management Coalition?

The Workflow Management Coalition, founded in August 1993, is a non-profit, international organization of workflow vendors, users, analysts and university/research groups.

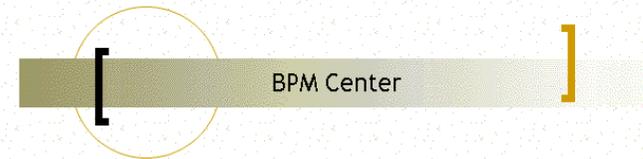
The Coalition's mission is to promote and develop the use of workflow through the establishment of standards for software terminology, interoperability and connectivity between workflow products. Consisting of over 285 members, spread throughout the world, the Coalition has quickly become established as the primary standards body for this rapidly expanding software market.

Mission Statement

- ◆ Increase the value of customers' investment with workflow technology
- ◆ Decrease the risk of using workflow products
- ◆ Expand the workflow market through increasing awareness for workflow

Home
Standards
About WfMC
Industry News
Events
Information
Press Room
Membership
Information

AIMM
WARIA



- Home
- About
- Contact
- Members
- Participants
- BPM Reports
- Projects
- Industry

Business Process Management (BPM) Center

The BPM Center is a collaborative virtual research centre in the area of Business Process Management (BPM) and was founded in 2004 by the [Information Systems subdepartment](#) of the [Faculty of Technology Management of Eindhoven](#)

What's New

- [BPM 2008](#) in Italy
- [BPM Conference in Brisbane](#) was great success - September 2007
- Paper on Configurable EPCs appear in *Information Systems* - Jan 2008
- Book on [Process-Aware Information Systems](#) is published by [Wiley](#).
- [Affiliate members](#) added - May 2008
- YAWL paper published in *Information Systems* (Vol. 30, no.4) - May 2008 ([doi:10.1016/j.is.2004.02.002](https://doi.org/10.1016/j.is.2004.02.002))
- New [BPM Reports](#) added - April 2008
- [Process Mining Paper](#) selected by [as new hot paper in the field of Engineering](#) - January 2005
- [Launch of BPM Center](#) - October 2004

process mining research tools application TU/e

Research Tools ProM ProMimport Course News Search

Research

Process mining techniques allow for extracting information from event logs. For example, the audit trails of a workflow management system or the transaction logs of an enterprise resource planning system can be used to discover models describing processes, organizations, and products. [Read more...](#)

[What is Process Mining?](#)

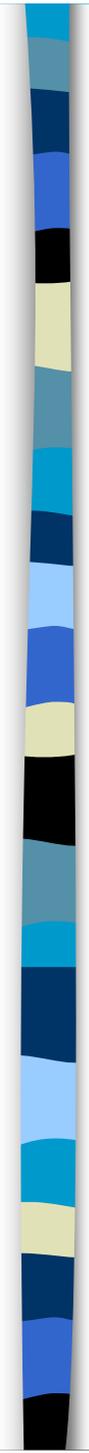
Menu

- [Publications](#)
- [Presentations](#)
- [Partners](#)
- [FAQ](#)

Tools

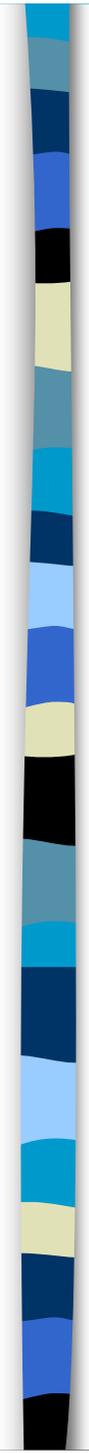


1. Approche intuitive du workflow



L 'étude de cas : remboursement de notes de frais (cf. photocopie).

- Tâches et circuit simples, acteurs peu nombreux et pourtant résultat insatisfaisant pour le demandeur ;
- Dépenses de l 'entreprise, en temps et argent, disproportionnées par rapport à ce processus routinier ;
- De plus, ce processus se répète des centaines de fois par an.



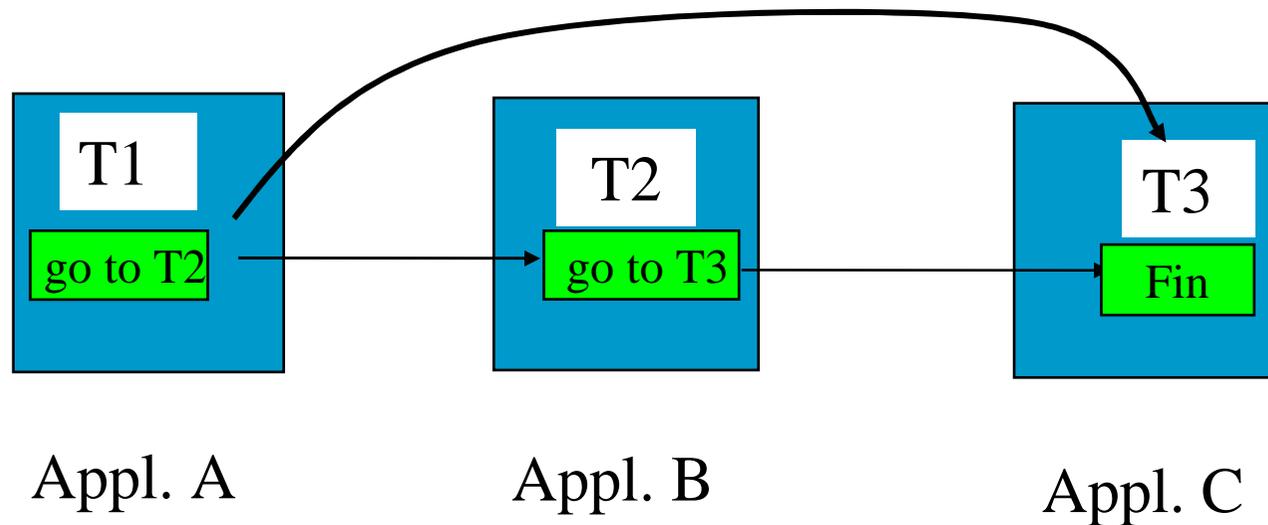
L'étude de cas : remboursement de notes de frais.

- Lourdeur des enchaînements de tâches et des flux d'information sous forme de documents papiers.

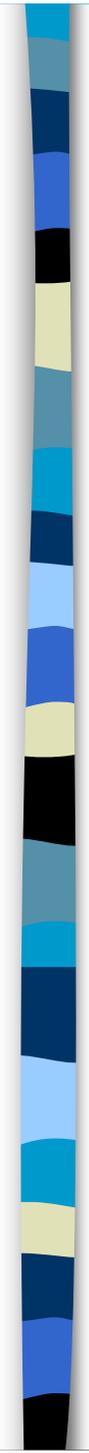


- Améliorer les processus
 - Automatiser une partie des tâches et leur enchaînement

Automatisation naïve avant l'arrivée du workflow



les tâches et « le schéma de leur enchaînement »
sont entrelacés



Inconvénients de cet entrelacement

- Chaque application doit connaître l'existence des applications qu'elle appelle ;
- Chaque fois qu'un processus change, les applications doivent changer ;
- Des procédures identiques peuvent être amenées à être répétées dans des applications différentes ;
- Il n'est pas possible de contrôler la synchronisation des étapes car elle est entremêlée à la description des tâches.

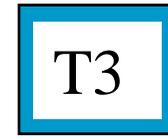
Les processus comme composant à part entière



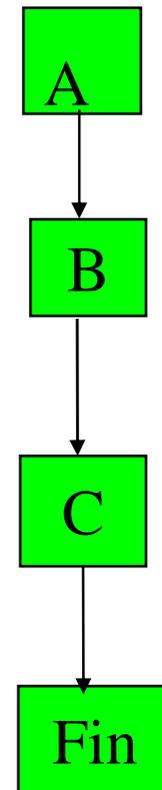
Appl. A



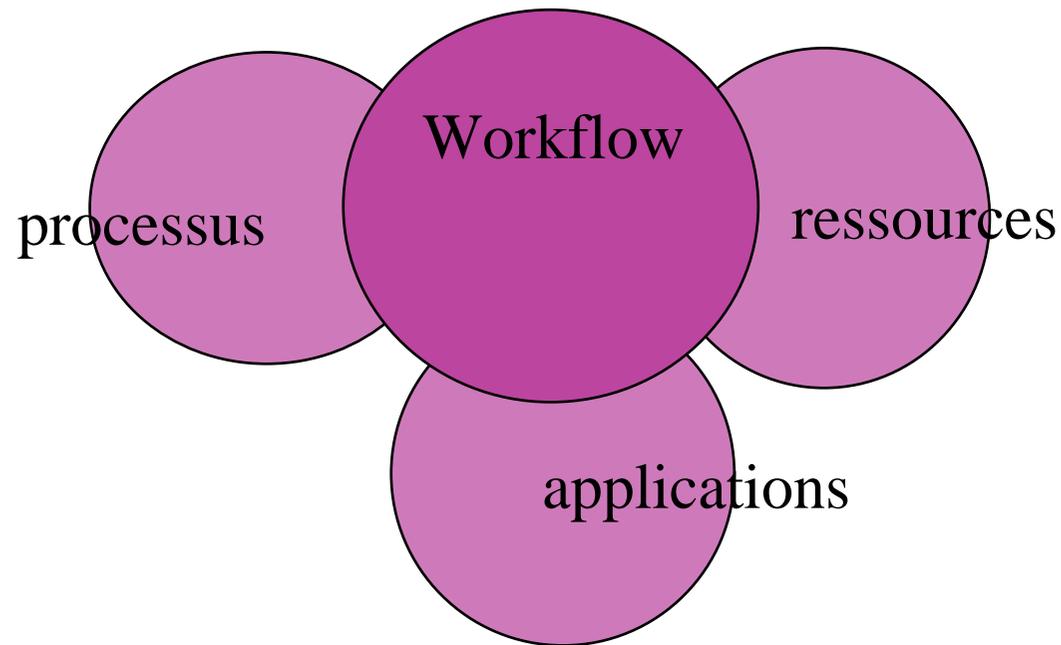
Appl. B



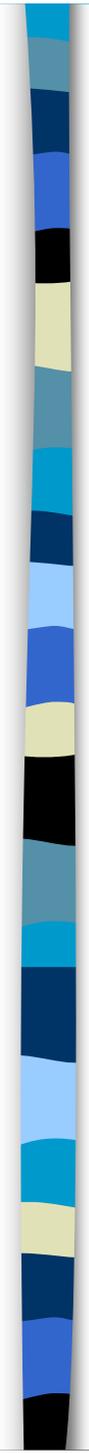
Appl. C



L'idée principale



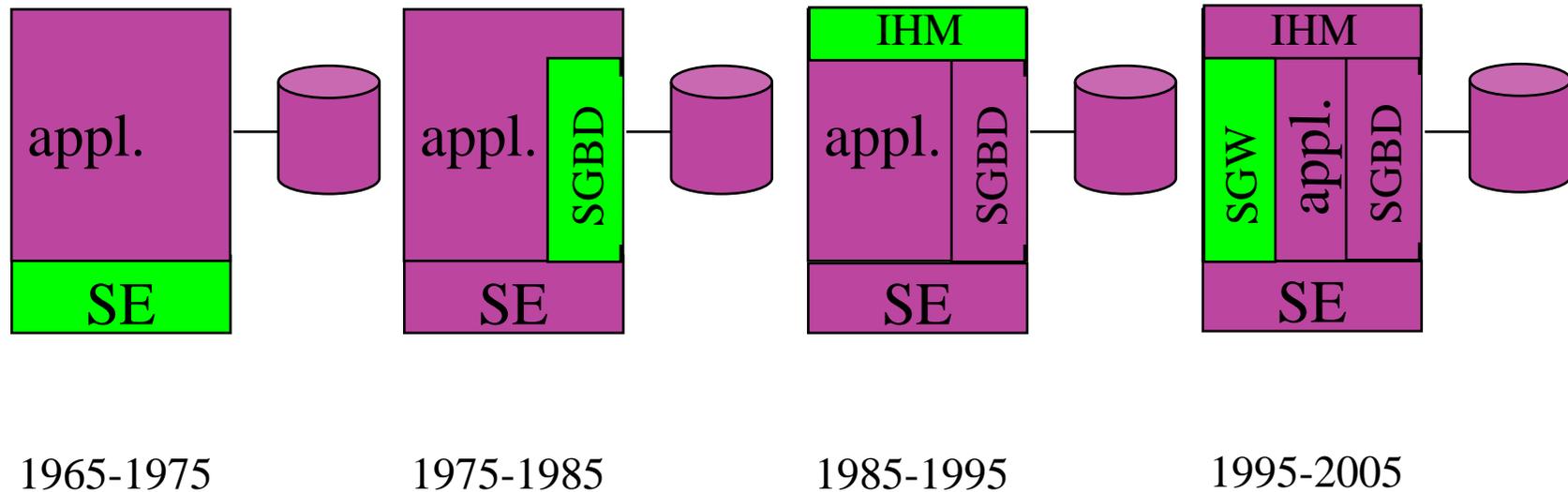
- Séparation des processus, des ressources et des applications.
- Focus sur la « logistique » des processus et non pas sur le contenu des tâches individuelles.



Avantages de l'isolation des processus

- Visibilité, compréhension et amélioration des processus ;
- conception et validation indépendamment des tâches et des ressources ;
- processus réutilisables et maintenables ;
- aide au contrôle et à la surveillance des processus ;
- facilite la simulation de processus ;
- réduit les travaux liés à la circulation des documents ;
- supporte l'échange d'information.

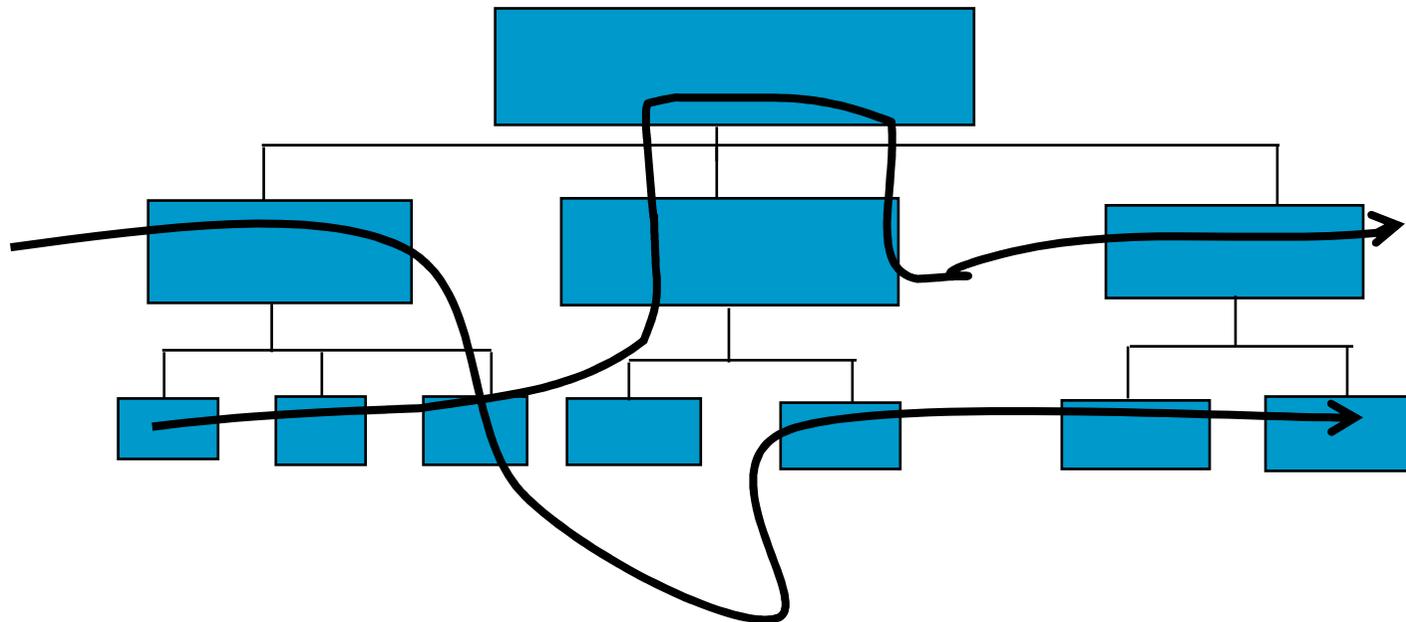
Le workflow dans l'histoire des systèmes d'information (selon Van Der Aalst)

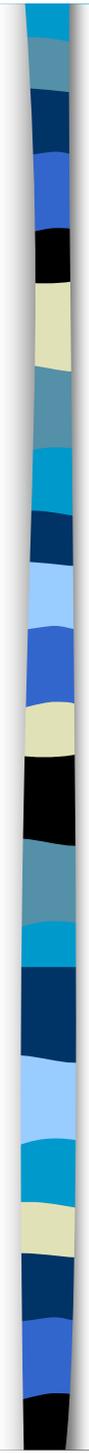


Les processus :

- deviennent de plus en plus importants
- sont sujets à des changements
- deviennent plus complexes
- augmentent en nombre

Processus et organisation

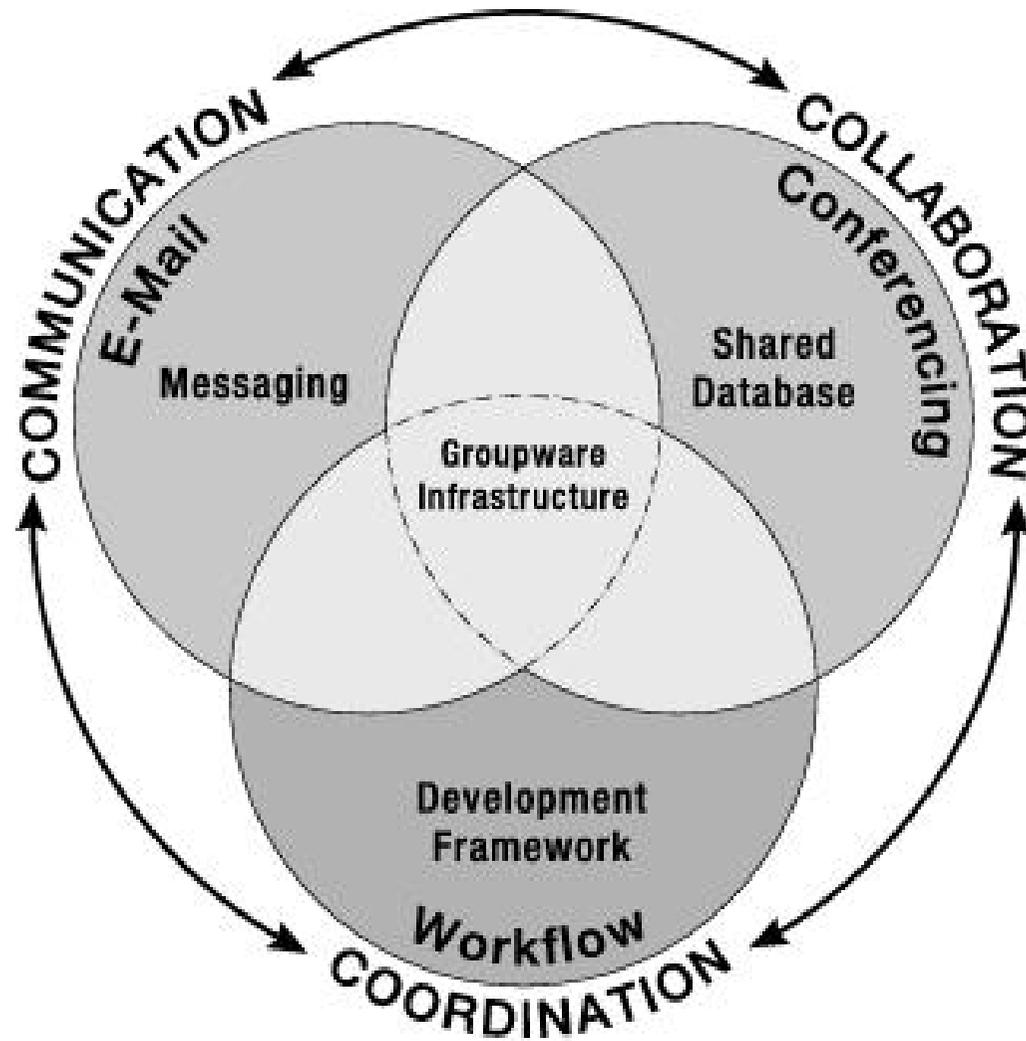




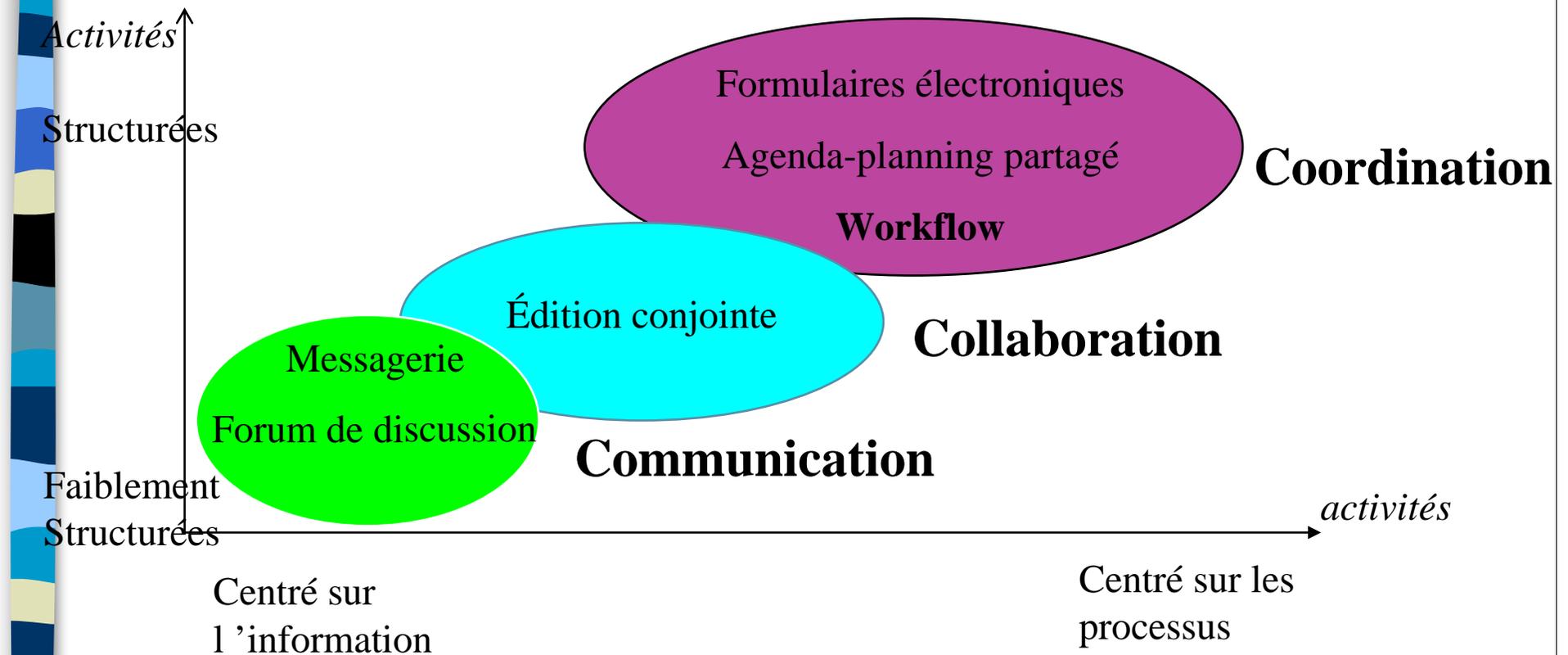
Du Groupware au Workflow

- Groupware : Méthodes, techniques et outils permettant aux individus de travailler ensemble en facilitant la communication, la collaboration et/ou la coordination.

Du Groupware au Workflow

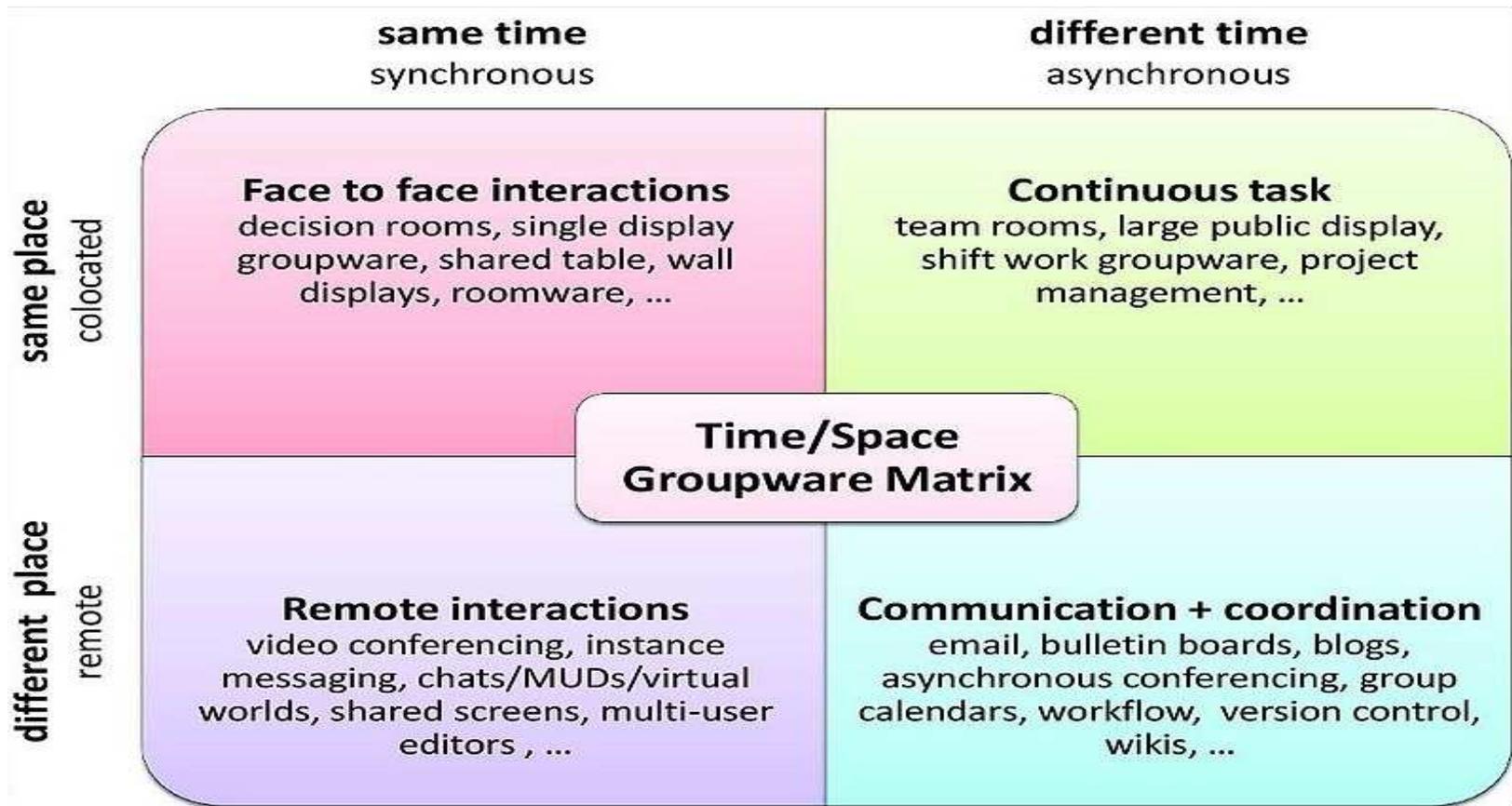


Technologie supportant le Groupware



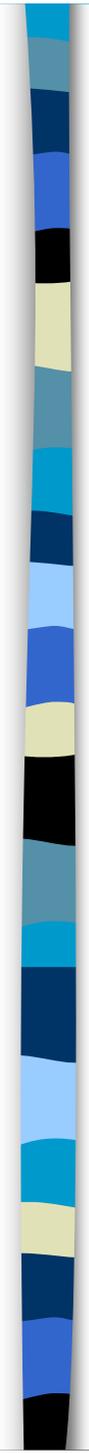
From groupware to workflow

(Johansen 1988, Baecker 1995, Dix 1998)



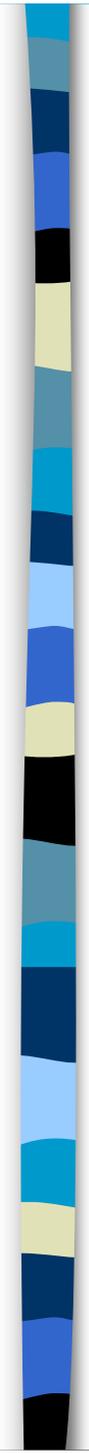


2. Workflow : Principes, concepts, fonctions et architecture.



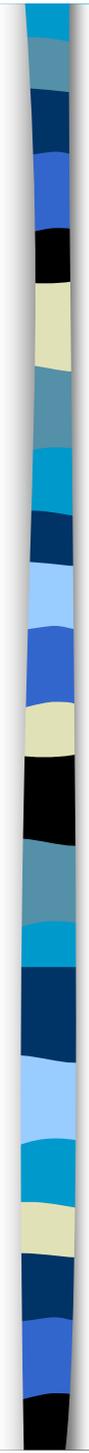
Vocabulaire

- Processus d'entreprise
- Workflow
- Système de Gestion de Workflow
- Définition de processus
- Tâches, activités
- Cas
- Ressources
- Rôles
- unité organisationnelle
- worklist (liste des tâches à faire)



Processus d'entreprise (Business Process)

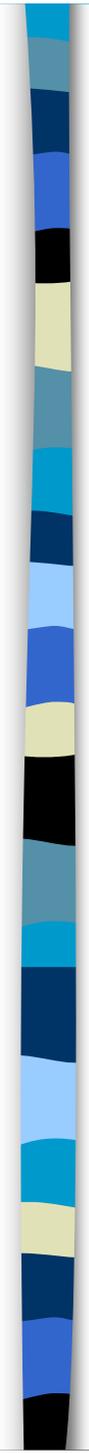
- Enchaînement ordonné de tâches, répondant à un certain schéma et aboutissant à un résultat déterminé.
- Ensemble d'activités ayant un déclencheur commun, reliées entre elle par des flux d'information ou de matières et qui se combinent pour fournir un produit matériel ou immatériel, important et bien défini que l'on peut rattacher à un client externe ou interne.



Processus d'entreprise (Business Process)

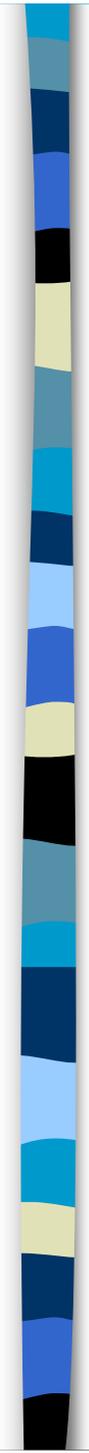
Exemples (voir aussi exemples exprimés en RP):

- suivi de dossier médical
- processus de conception d'un logiciel
- organisation des secours en cas de catastrophe
- organisation d'un voyage (orchestration de services)
- e-government (guichet unique pour procédures inter-ministérielles)
- procédure de réclamation de dommage à une compagnie d'assurance.



Workflow

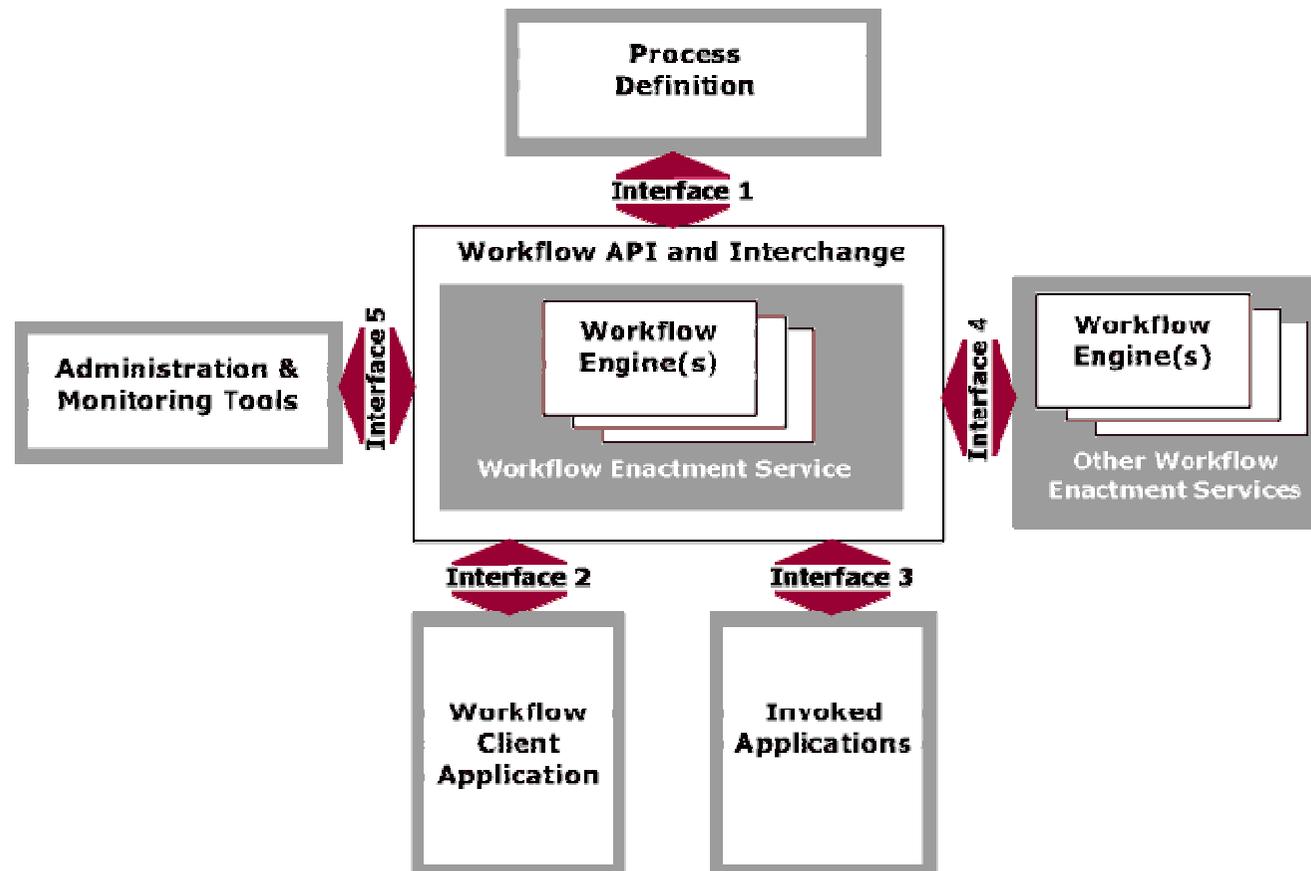
- *Definition* : Automatisation de tout ou partie d'un processus d'entreprise, au cours duquel l'information circule d'une activité à l'autre, c'est-à-dire d'un participant à l'autre, pour action en fonction d'un ensemble de règles de gestion [WfMC].
- *Objectif* : Rationnaliser, coordonner et contrôler des processus d'entreprise impliquant des tâches humaines et automatisées dans un environnement organisationnel distribué et informatisé.



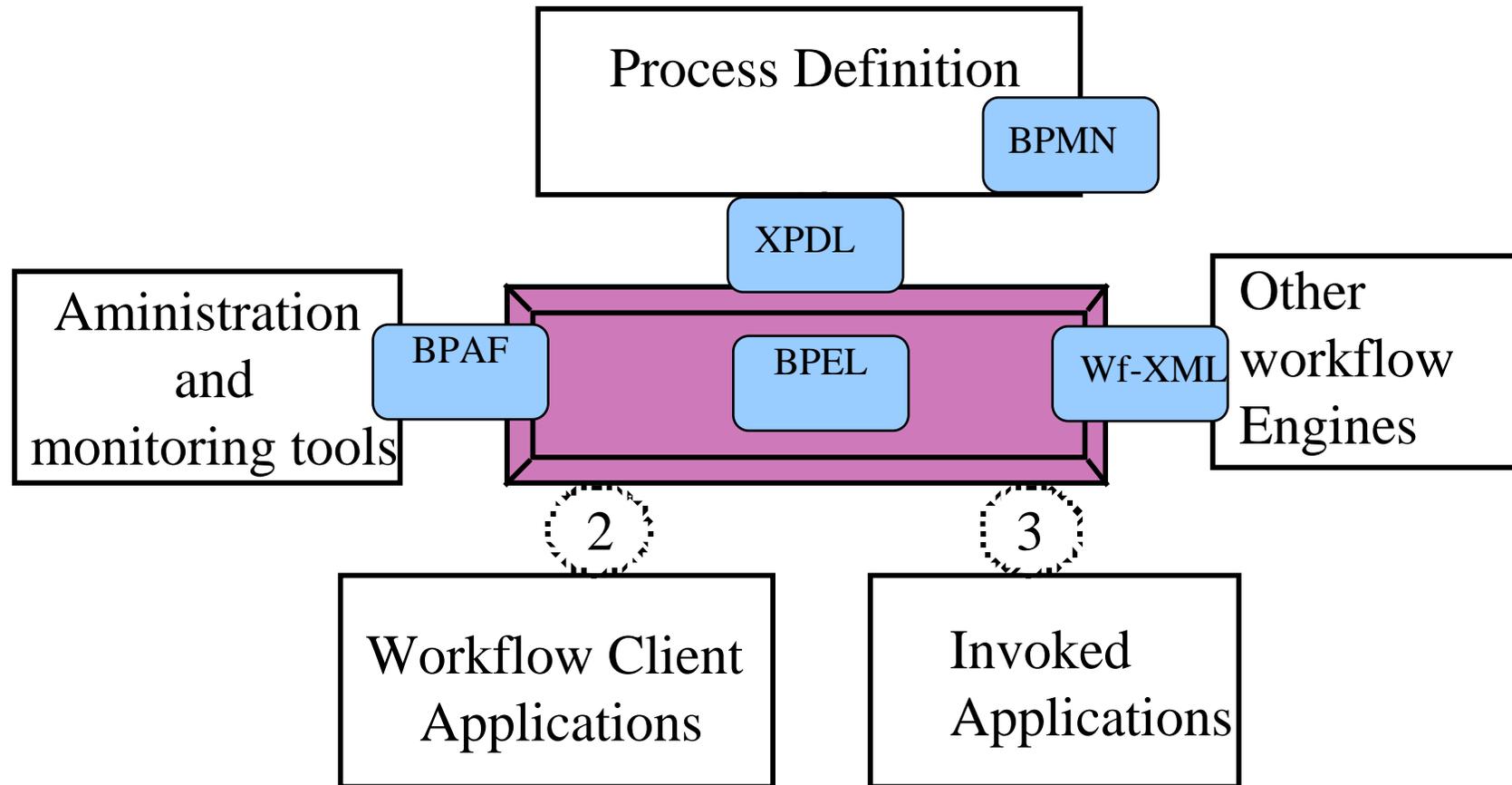
Systeme de Gestion de Workflow (SGWf, WfMS)

- Un ensemble d'outils permettant la définition de processus, l'exécution de workflow, et l'administration et la surveillance d'instances de processus.
- Exemple de FlowMind.

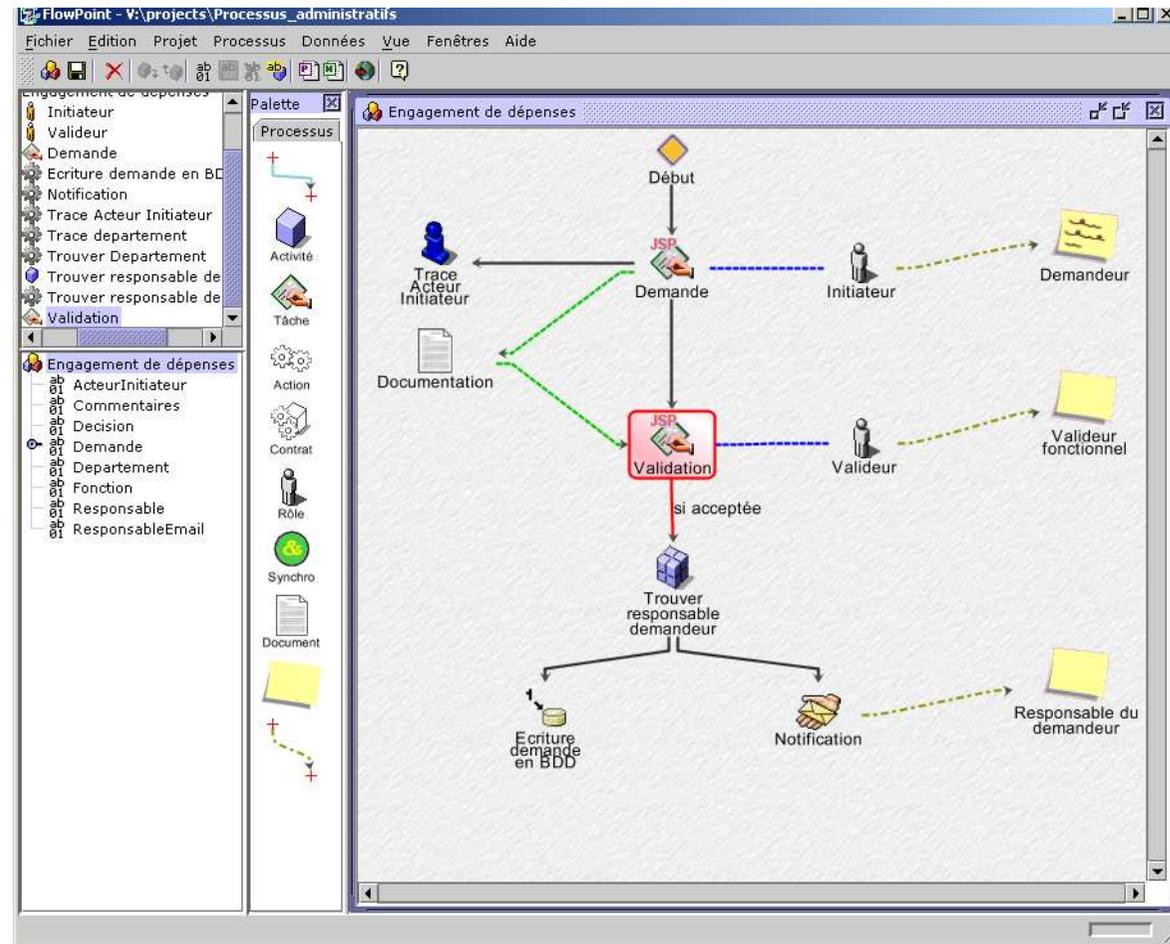
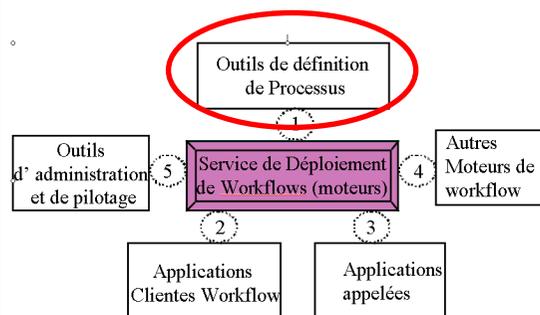
Architecture d'un SGWf



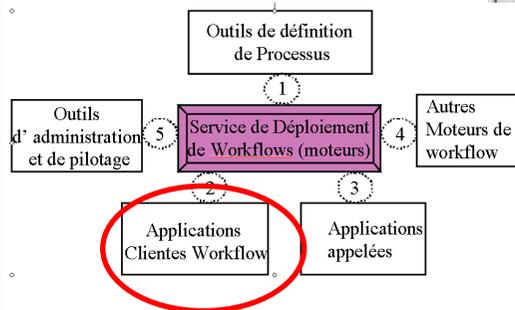
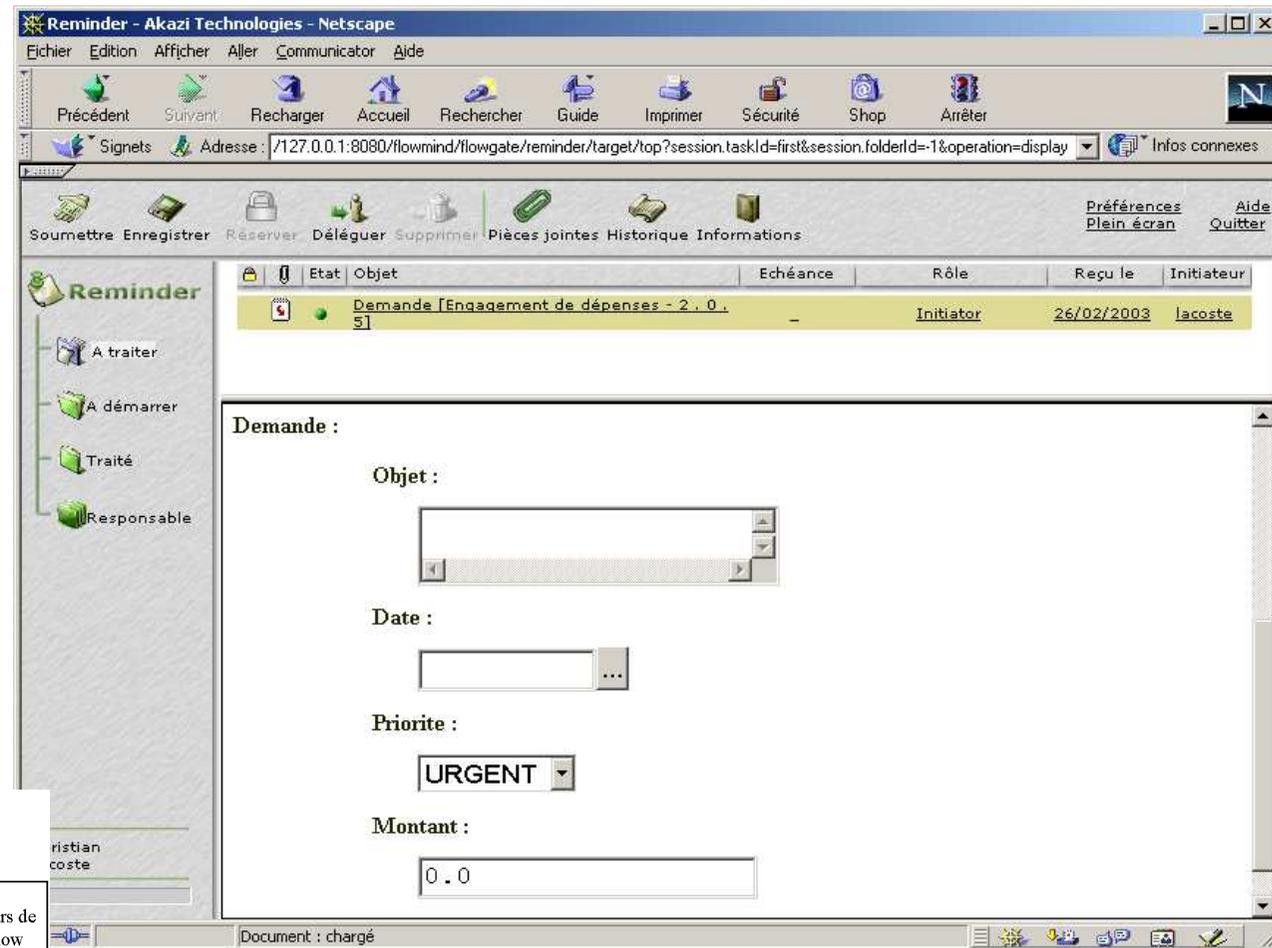
Architecture Workflow : quelques standards



Définition de processus avec Flowmind (FlowPoint)



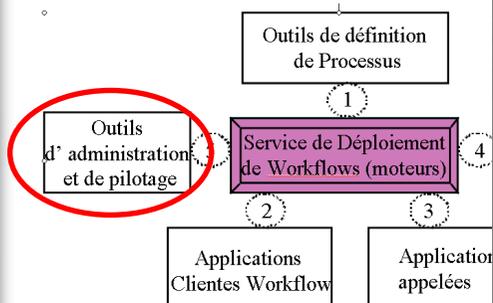
Application cliente : reminder dans Flowmind

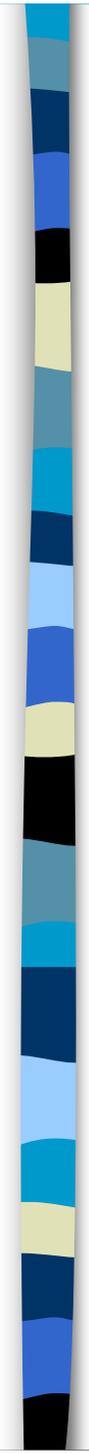


Administration et monitoring : FlowSnap

Mesurer/Tracer les activités pour :

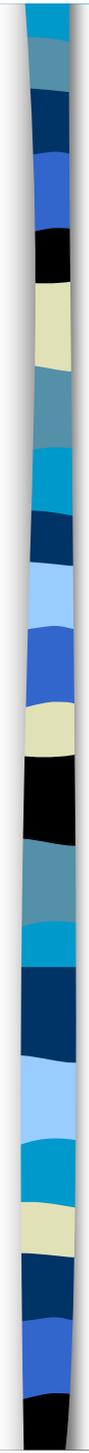
- Suivre les exécutions ;
- Réagir aux problèmes ;
- Calculer des indicateurs ;
- Améliorer les processus.





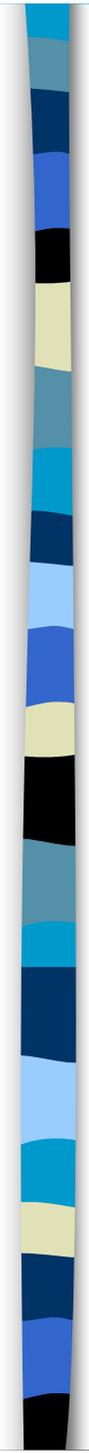
Définition(Schéma) de processus

- Représentation informatique d'un processus. Cette définition peut être utilisée pour *la modélisation et la simulation* d'un processus, comme elle peut être *exécutée* par un SGWf.
- Une définition de processus décrit l'aspect comportemental d'un workflow :
 - Les tâches qui composent un processus ;
 - la structure des enchaînements des tâches, i.e., la dépendance d'exécution entre les tâches.
 - des critères de lancement et de terminaison
 - des informations relatives aux tâches (participants, applications appelées, données spécifiques, etc.).



Instance de processus : « case »

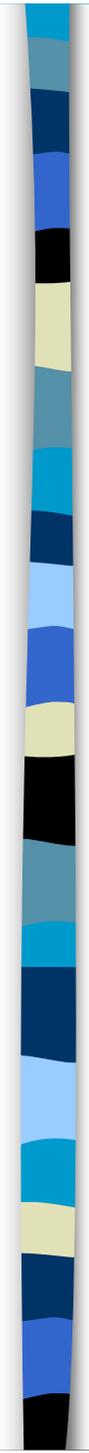
- Correspond à une exécution d'un schéma de processus.
 - Un schéma peut être instancié plusieurs fois, et plusieurs instances peuvent s'exécuter concurremment.
- Le moteur de Wf supporte l'exécution de cas (cases) en ordonnant les tâches (conformément à la définition du schéma) et en les assignant à des humains ou des agents automatiques.



Tâche

- ***Une tâche*** : unité de travail représentant une étape d'un processus. Une tâche fait appel à des ressources humaines ou matérielles pour son accomplissement.
- *La tâche* est la plus petite entité de travail gérée par un moteur de workflow (planifier, exécuter, affecter), bien qu'une tâche puisse nécessiter de nombreuses opérations élémentaires.
- *Les opérations élémentaires servent à préciser le contenu d'une tâche.*

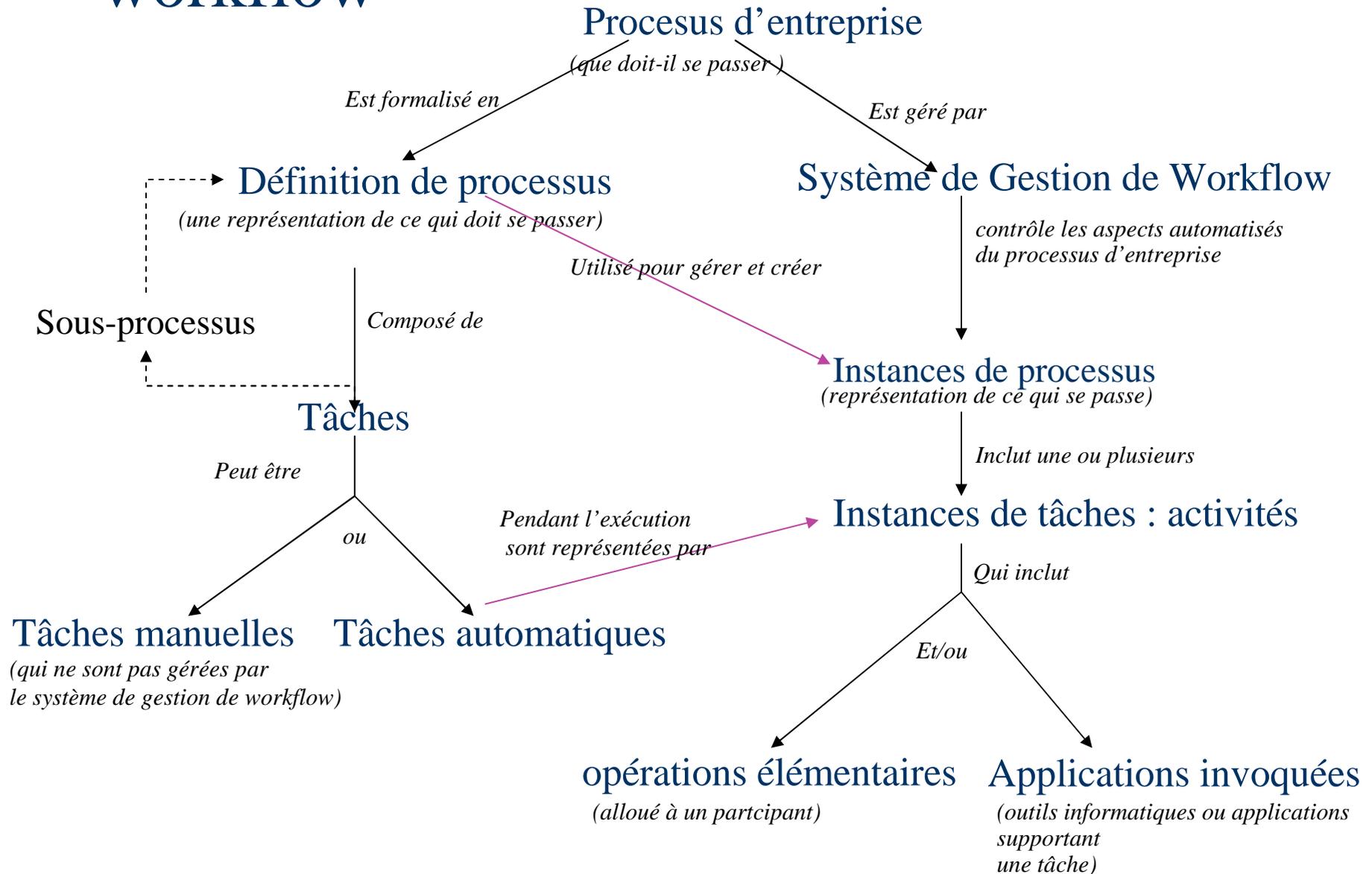
Exemple: remplir un formulaire, l'exécution par une BD d'une transaction



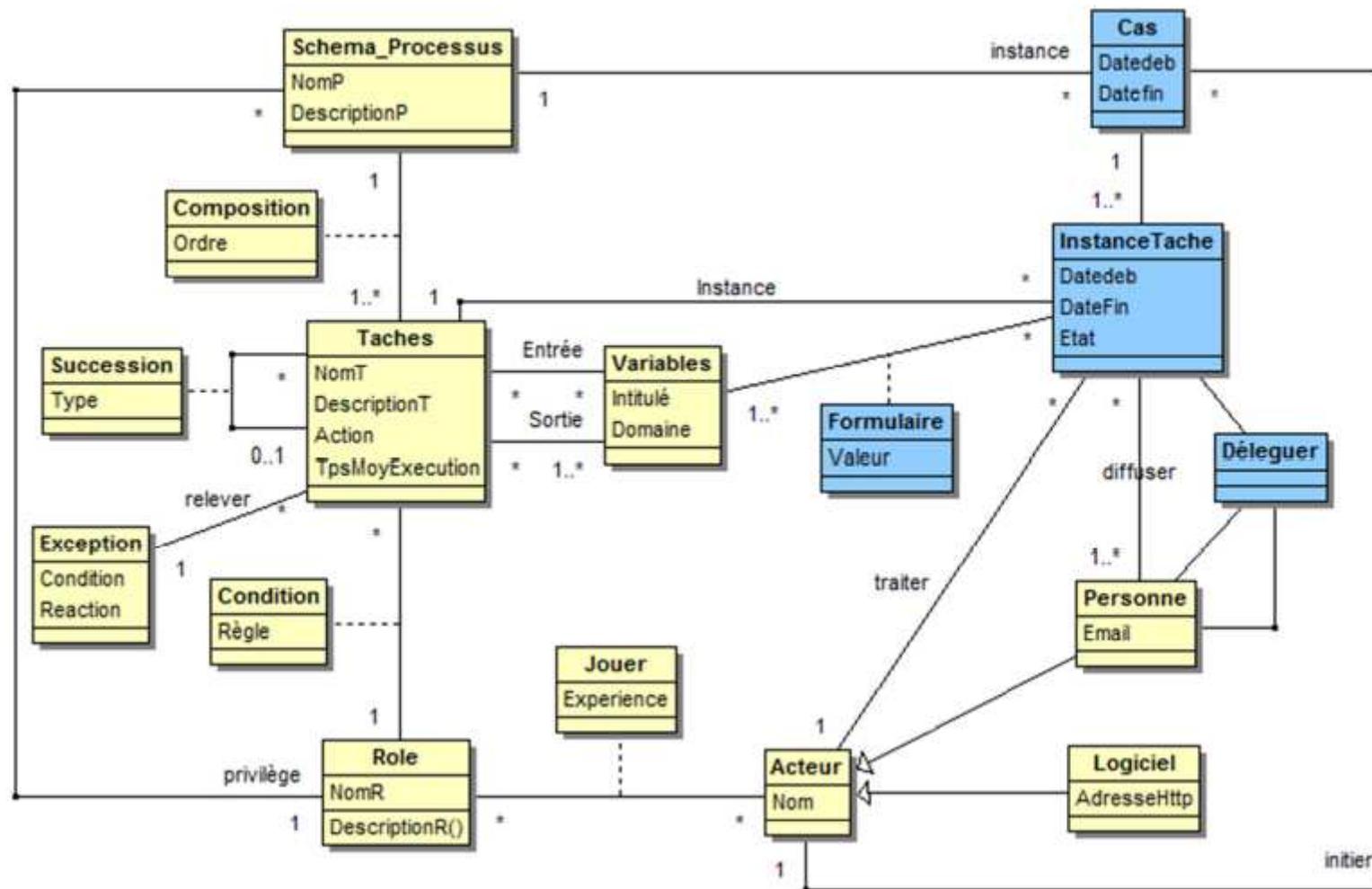
Propriétés ACID d'une tâche

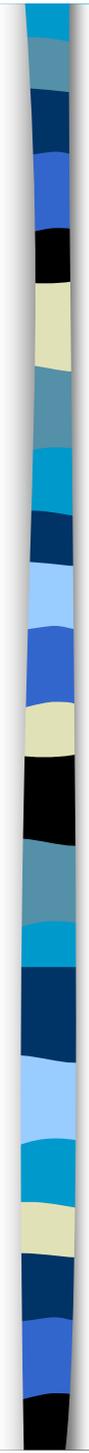
- Inspirées des transactions dans les BD :
 - **Atomicité** : (tout ou rien, rollback si nécessaire) ;
 - **Consistance** (une tâche terminée conduit à un état cohérent du système) ;
 - **Isolation** : les tâches ne s'affectent pas mutuellement, même si elles s'exécutent en parallèle ;
 - **Durabilité** : le résultat d'une tâche ne doit pas être perdu (commit).
- Relâchement de certaines contraintes

Relations entre les concepts du workflow



Meta-Modèle

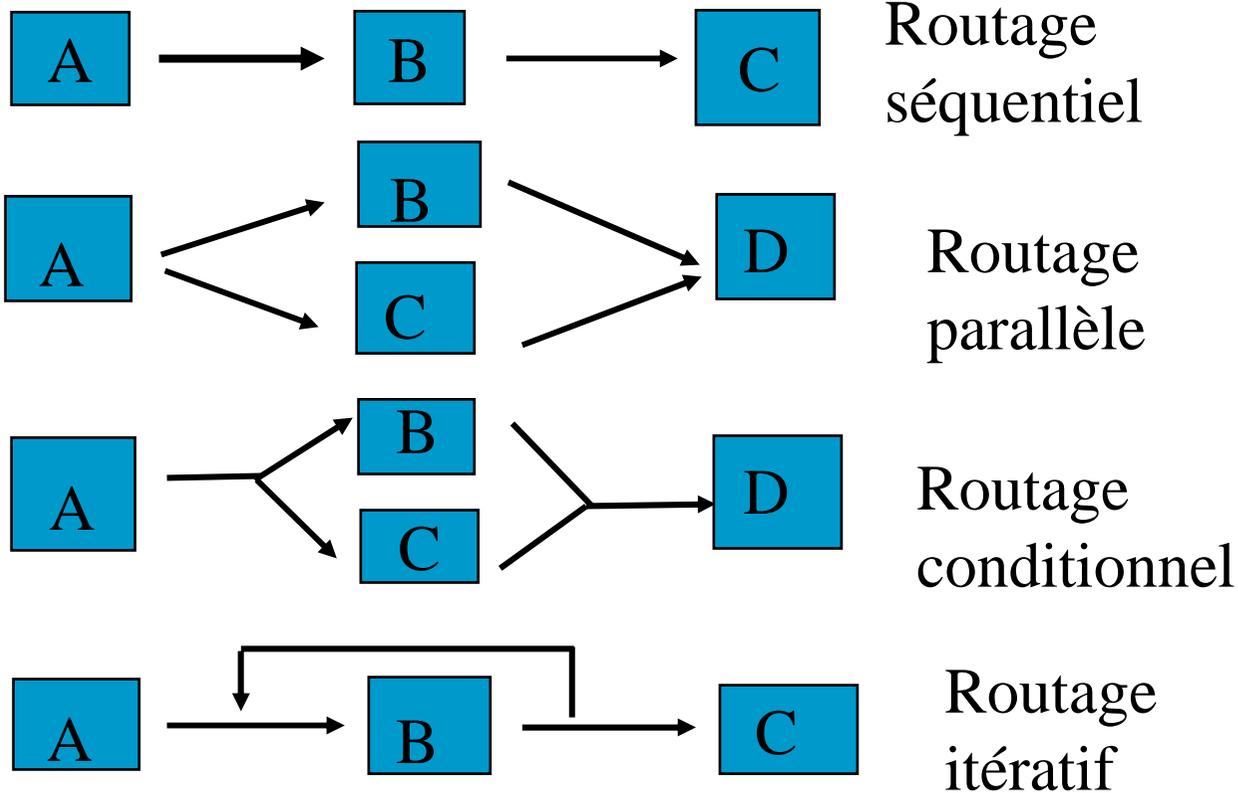




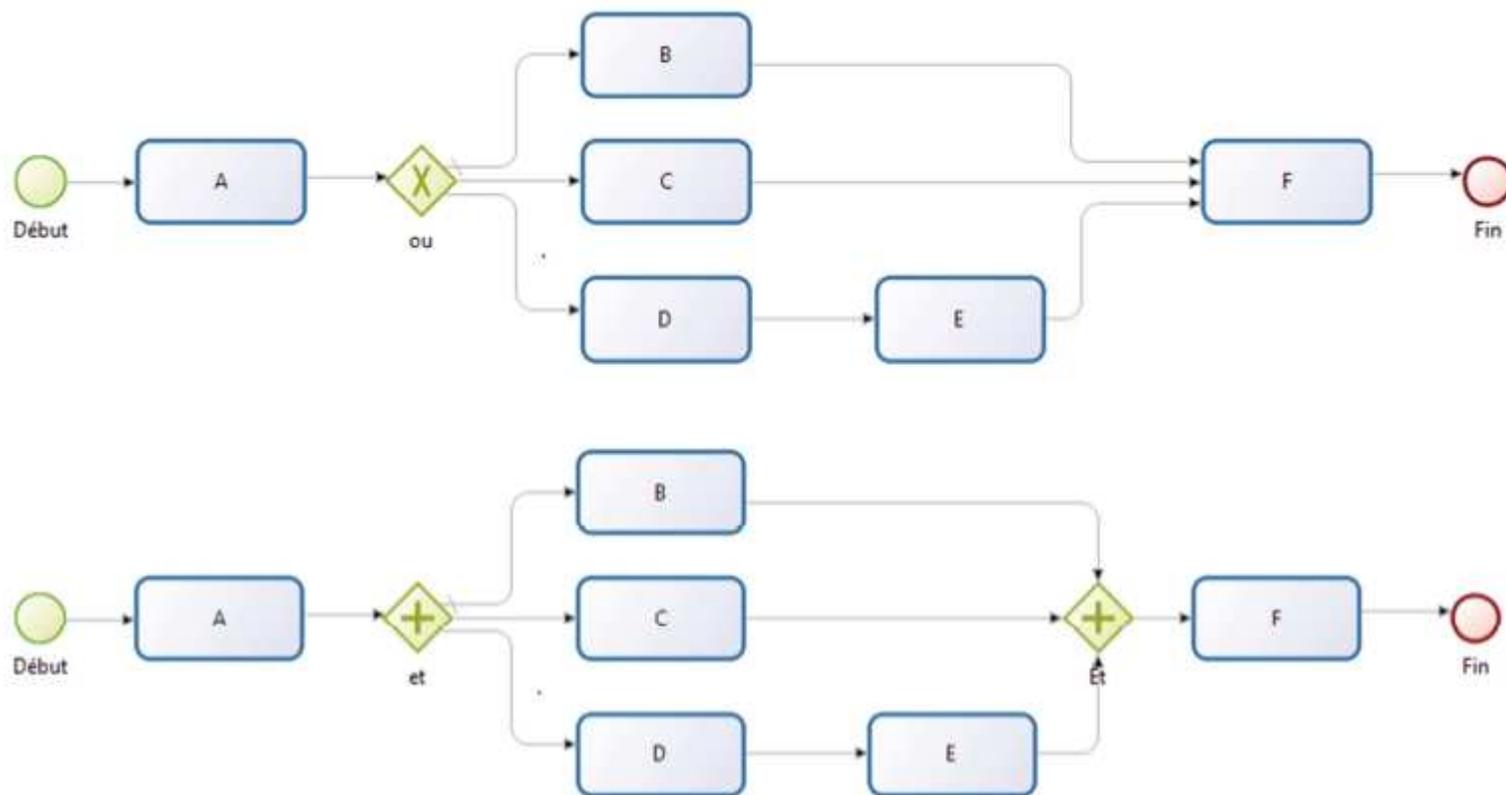
Fonctions principales assurées par le workflow

- 3R : « rôles, règles, routes, »
- gestion des ressources (rôles) : classification des ressources à utiliser et règles d'allocation ;
- règles de coordination des tâches (règles de gestion) ;
- routage des documents, des informations et des tâches.

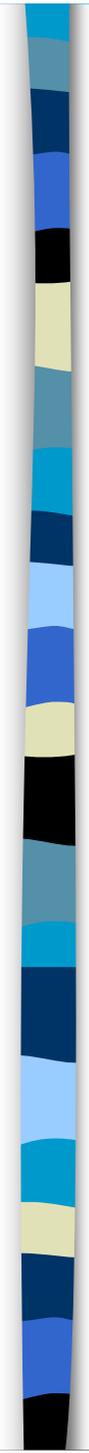
Différents types de routage



Modélisation BPMN



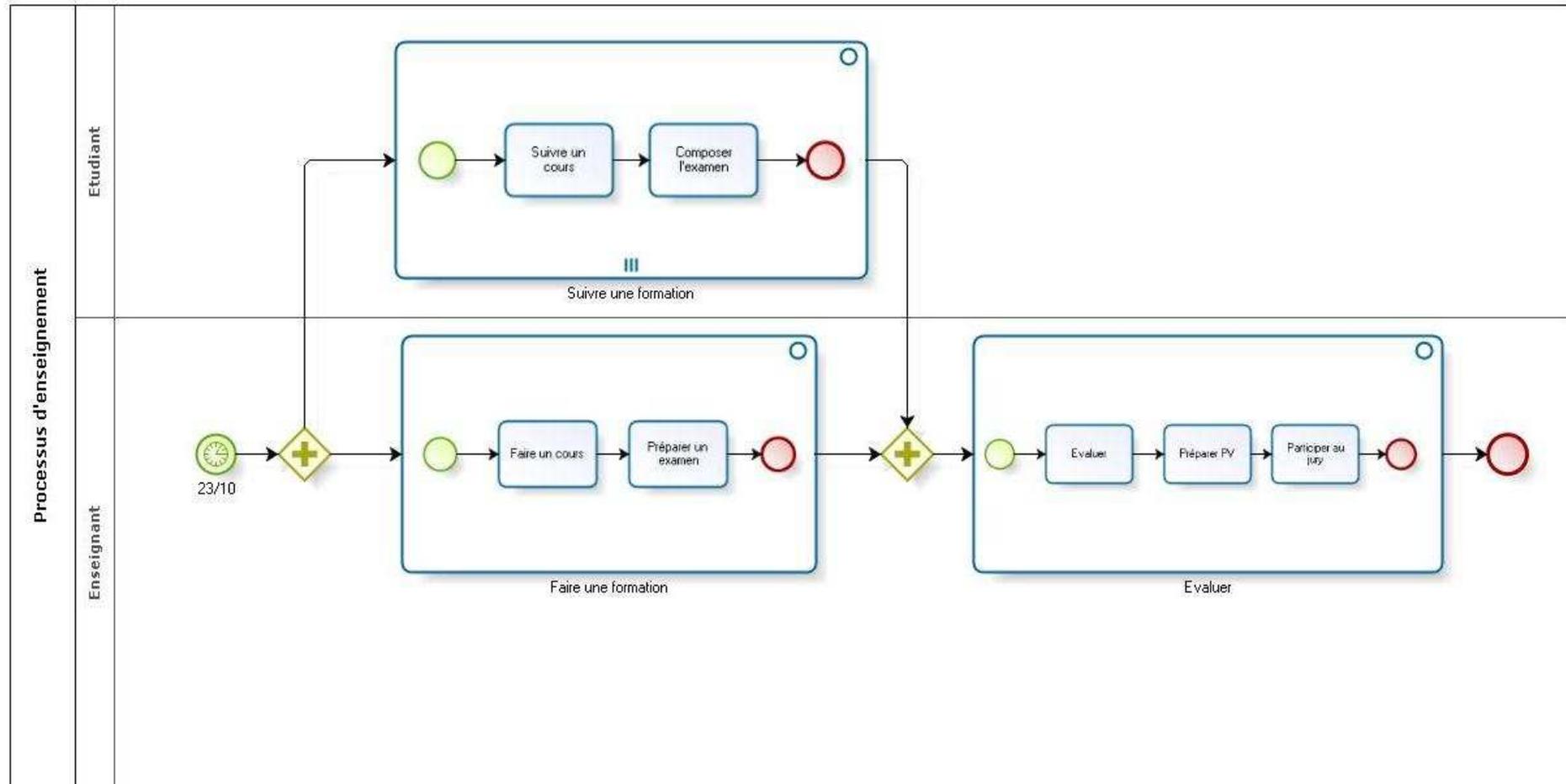
Explorer BizAgi Modeler (gratuit)

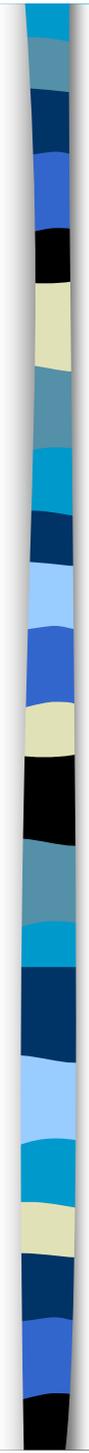


Ressource, Rôle, Unité organisationnelle

- *Une ressource (participant, acteur, utilisateur, agent)* est un humain ou une machine pouvant exécuter une tâche.
- *Une classe de ressources* est un groupe de ressources ayant des caractéristiques similaires.
 - Un *rôle* est une classe de ressources ayant les mêmes capacités fonctionnelles.
 - *Une unité organisationnelle* (équipe, branche, département) est une classe de ressources appartenant à une même structure organisationnelle.

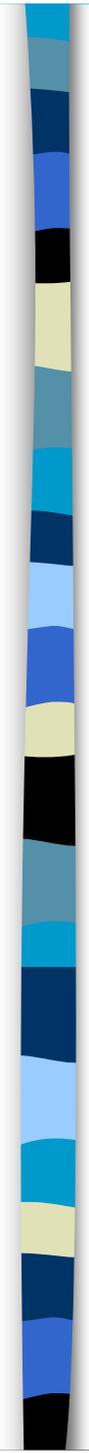
Représentation des rôles et des unités organisationnelles en BPMN





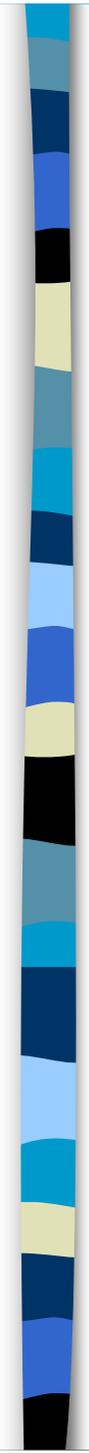
Allocation des tâches

- **Dans la définition d'un workflow** : les tâches sont statiquement associées à des rôles ou des unités organisationnelles plutôt qu'à des individus.
- **À l'exécution** : quand une tâche est planifiée pour être exécutée, le SGWf :
 - désigne directement l'exécutant (PUSH),
 - ou bien détermine tous les exécutants potentiels, et insère cette tâche dans leur « worklist ». Quand un exécutant choisit la tâche pour l'exécuter, la tâche est supprimée des worklists des autres agents (PULL).



Règles d'attribution des tâches

- unité organisationnelle
- rôle
- les deux
- ou bien, basée sur des règles dynamiques dépendant du cas traité et de l'histoire des ressources



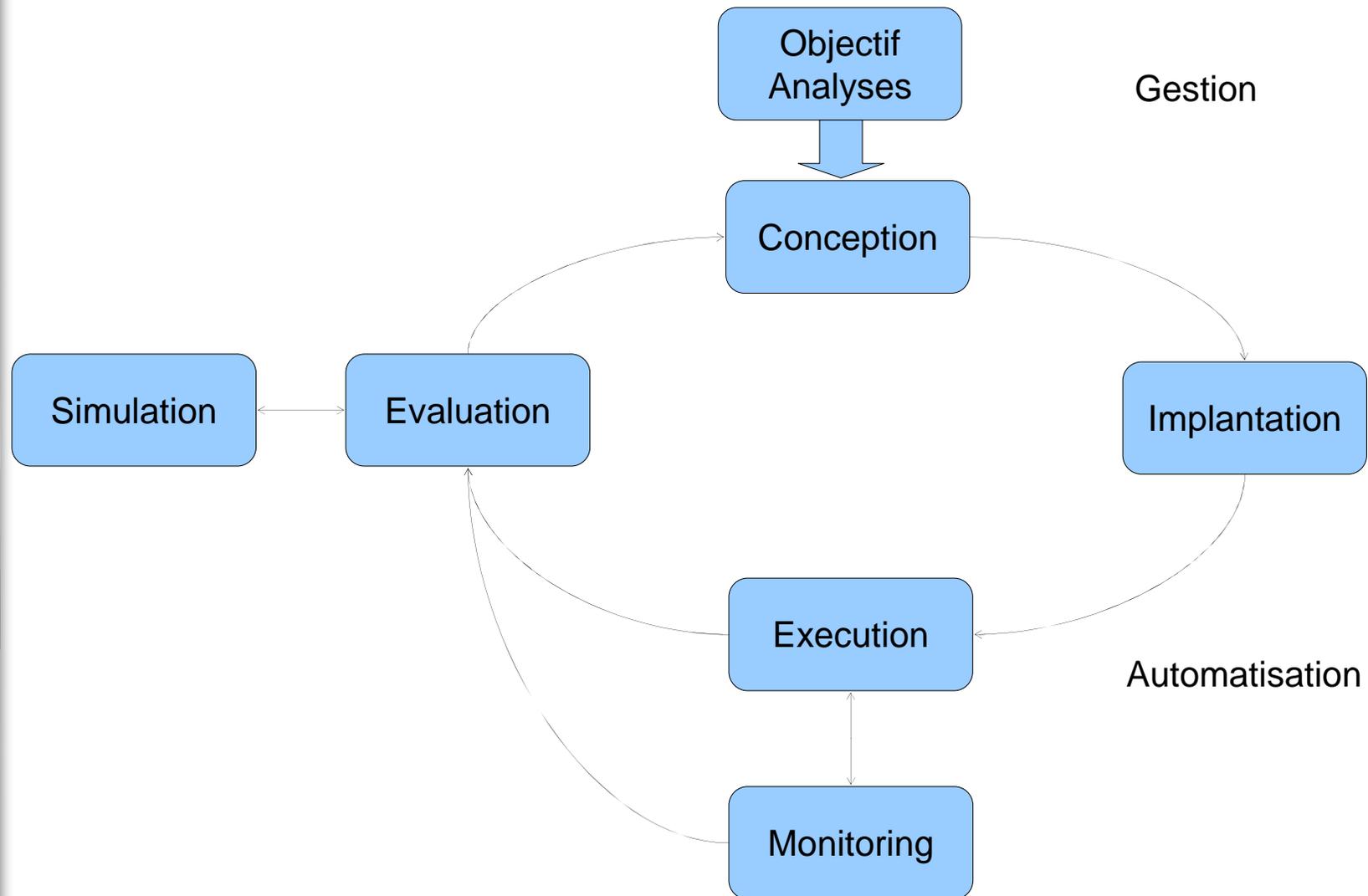
Ordre d 'exécution des tâches

- FIFO ;
- LIFO ;
- SPT (shortest processing time) ;
- SRPT (shortest remaining processing time) ;
- EDD (earliest due date) ;
- PRIO (tasks with priority go first).

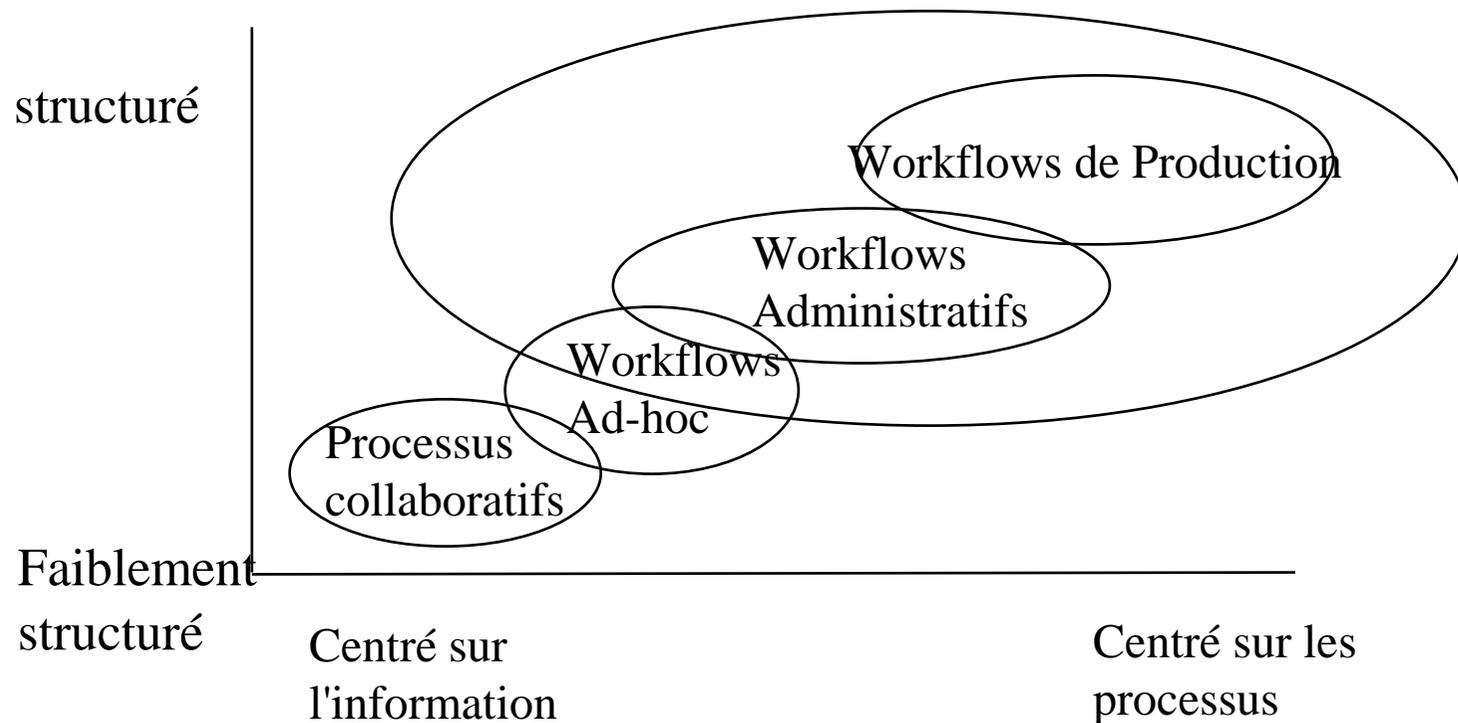


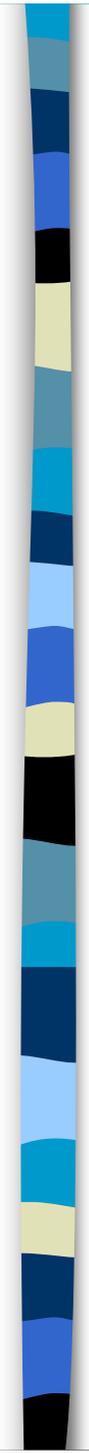
3. Outils et Modèles pour le workflow

Cycle de vie d'un workflow



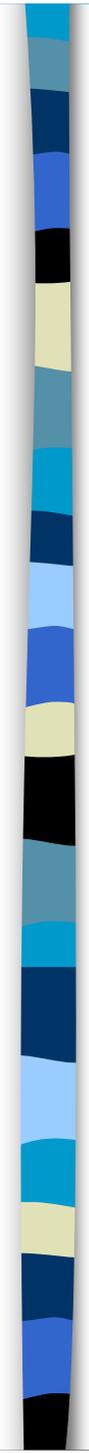
Processus de workflow versus Processus collaboratifs





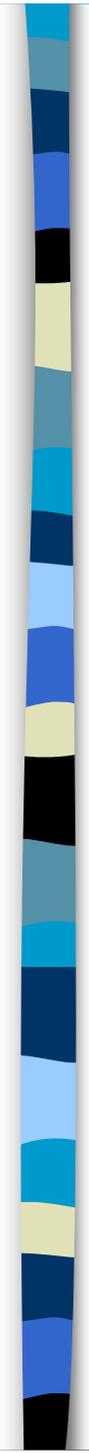
Typologie de de workflow

- **workflow de production** : s 'applique à des processus fortement structurés sans variations ;
- **Workflow administratif** : automatise des processus variables(plusieurs cas) mais bien définis.
- **Workflow ad-hoc** : automatise des procédures d 'exception dont il n 'est pas toujours possible de définir des règles à l 'avance.



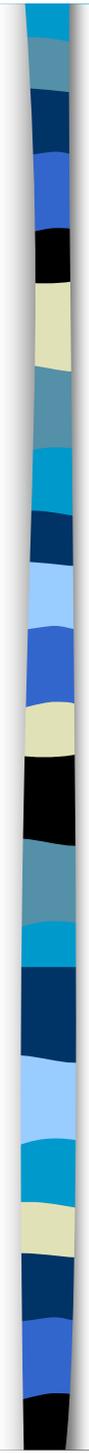
SGWf actuels

- Outils supportant des workflows de Production et Administratifs :
 - *W4 et WB2E (ex. FlowMind) de W4*
 - COSA (COSA solutions)
 - Flowmark (IBM)
 - OPEN/Workflow (Eastman software)
 - Staffware (staffware)
 - Visual workflow (FileNet)
 - Oracle Workflow
- Outils supportant des workflow ad-hoc: ensemble (File net)
- Outils supportant des processus collaboratifs : Lotus Notes, Microsoft Exchange.
- Modélisation : voir WinDesign, Aris Tool Set, Power AMC,... (cf. ouvrage de C. Morley).



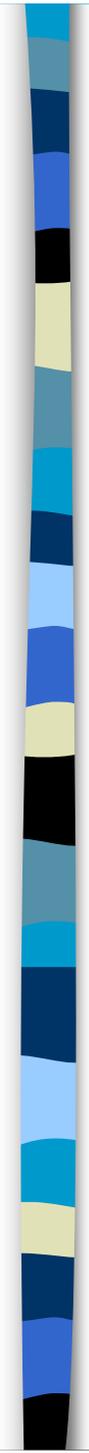
Trois Modèles conceptuels

- modèle organisationnel
- modèle informationnel
- modèle de procédé



Modèle organisationnel

- Trois objectifs :
 - structure les ressources en classes : rôle, unité organisationnelle.
 - Attribut aux ressources des autorisations de réaliser des tâches, des méta-tâches (définition, mise à jour de nouveau processus, modification d'occurrences) ;
 - détermine des modes d'allocations de tâche : push, pull.



Modèle organisationnel

- Le plus souvent décrit à l'aide d '***un modèle de données***
- Exercice : Donnez le méta-modèle organisationnel en faisant apparaître : les ressources, les classes de ressources, les rôles, les unités organisationnelles, les modes d'allocations, la délégation, ...A relier aux tâches.
- Exercice : imaginer des requêtes SQL permettant d'exploiter le modèle précédent.



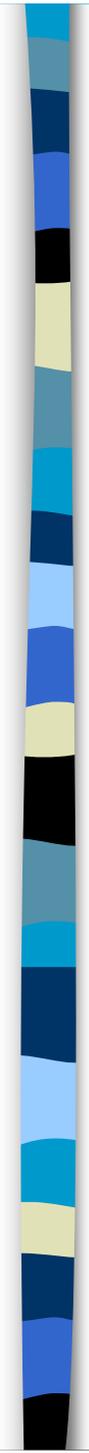
Modèle informationnel

- Décrit la structure des formes, documents, et données qui sont utilisés par un workflow ;
- souvent pré-existant à la création du workflow ; mais leur schéma doit être connu pour être exploité par le WfMS.
- L'existence de ces informations et leur valeur déterminent si une tâche peut être exécutée ou non (pré-condition) ;
- Décrit avec des **modèles de données** (Relationnel, Objet), **modèles de documents** (SGML, XML)



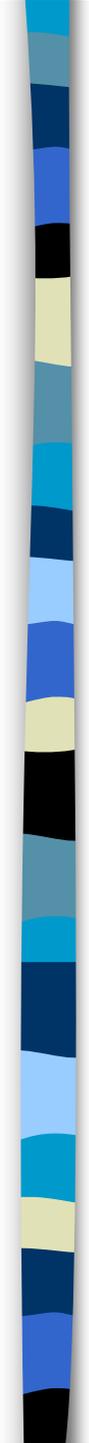
Modèles de procédés

- Définit les tâches composantes, leur coordination, l'information et les acteurs impliqués dans chaque tâche.
- Formes de coordination : routage séquentiel parallèle, itératif, alternatif.



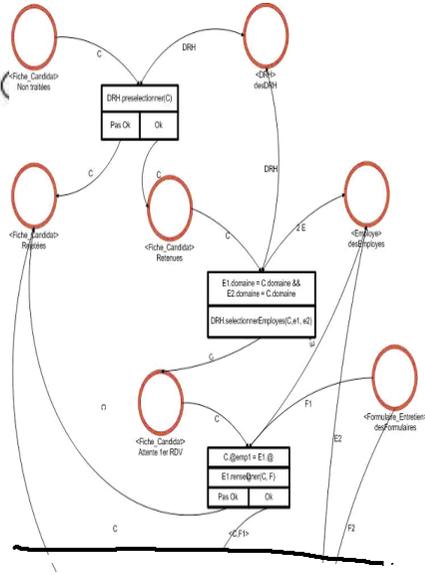
Modèles de procédés

- Les tâches sont décrites par :
 - une identité,
 - une pré-condition : décrivant une situation (disponibilité de ressources, occurrence d'événement, ...) qui doit être satisfaite pour démarrer la tâche ;
 - une action qui correspond à la tâche à réaliser ;
 - une post-condition établissant la configuration à atteindre pour considérer la tâche comme terminée.

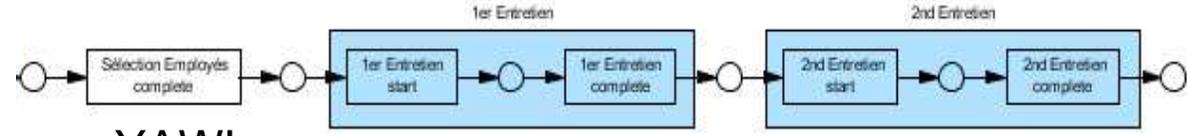


Modèles de procédés

- Décrit à l'aide d'un langage de description de processus : BPMN, réseau de Petri, UML, règles actives.
- Référence le modèle organisationnel qui donne accès aux ressources nécessaires (acteurs) à la réalisation des tâches.
- Référence le modèle informationnel qui donne accès aux objets informationnels à manipuler.

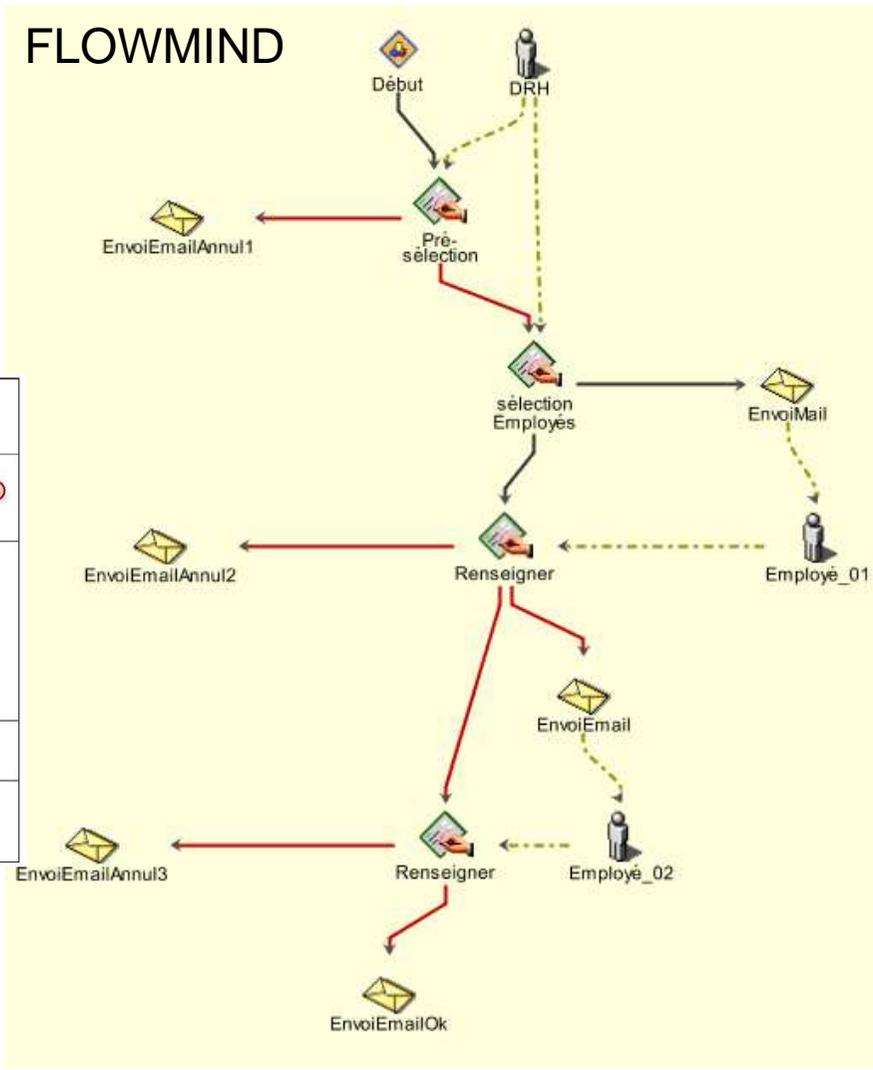


BPMN

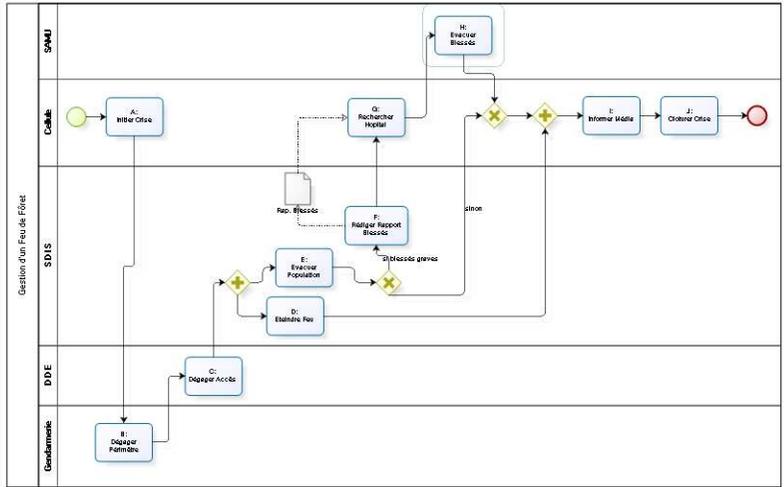


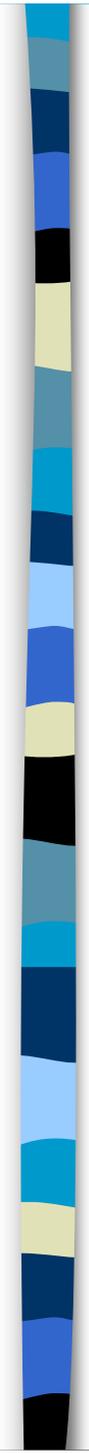
YAWL

RPO



FLOWMIND



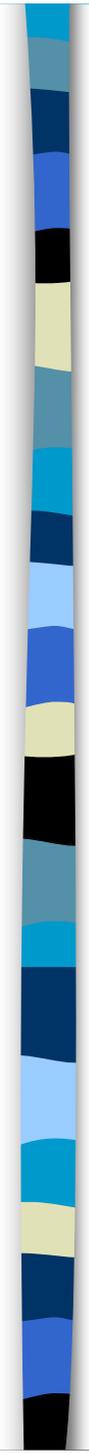


Qualités requises pour un Langage de description de workflow

- Permettre d'exprimer les trois modèles et leur interaction ;
- une interface graphique ;
- différents niveaux de granularité (sous-processus, super tâches, multi-tâches) ;
- un pouvoir d'expression suffisant pour exprimer : la structure des tâches, leur coordination, consistance et fiabilité des transactions.
- gestion des exceptions ;
- fondements théoriques permettant l'analyse et la validation de propriétés comportementales ;
- possibilité de simulation.

IV. Modélisation de processus workflow par des Réseaux de Petri

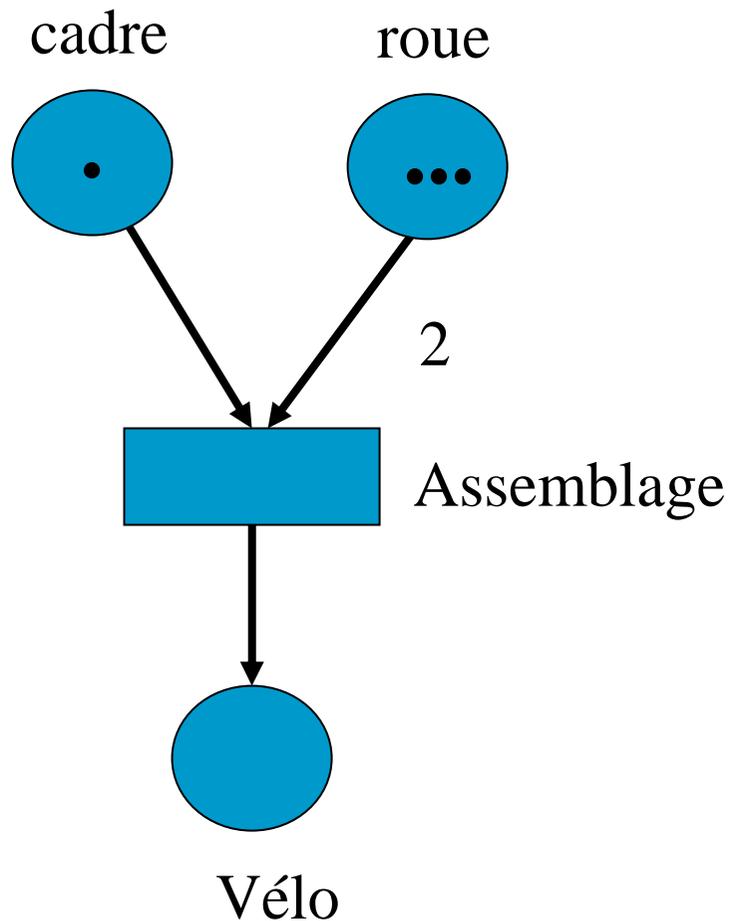
- Avantages et principes d'utilisation des Réseaux de Petri ;
- Modélisation des processus ;
- Fondements théoriques des RP.



Avantages de l'utilisation des Réseaux de Petri

- Sémantique formelle : spécification de processus claire et précise;
- langage graphique : intuitif et facile à utiliser.
- Pouvoir d'expression : exprime tous les routages possibles ;
- analyse : de propriétés (terminaison, accessibilité de certains états, ...), de la performance.
- Indépendant du commerce : n'est la propriété d'aucun vendeur, existe indépendamment de l'évolution du marché.

Principes des Réseaux de Petri

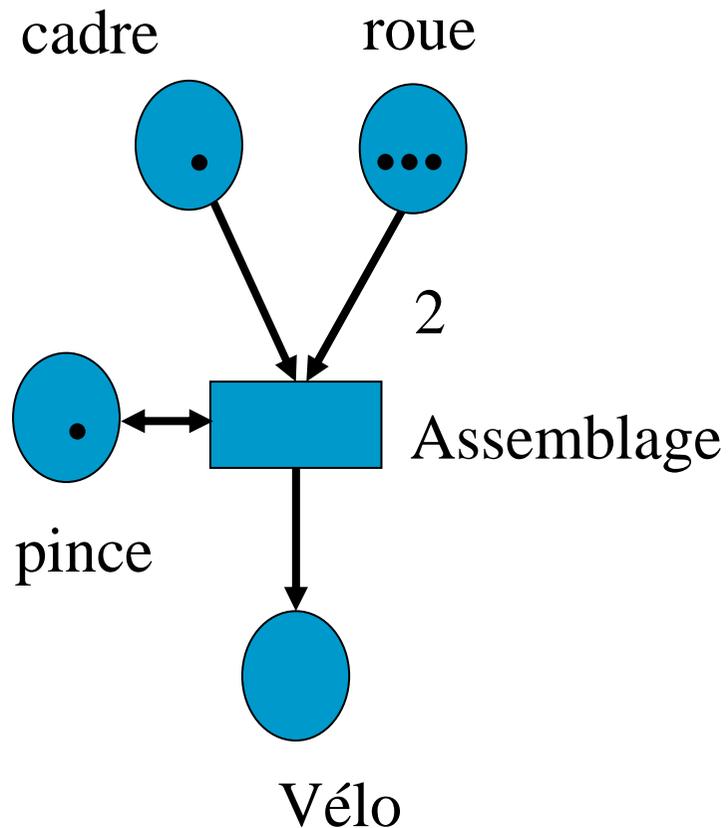


- Un Réseau de Petri est un graphe orienté composé de **places** (rond) et de **transitions** (rectangle)

- Les **arcs** (flèches) ne peuvent relier que les places aux transitions ou bien les transitions aux places.

- Les **jetons** (points) sont des objets dynamiques : se déplaçant de places en places.

Réseaux de Petri



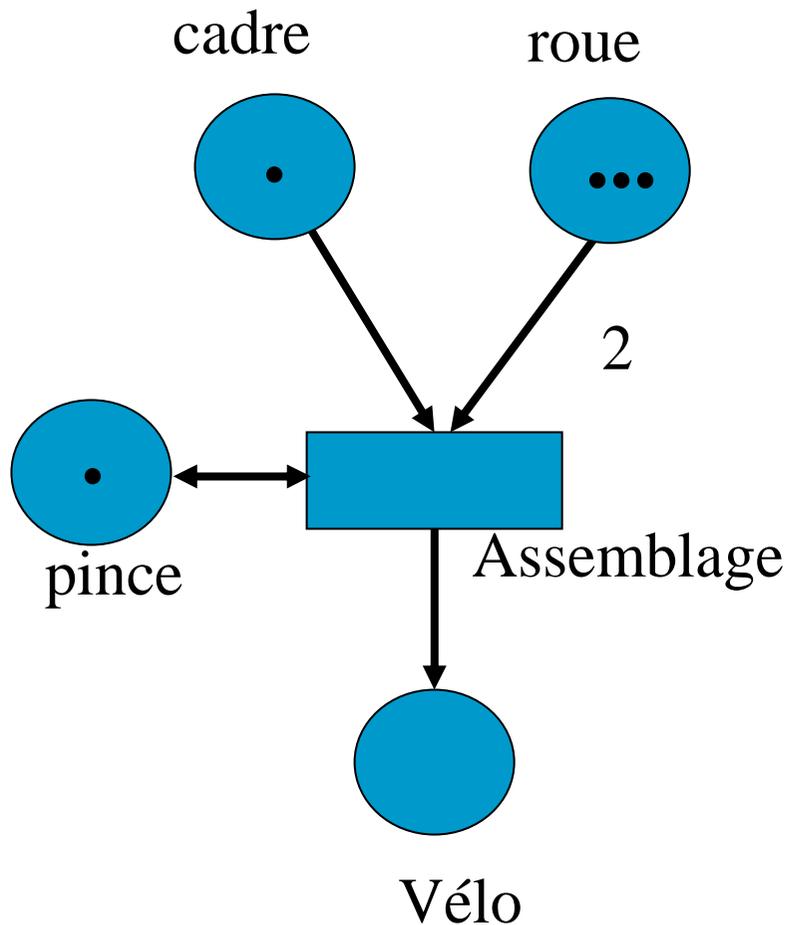
- L 'état du **RP** est déterminé par la distribution des jetons dans les places appelée **marquage**.

- Le **marquage initial** est la distribution initiale de jetons sur le réseau.

- La transition « assemblage » a 3 **places d 'entrée** (cadre, roue, pince) et 2 **places de sortie** (pince, vélo).

- L 'état du système est : un cadre, 3 roues, 1 pince et 0 vélo.

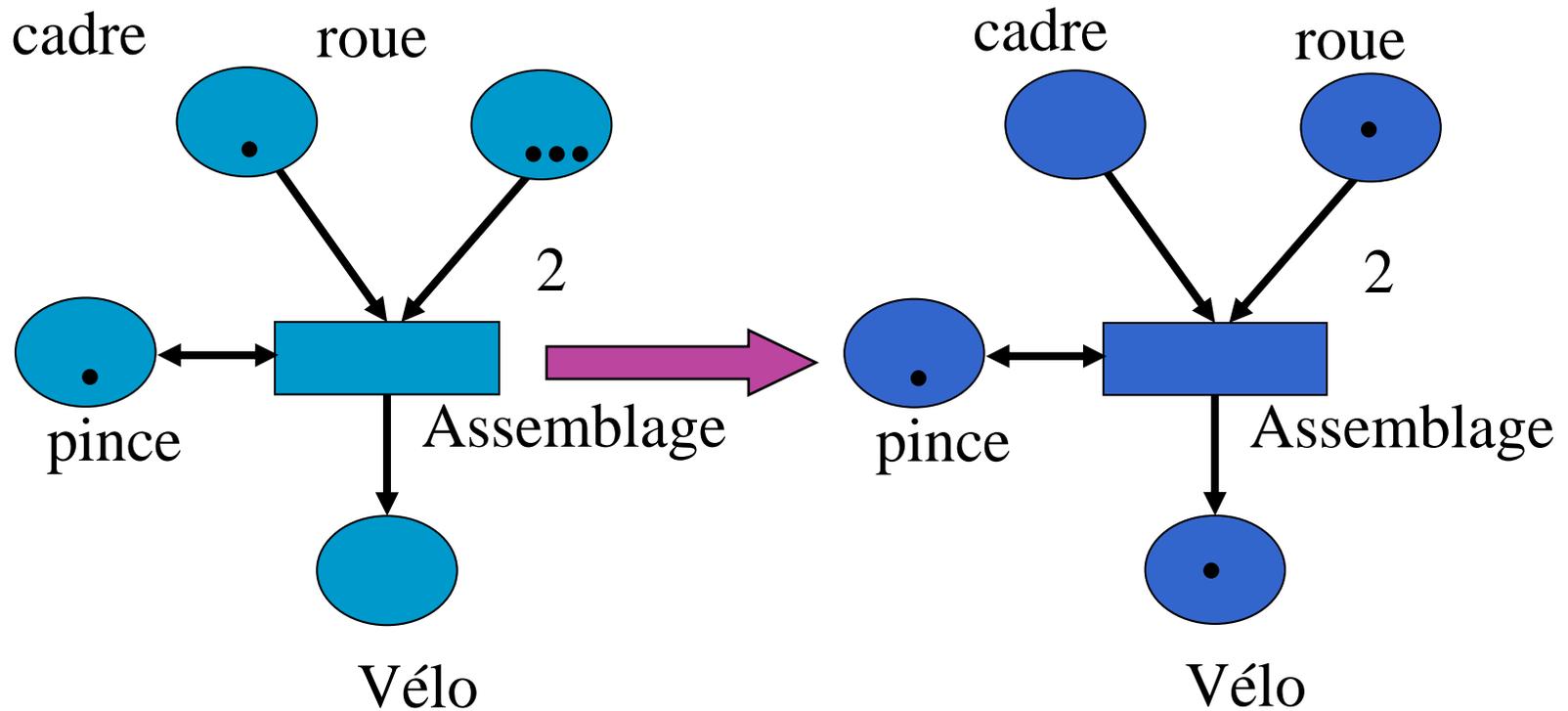
Réseaux de Petri



- Une transition T est **franchissable** (action possible) à partir d'un état du système dès lors qu'il y a suffisamment de ressources dans toutes les places d'entrée de T.

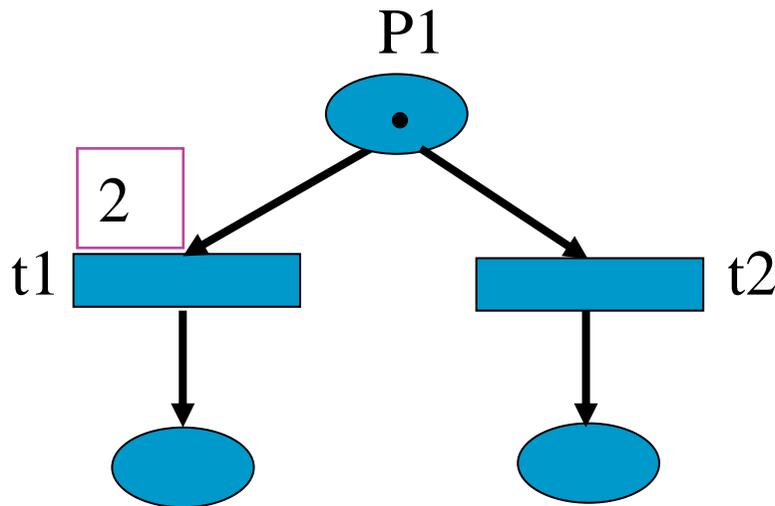
- **Franchir une transition** correspond à **consommer** (enlever) des jetons des places d'entrée et **produire** (ajouter) des jetons dans les places de sortie en nombre égal aux valuations des différents arcs (par défaut 1).

Réseaux de Petri



Le franchissement de la transition « Assemblage » conduit au marquage de droite. On a fabriqué un vélo. Peut-on en fabriquer un deuxième ?

Non-déterminisme



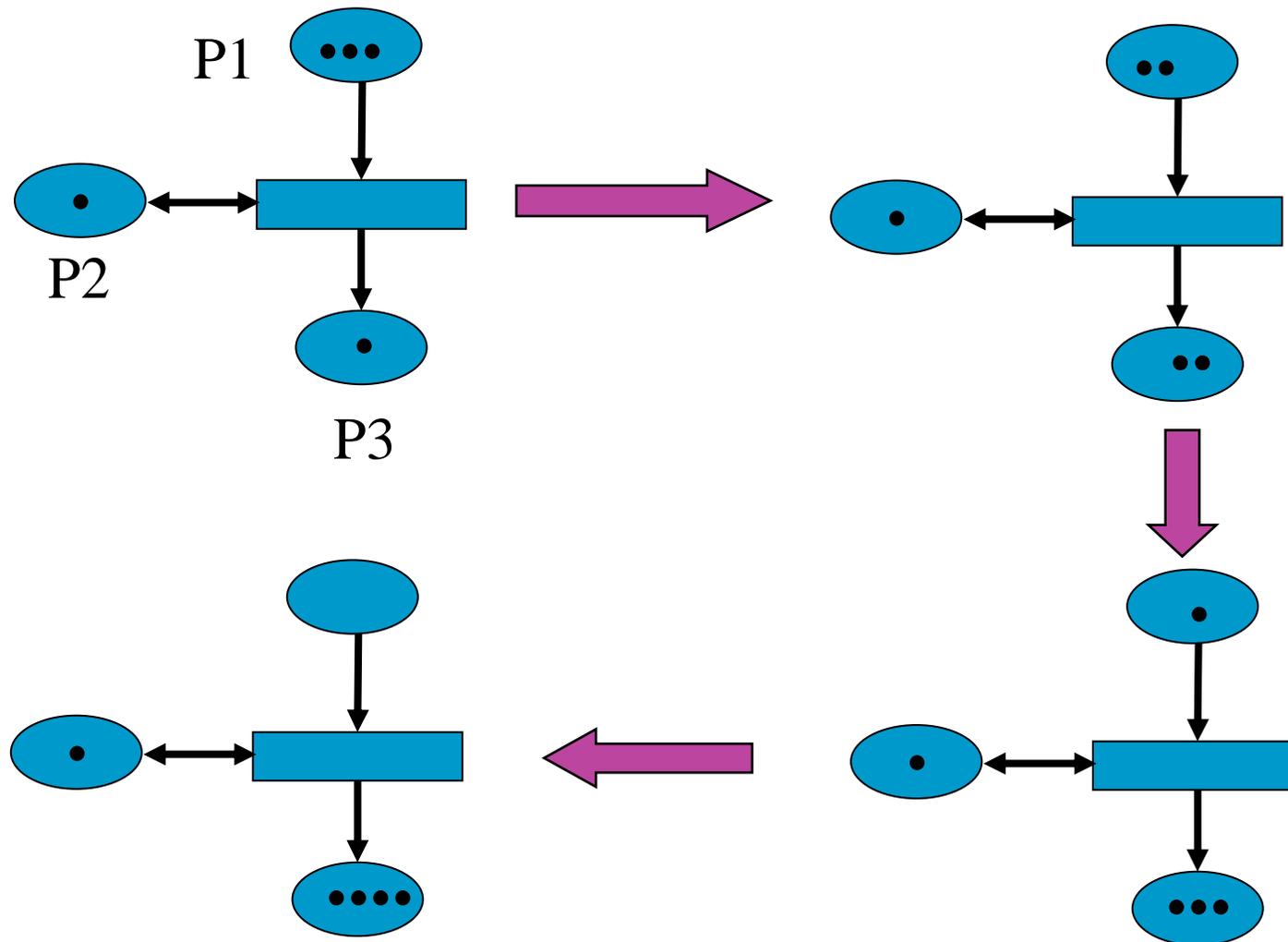
- 2 transitions en conflits! Même avec 2 jetons, le conflit persiste.

- La règle de tirage au sort permet de déterminer laquelle des transitions doit être franchie.

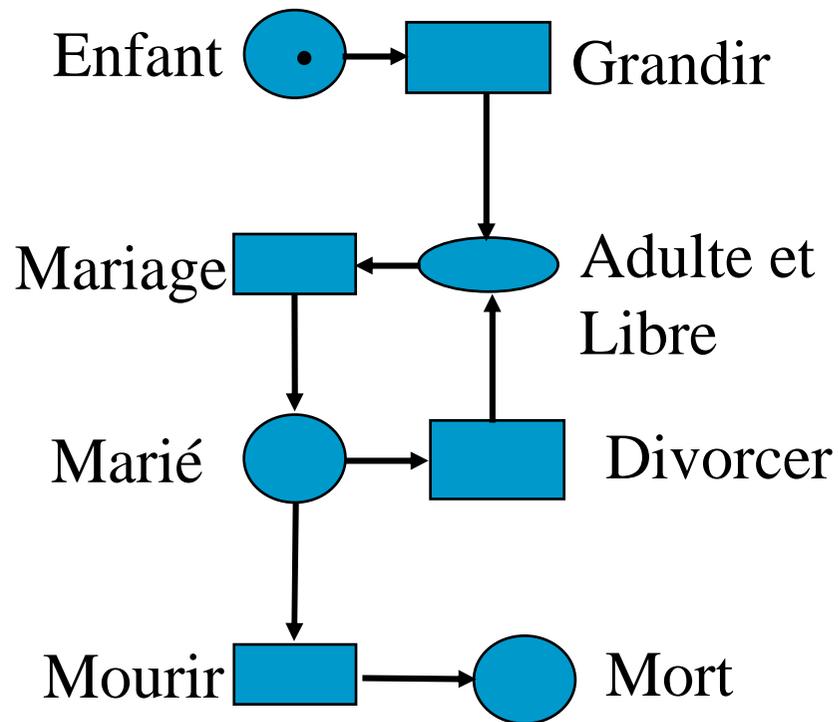
- Des priorités peuvent être associées aux transitions.

- t1 devient prioritaire sur t2

Évolution d'un système : séquence de franchissement



Évolution du système : séquence de franchissement



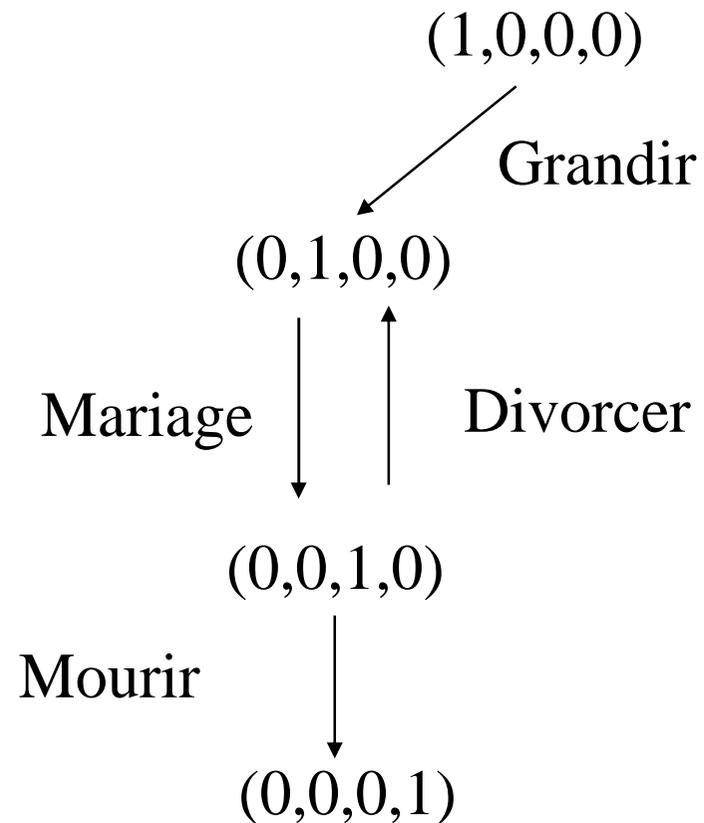
Marquage courant :
configuration des jetons à travers les places.

Marquage accessible : un marquage accessible à partir du marquage courant en déclenchant une séquence de transitions franchissables.

État bloquant : un marquage à partir duquel aucune transition n'est déclenchable.

Implémenter avec TINA

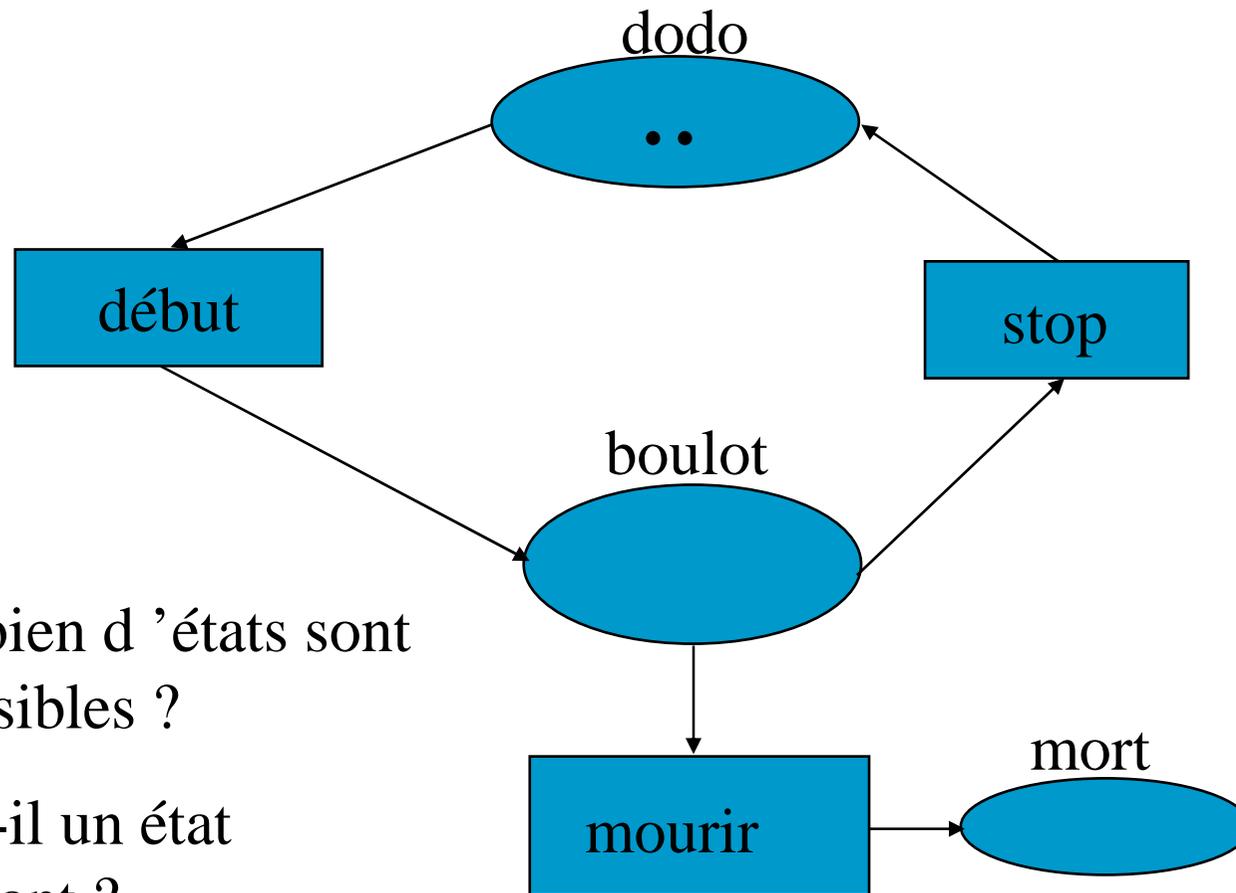
Graphe des marquages



4 états accessibles

Un état bloquant

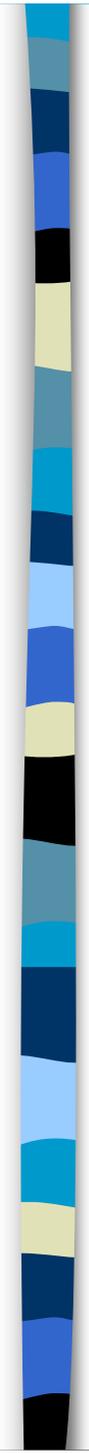
Exercice



Combien d'états sont accessibles ?

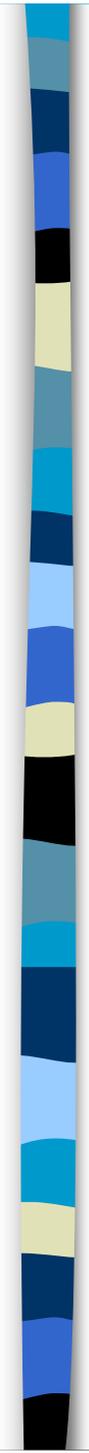
Y-a-t-il un état bloquant ?

Implémenter avec TINA



Modélisation des processus à l'aide des réseaux de PETRI

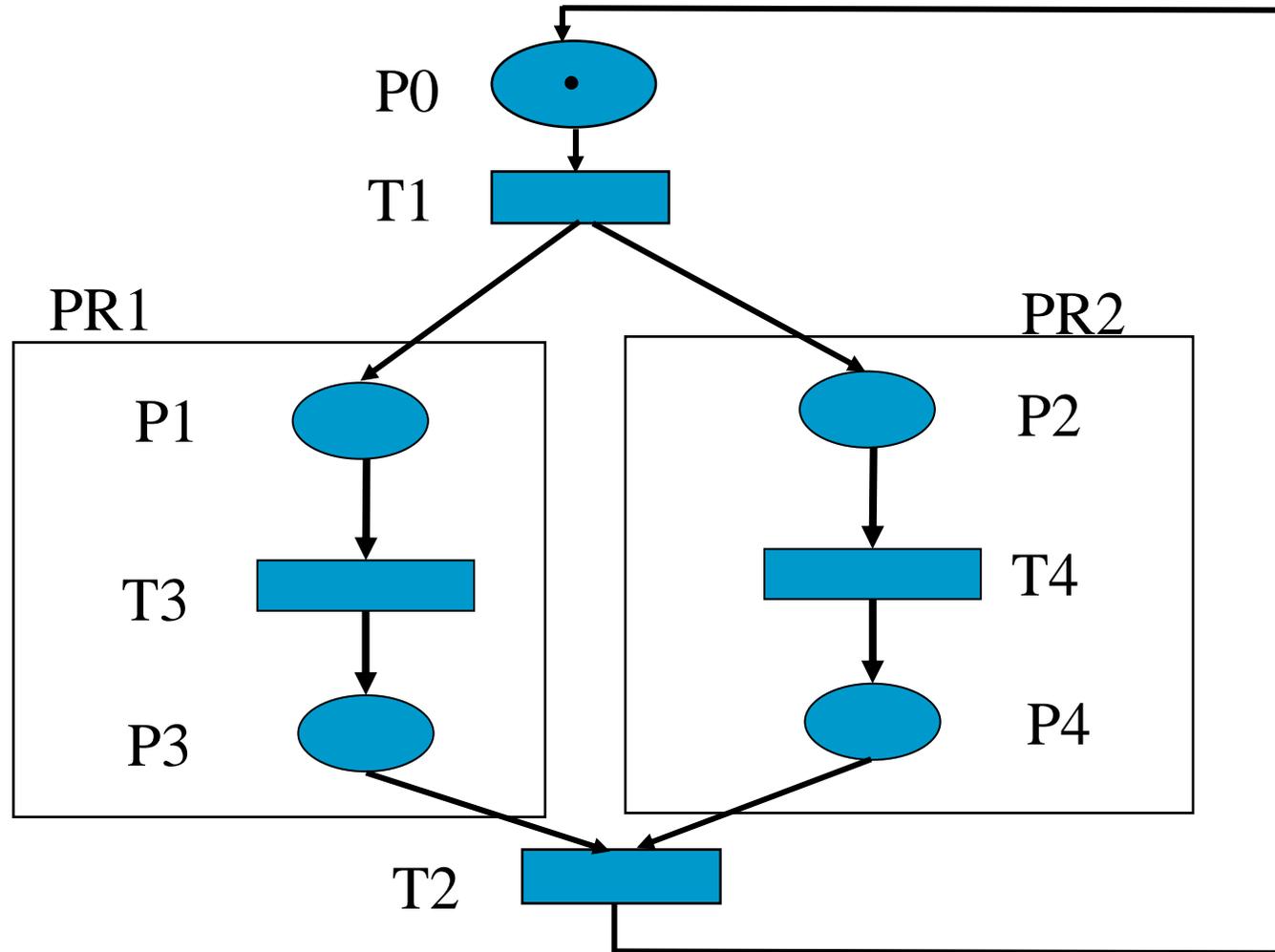
- **L'état** d'un processus \leftrightarrow distribution des jetons dans les places.
- **Les tâches** \leftrightarrow des transitions.
- **Ressources et disponibilité des informations** \leftrightarrow Jetons dans les places d'entrée.
- **Résultats produits** \leftrightarrow Jetons dans les places de sortie.



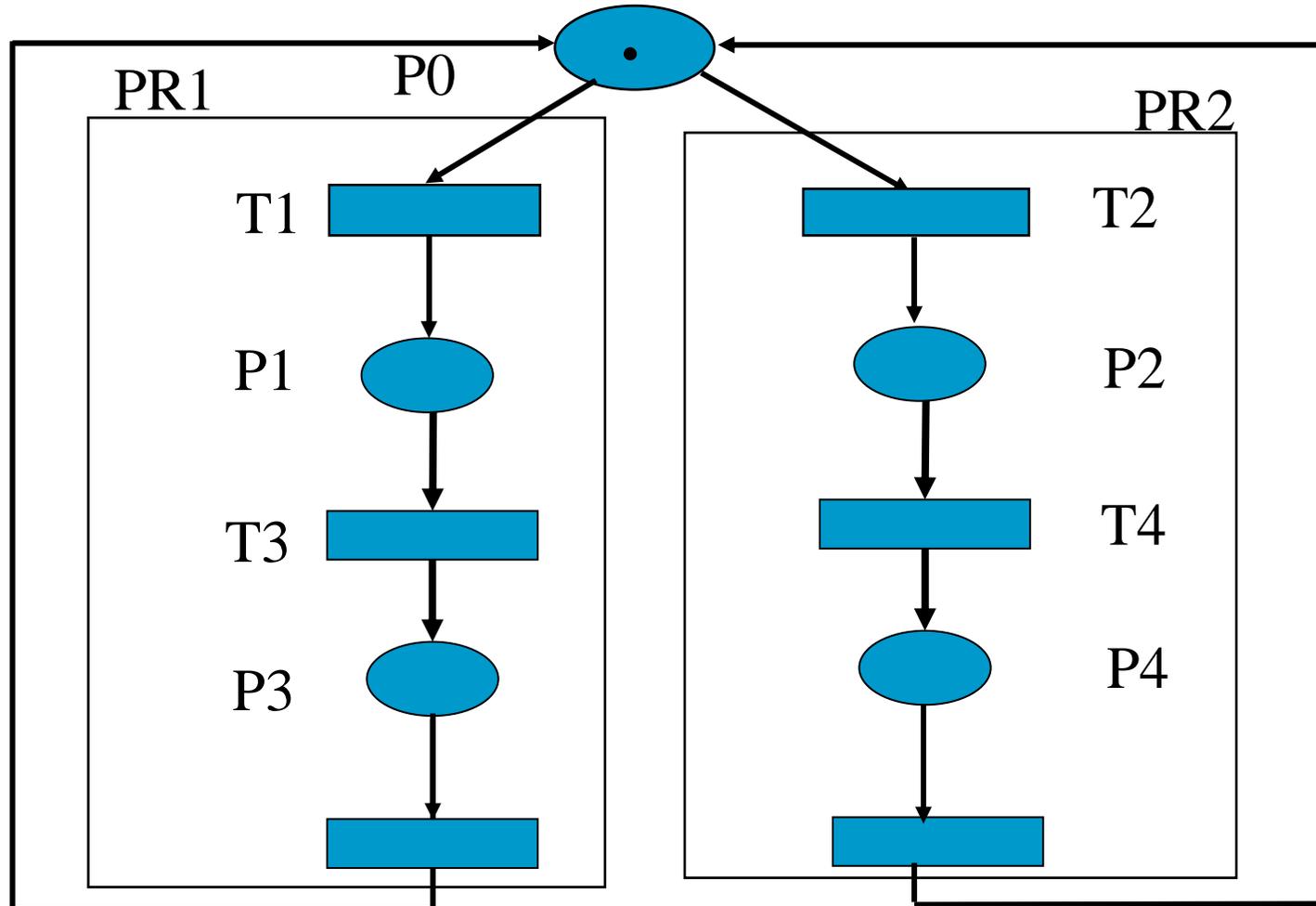
Expression du Routage

- Séquentiel ;
- Parallèle ;
- Alternatif ;
- Itératif

Processus s'exécutant en parallèle

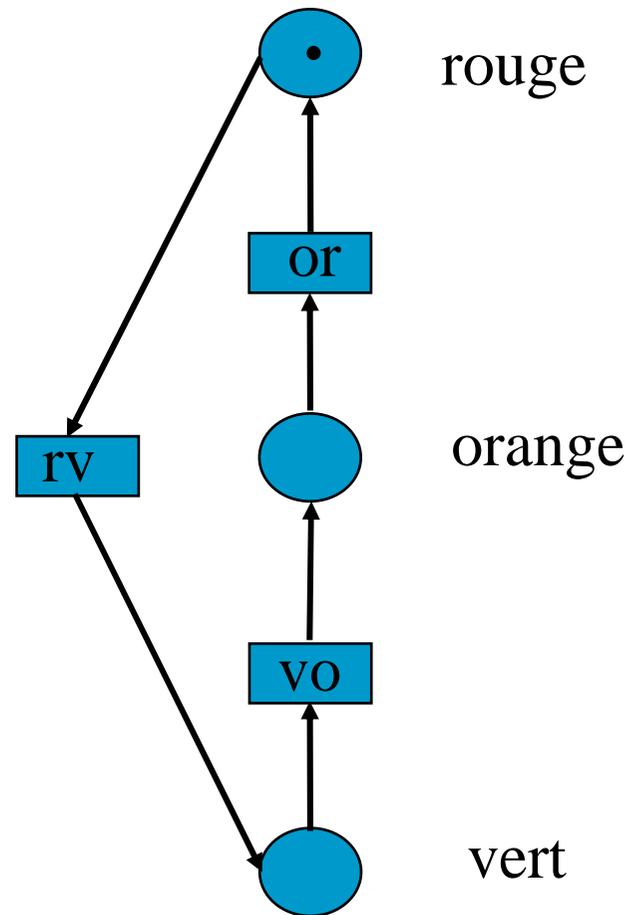
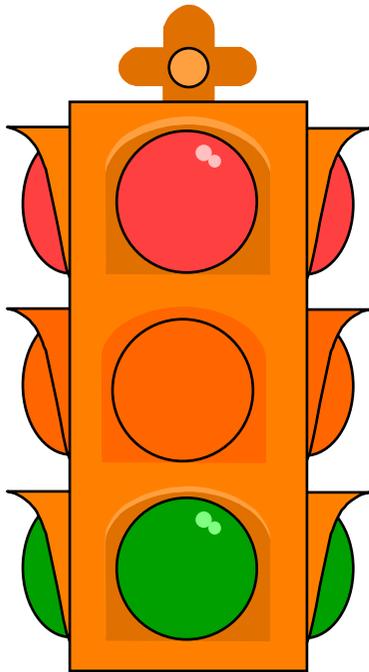


Processus s'exécutant alternativement

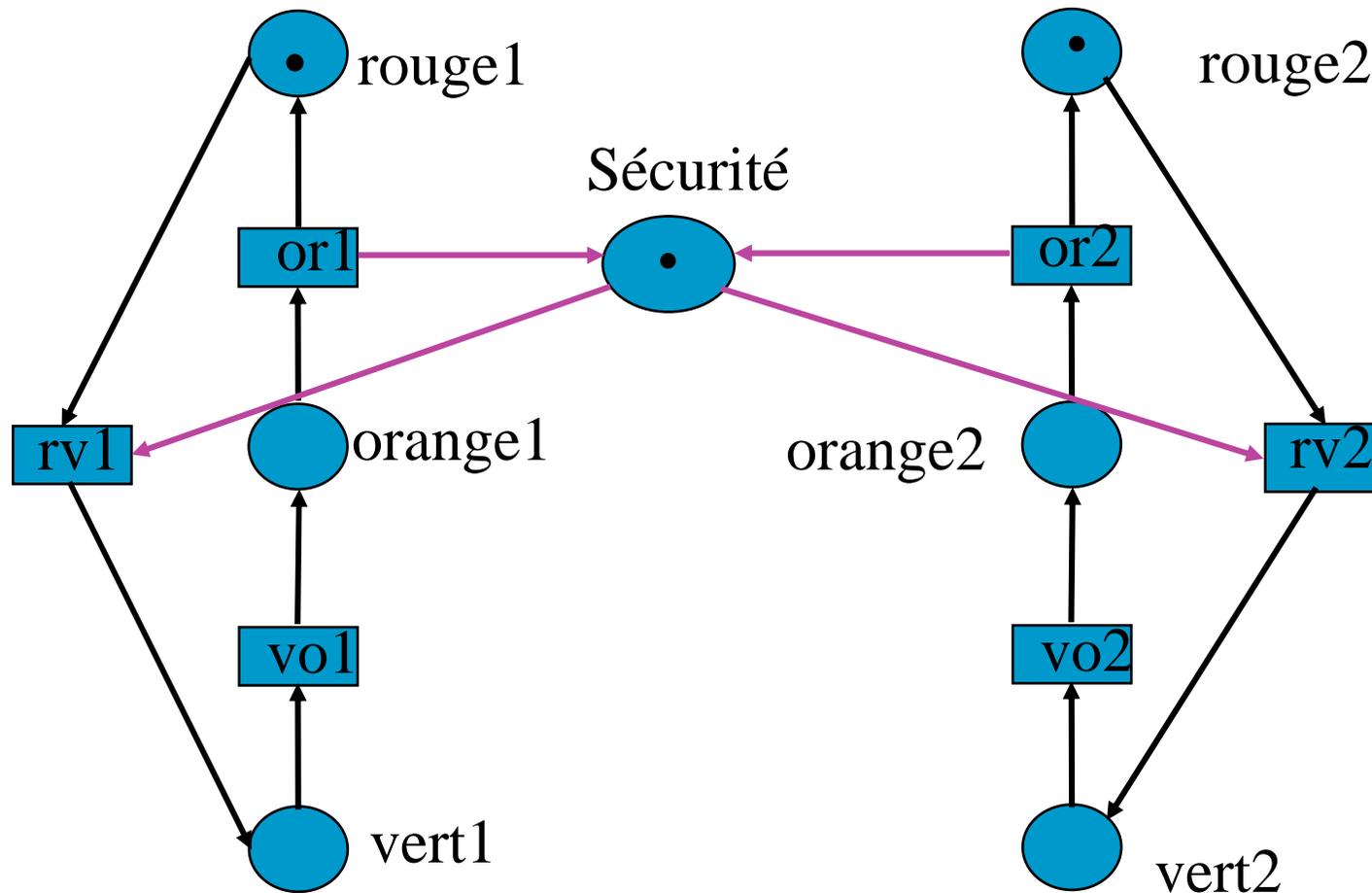


Si P0 contient plusieurs jetons que se passe-t-il ?

Exemple : un feu rouge

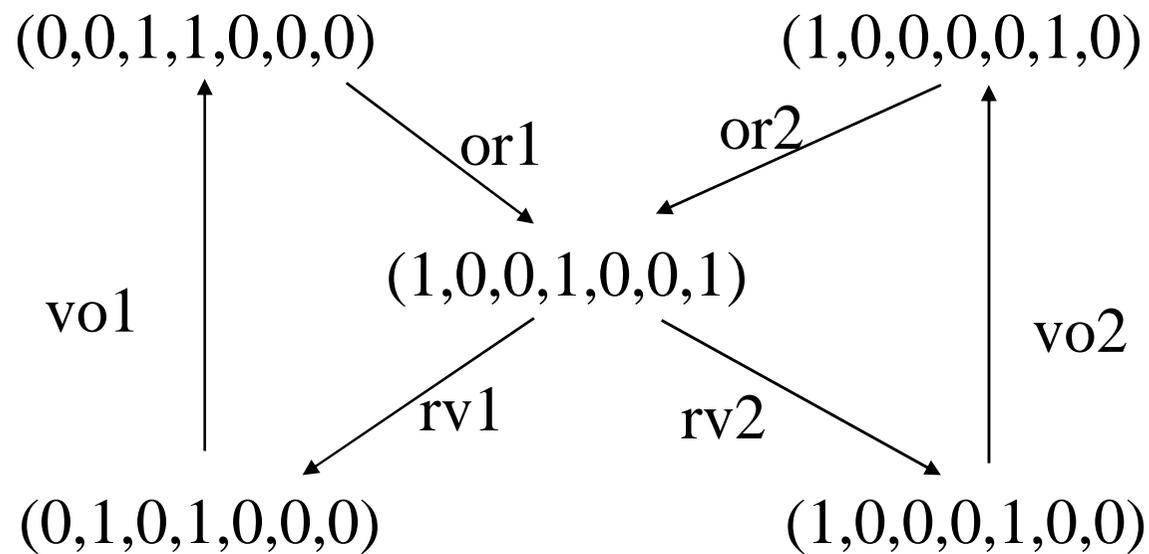


Exemple : 2 feux rouges sécurisés

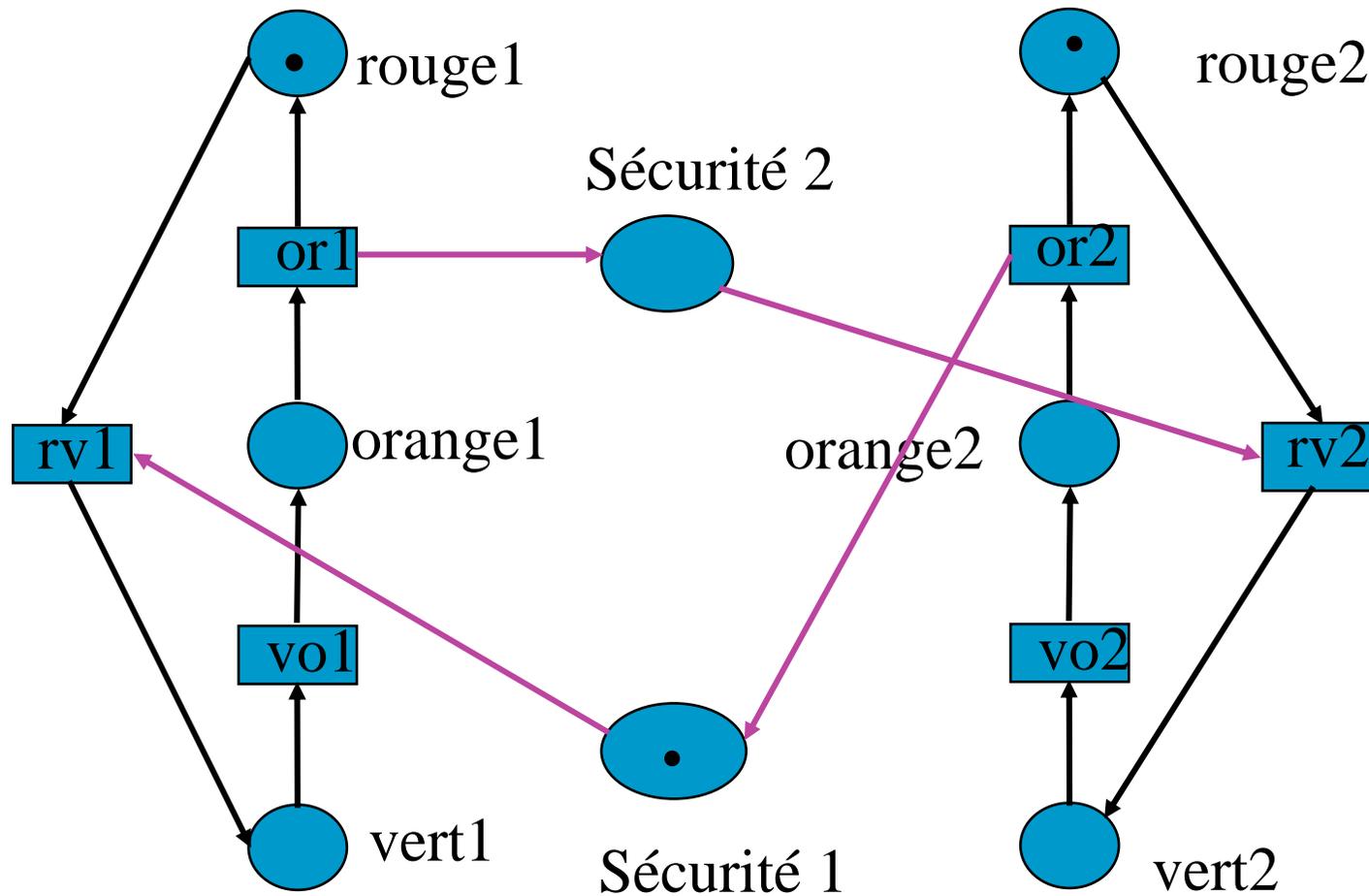


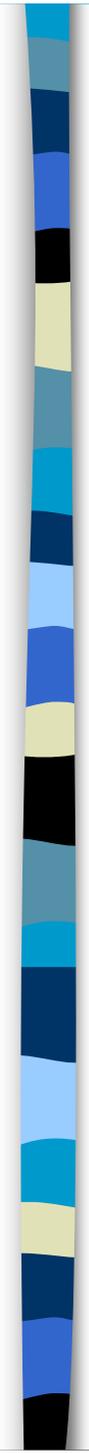
Exemple : 2 feux rouges sécurisés.

- Graphe facilement généré



Exemple : 2 feux rouges sécurisés et équitables

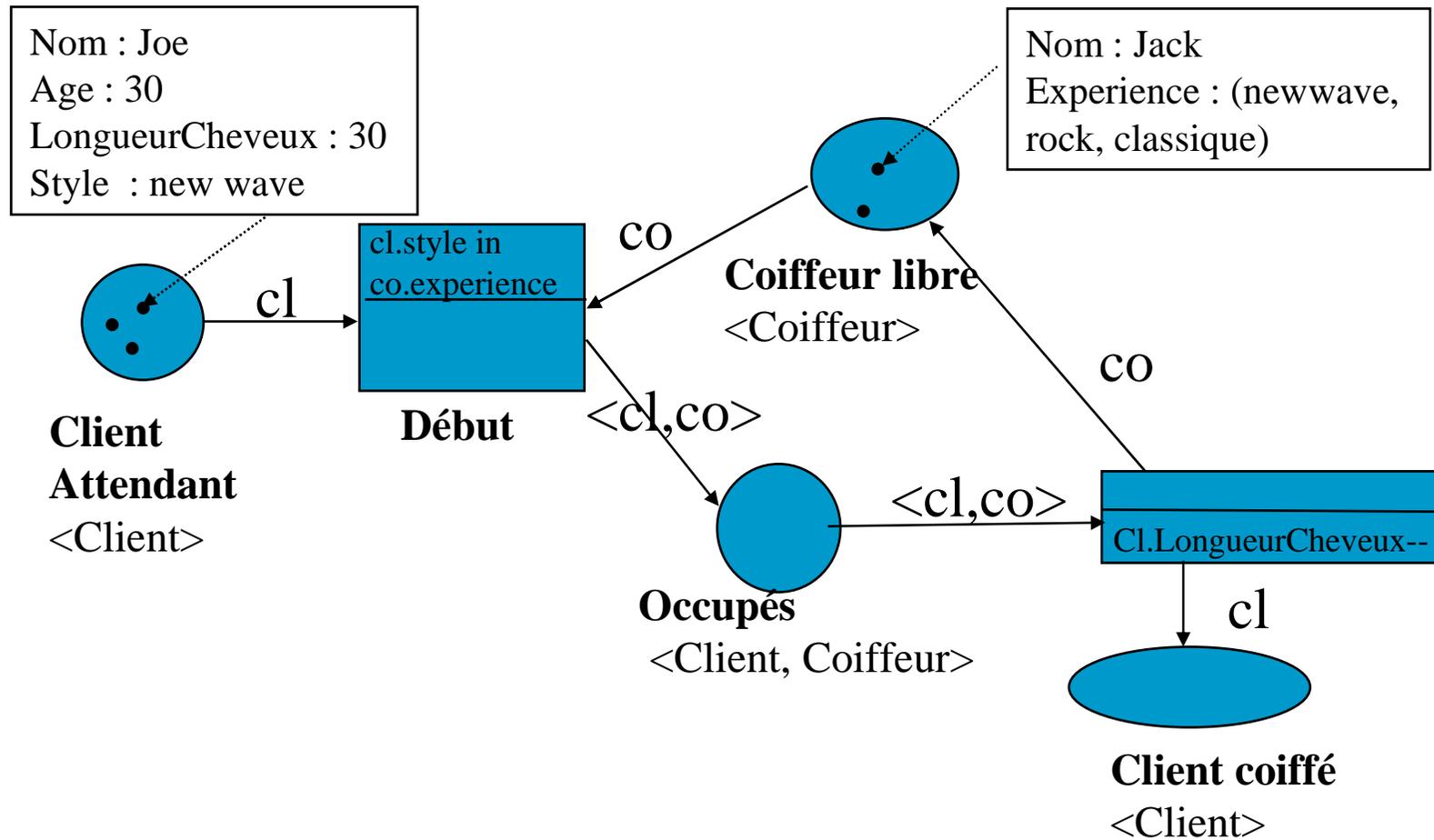




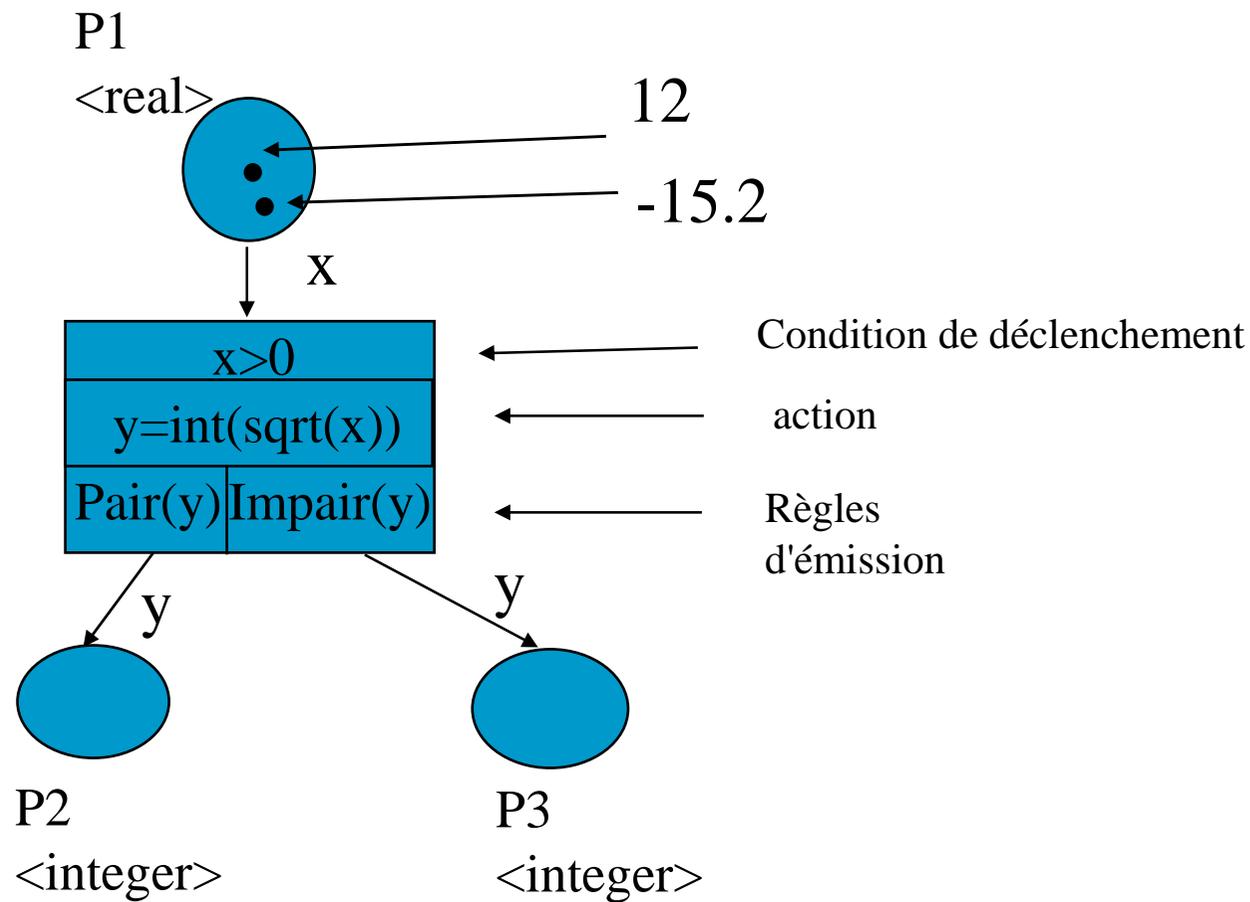
Réseaux de Petri à Objets

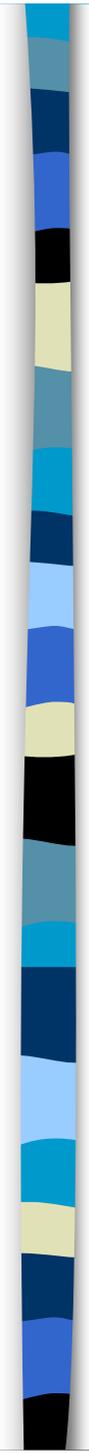
- Enrichissement des jetons : discernables et typés ;
- chaque place est associée à un type ;
- un jeton est un objet (attributs, méthodes) du type associé à sa place ;
- les arcs sont étiquetés par des variables, paramètres formels des transitions ;
- le franchissement est conditionné par le principe de semi-unification variable/jeton.
- le franchissement peut être conditionné par un test sur la valeur des jetons ;
- les jetons fixent la valeur des jetons produits.

Réseau de Petri à Objet



Réseau de Petri à Objet





Fondements théoriques des RP

Définition : Un Réseau de Petri R est défini par

$R=(P,T,W)$, où

P est un ensemble fini de places $\{p_1,\dots,p_m\}$

T est un ensemble fini de transitions $\{t_1,\dots,t_n\}$,

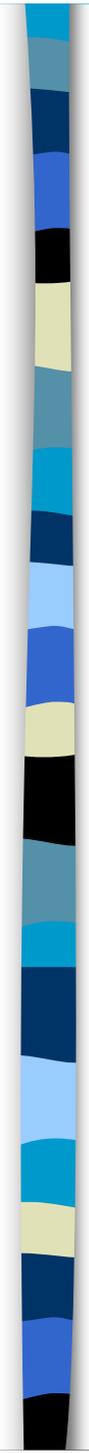
W est la *fonction de valuation* :

$$W : (P \times T) \cup (T \times P) \rightarrow \text{Entier}$$

Un marquage M est une fonction de P dans l'ensemble des Entiers.

Un Réseau de Petri marqué est défini par

$R_m=(R, M_0)$, où R est un Réseau de Petri et M_0 est un marquage, appelé marquage initial.



Représentation Matricielle

Définition : Soit $R=(P,T,W)$ un Réseau de Petri, avec

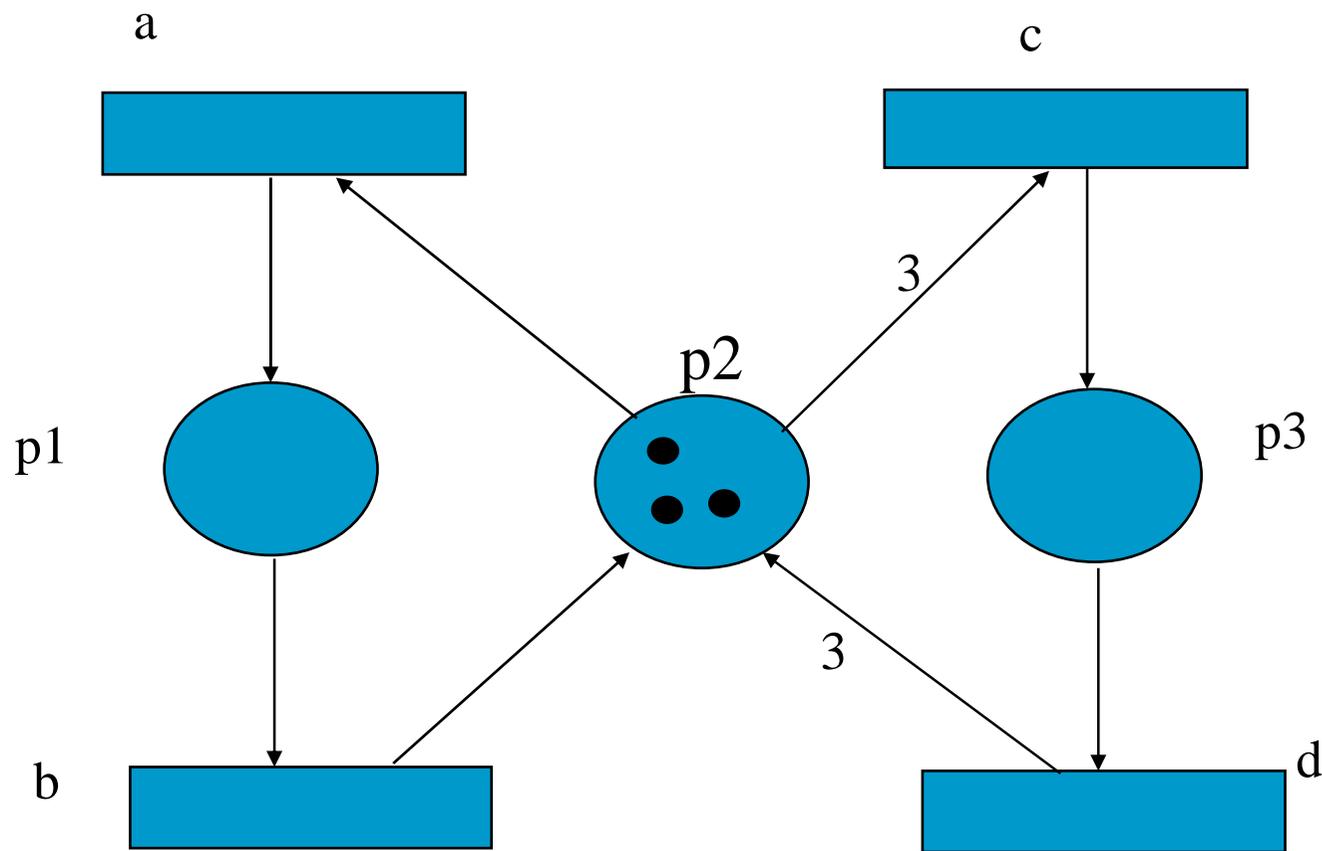
$P = \{p_1, \dots, p_m\}$ et $T = \{t_1, \dots, t_n\}$.

On appelle *matrice de précondition* notée *Pre* la matrice $m \times n$ à coefficients dans Entier définie par $Pre(i,j)=W(p_i,t_j)$.

On appelle *matrice de postcondition* *Post* la matrice $m \times n$ à coefficients dans Entier définie par $Post(i,j)=W(t_j, p_i)$.

La matrice $C=Post-Pré$ est appelée *matrice d'incidence* du réseau.

Représentation Matricielle



Exemple de représentation matricielle

$$\mathbf{Pre} = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} & \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$\mathbf{Post} = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} & \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$\mathbf{M} = \begin{matrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} & \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$\mathbf{C} = \begin{matrix} & \begin{matrix} a & b & c & d \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & -3 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} & \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{matrix} \end{matrix}$$

Abréviation :

On note $\text{Pre}(\cdot, t)$, $\text{Post}(\cdot, t)$ et $\text{C}(\cdot, t)$ les colonnes de ces matrices associées à une transition t .

Exemple de représentation matricielle

Une transition t est **franchissable**
si et seulement si

$$\boxed{\forall p \in P, M(p) \geq \text{Pre}(p, t)}$$

autres notations :

$M(t >$

$M \geq \text{Pre}(\cdot, t)$

$$M = \begin{pmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{3} \\ \mathbf{0} \end{pmatrix} \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{matrix}$$

$$\text{Pré} = \begin{matrix} & a & b & c & d \\ \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{3} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{1} \end{pmatrix} & p1 \\ & p2 \\ & p3 \end{matrix}$$

Ici a et c sont franchissables car : $M > \text{Pré}(\cdot, a)$ et $M = \text{Pré}(\cdot, c)$

Exemple de représentation matricielle

Si t est franchissable pour le marquage M , le franchissement de t donne le nouveau marquage M' tel que :

$$\forall p \in P, M'(p) = M(p) - \text{Pre}(pt) + \text{Post}(pt)$$

on note plus simplement :

$$M(t) > M'$$

$$\text{ou bien, } M' = M - \text{Pre}(\cdot, t) + \text{Post}(\cdot, t)$$

$$\text{Pre} = \begin{matrix} & a & b & c & d \\ \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$\text{Post} = \begin{matrix} & a & b & c & d \\ \begin{matrix} p1 \\ p2 \\ p3 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

L'exécution de a à partir de M conduit au marquage M' suivant :

$$\begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 0 \end{matrix} = \begin{matrix} M \\ \\ \end{matrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{matrix} \text{Pre}(t) \\ \\ \end{matrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{matrix} \text{Post}(t) \\ \\ \end{matrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Conflit et parallélisme

Conflit structurel : Deux transitions t_1 et t_2 sont en conflit structurel si et seulement si elles ont au moins une place d'entrée en commun:

$$\exists p \in P, \text{Pre}(p, t_1) \bullet \text{Pre}(p, t_2) \neq 0$$

Conflit effectif : elles sont en conflit pour un marquage M ssi t_1 et t_2 sont en conflit structurel et que :

$$M \geq \text{Pre}(\cdot, t_1)$$

$$M \geq \text{Pre}(\cdot, t_2)$$

$$\mathbf{Pre} = \begin{array}{cccc} a & b & c & d \\ \left(\begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right) & \begin{array}{l} p1 \\ p2 \\ p3 \end{array} \end{array}$$

$$\mathbf{Post} = \begin{array}{cccc} a & b & c & d \\ \left(\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right) & \begin{array}{l} p1 \\ p2 \\ p3 \end{array} \end{array}$$

$$\mathbf{M} = \begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} 0 \\ 3 \\ 0 \end{array} \right) \end{array}$$

Exercice : Que peut-on dire de a et c ? De b et d ?

Conflit et parallélisme

Parallélisme structurel : Deux transitions $t1$ et $t2$ sont parallèles structurellement si :

$$(\mathbf{Pre}(\cdot t1))^T \bullet \mathbf{Pre}(t2) = 0$$

Elles n'ont donc aucune place d'entrée commune (le produit scalaire de leurs vecteurs \mathbf{Pre} est nul).

Parallélisme effectif : deux transitions $t1$ et $t2$ sont parallèles pour un marquage donné M ssi elles sont parallèles structurellement et :

$$M \geq \mathbf{Pre}(\cdot t1)$$

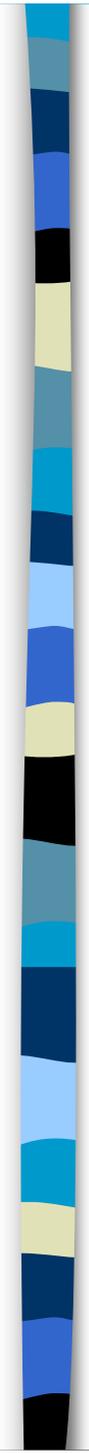
$$M \geq \mathbf{Pre}(\cdot t2)$$

$$\mathbf{Pre} = \begin{matrix} & a & b & c & d \\ \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} & p1 \\ & & & & p2 \\ & & & & p3 \end{matrix}$$

$$\mathbf{Post} = \begin{matrix} & a & b & c & d \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} & p1 \\ & & & & p2 \\ & & & & p3 \end{matrix}$$

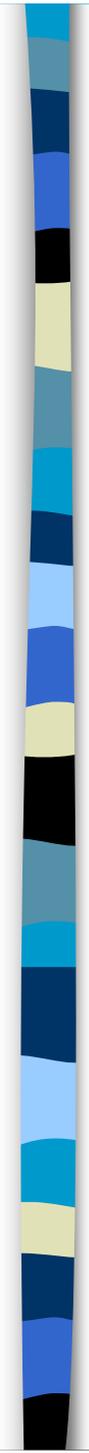
Exercice : Que peut-on dire de a et c ? De b et d ?

Que se passe-t-il pour b et d si le marquage devient $M' = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$



Analyse de propriétés

- Efficacité, utilité, fiabilité sont vitales.
- Trois types d'analyse :
 - **validation** : tester que le workflow se comporte comme convenu ;
 - **vérification** : établir la fiabilité ;
 - **performance** : temps de réponse, qualité des services, l'utilisation des ressources ;



Propriétés vérifiables avec les RP

- **Terminaison finie** : est-ce que tout processus se termine ?
- **Réseau borné** : le nombre de configurations possible du système est-il fini ?
- **Accessibilité** : existe-il une évolution du système conduisant à une configuration donnée (souhaitée, non souhaitée).
- **Vivacité** : une action donnée est-elle toujours possible? (pas de partie morte, pas de blocage dû à la structure du réseau)
- **Quasi-vivacité** : existe-t-il une configuration du système permettant l'exécution d'une action donnée ?

Découverte de Processus

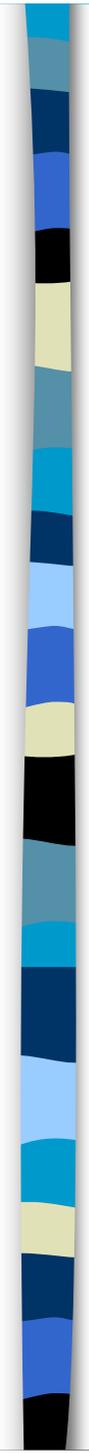


C. Hanachi

(inspiré de transparents fournis
généreusement par

Wil Van Der Aalst

Eindhoven University of Technology).



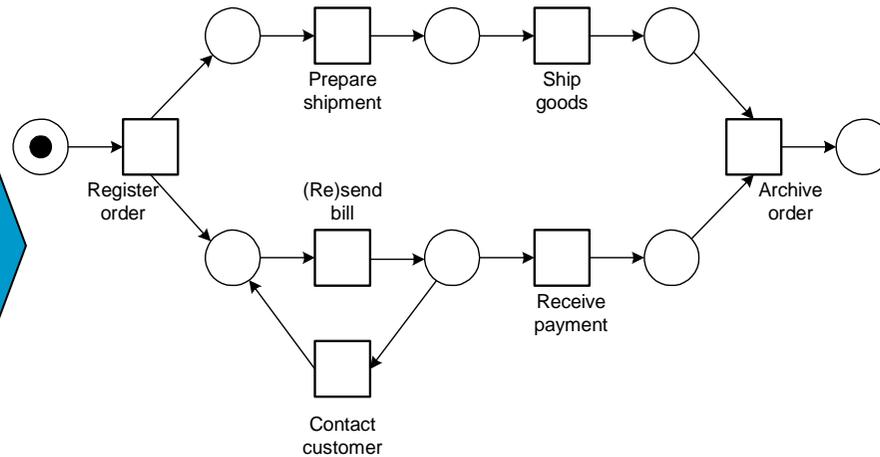
Présentation Générale

- Techniques de découvertes généralisables au Groupware.
- Découverte de Processus, Réseaux Sociaux et structures organisationnelles.
- Découverte de Processus
 - Algorithme alpha
- Un logiciel ProM
 - Convertisseurs (e-mail, Staffware, InConcert, SAP, etc.)
 - Process mining plug-ins
 - Analysis plug-ins
 - Conformance testing plug-in
 - Social network plug-in

Motivation

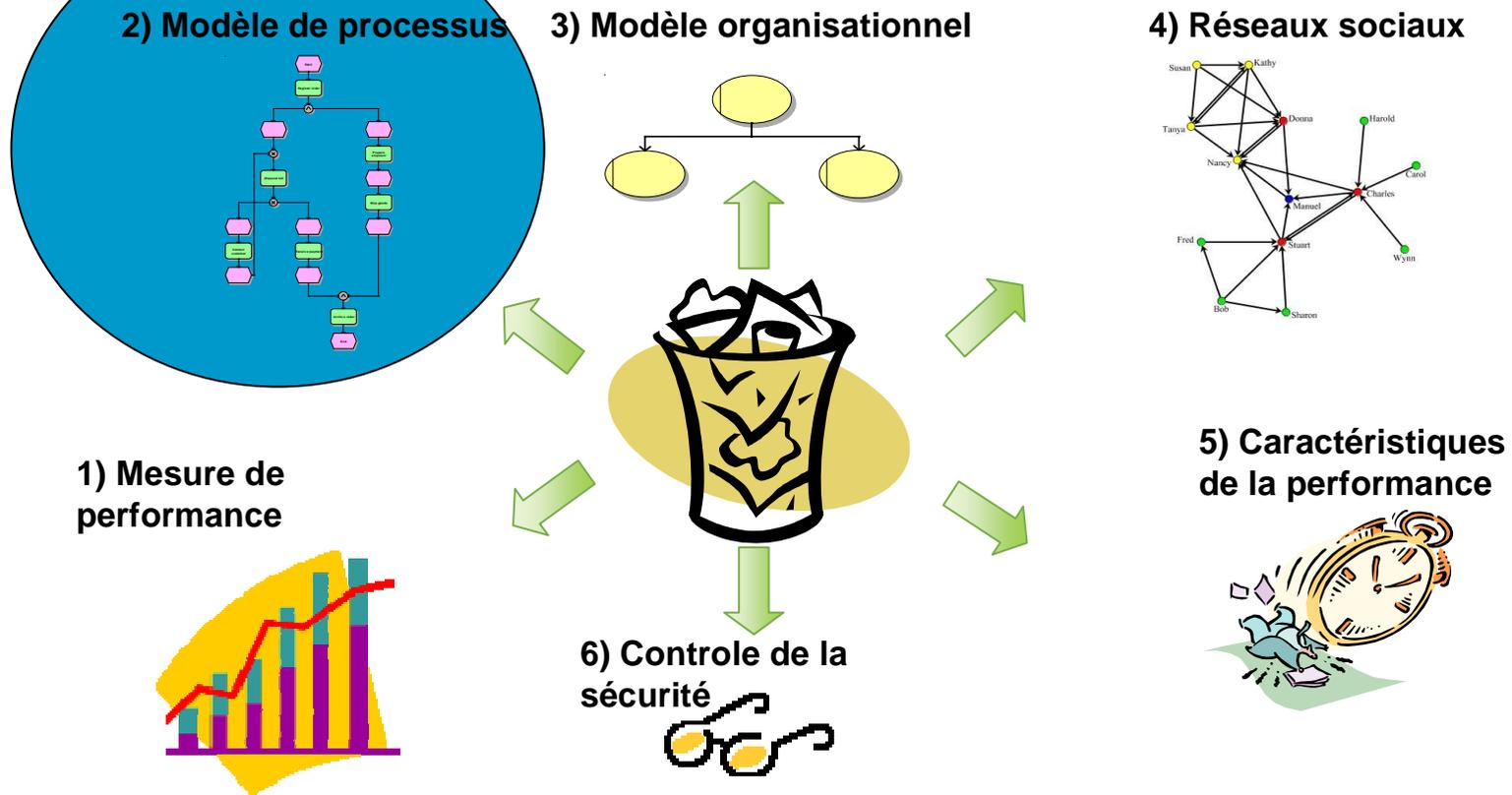


process
mining



- Process mining pour :
 - Découverte de processus (Quel est le processus?)
 - Analyse “Delta” (Se passe-t-il ce qui a été prévu ?)
 - Analyse des performances (Comment peut on améliorer ?)

Les différents aspects de la découverte de processus ...



Algorithme

α

Fichier log d'un processus

- Information minimale dans les fichiers log: case id et task id.
- Information additionnelle : type d'événement, date, ressources, et données.
- Dans ce log il y a trois séquences:
 - ABCD
 - ACBD
 - EF

```
case 1 : task A
case 2 : task A
case 3 : task A
case 3 : task B
case 1 : task B
case 1 : task C
case 2 : task C
case 4 : task A
case 2 : task B
case 2 : task D
case 5 : task E
case 4 : task C
case 1 : task D
case 3 : task C
case 3 : task D
case 4 : task B
case 5 : task F
case 4 : task D
```

Relations $>$, \rightarrow , \parallel , $\#$

- **Direct succession:**
 $x > y$ iff for some case x is directly followed by y .
- **Causality:** $x \rightarrow y$ iff $x > y$ and not $y > x$.
- **Parallel:** $x \parallel y$ iff $x > y$ and $y > x$
- **Choice:** $x \# y$ iff not $x > y$ and not $y > x$.

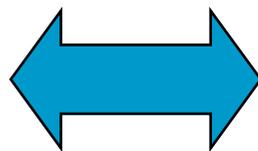
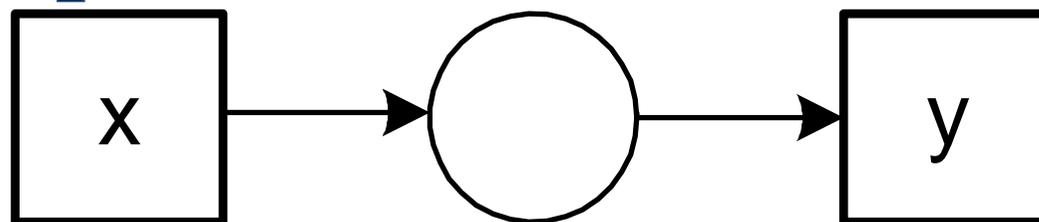
```
case 1 : task A
case 2 : task A
case 3 : task A
case 3 : task B
case 1 : task B
case 1 : task C
case 2 : task C
case 4 : task A
case 2 : task B
case 2 : task D
case 5 : task E
case 4 : task C
case 1 : task D
case 3 : task C
case 3 : task D
case 4 : task B
case 5 : task F
case 4 : task D
```

```
A > B
A > C
B > C
B > D
C > B
C > D
E > F
```

```
B || C
C || B
```

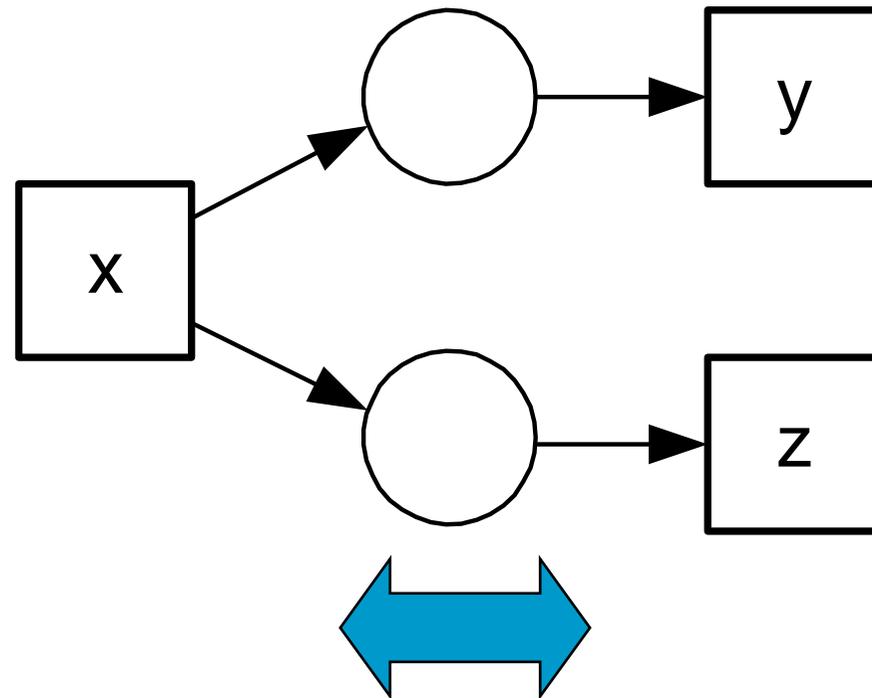
```
A → B
A → C
B → D
C → D
E → F
```

Principes (1)



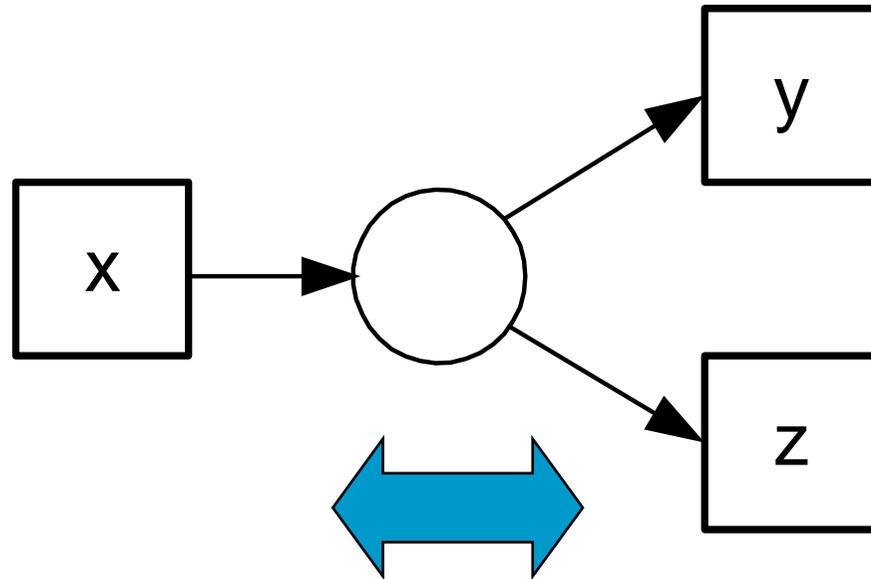
$$x \rightarrow y$$

Principes (2)



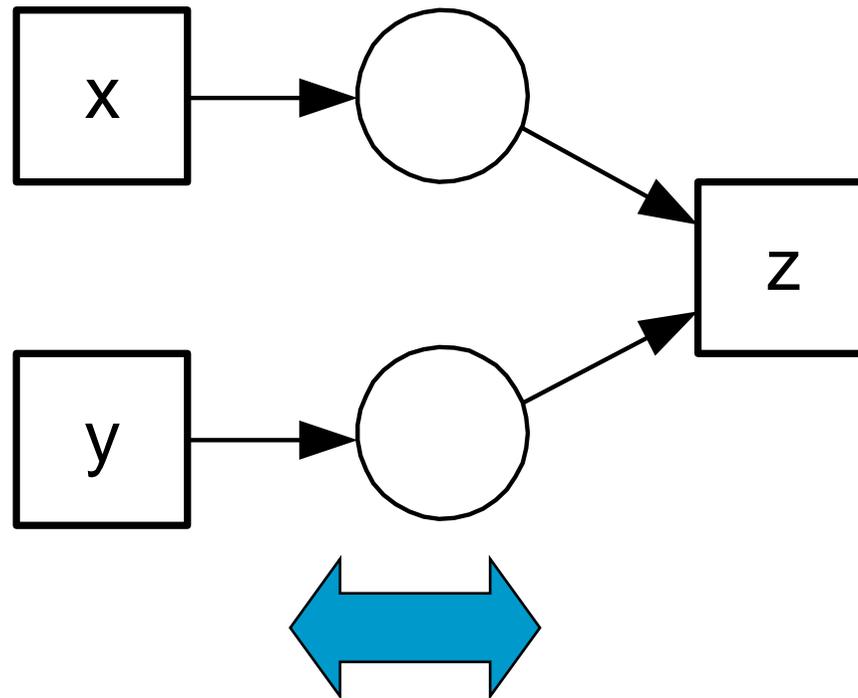
$x \rightarrow y$, $x \rightarrow z$, and $y \parallel z$

Principes (3)



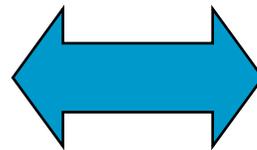
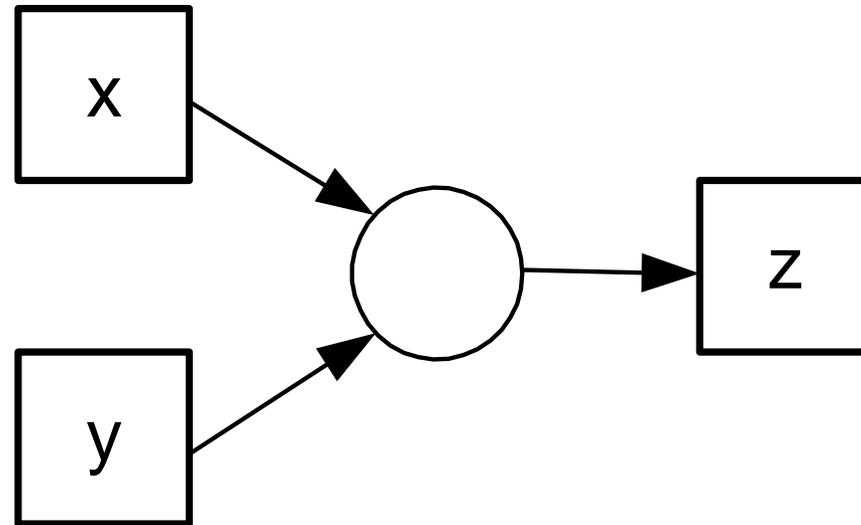
$x \rightarrow y$, $x \rightarrow z$, and $y \# z$

Principes (4)



$x \rightarrow z$, $y \rightarrow z$, and $x \perp\!\!\!\perp y$

Principes (5)



$x \rightarrow z$, $y \rightarrow z$, and $x \# y$

Algorithme alpha

Soit W un workflow log sur T (ensemble des tâches). $\alpha(W)$ se construit selon l'algorithme suivant

1. $T_W = \{ t \in T \mid \exists_{\sigma \in W} t \in \sigma \},$

2. $T_I = \{ t \in T \mid \exists_{\sigma \in W} t = \text{first}(\sigma) \},$

3. $T_O = \{ t \in T \mid \exists_{\sigma \in W} t = \text{last}(\sigma) \},$

4. $X_W = \{ (A, B) \mid A \subseteq T_W \wedge B \subseteq T_W \wedge \forall_{a \in A} \forall_{b \in B} a \rightarrow_W b \wedge \forall_{a_1, a_2 \in A} a_1 \#_W a_2 \wedge \forall_{b_1, b_2 \in B} b_1 \#_W b_2 \},$

5. $Y_W = \{ (A, B) \in X \mid \forall_{(A', B') \in X} A \subseteq A' \wedge B \subseteq B' \Rightarrow (A, B) = (A', B') \},$

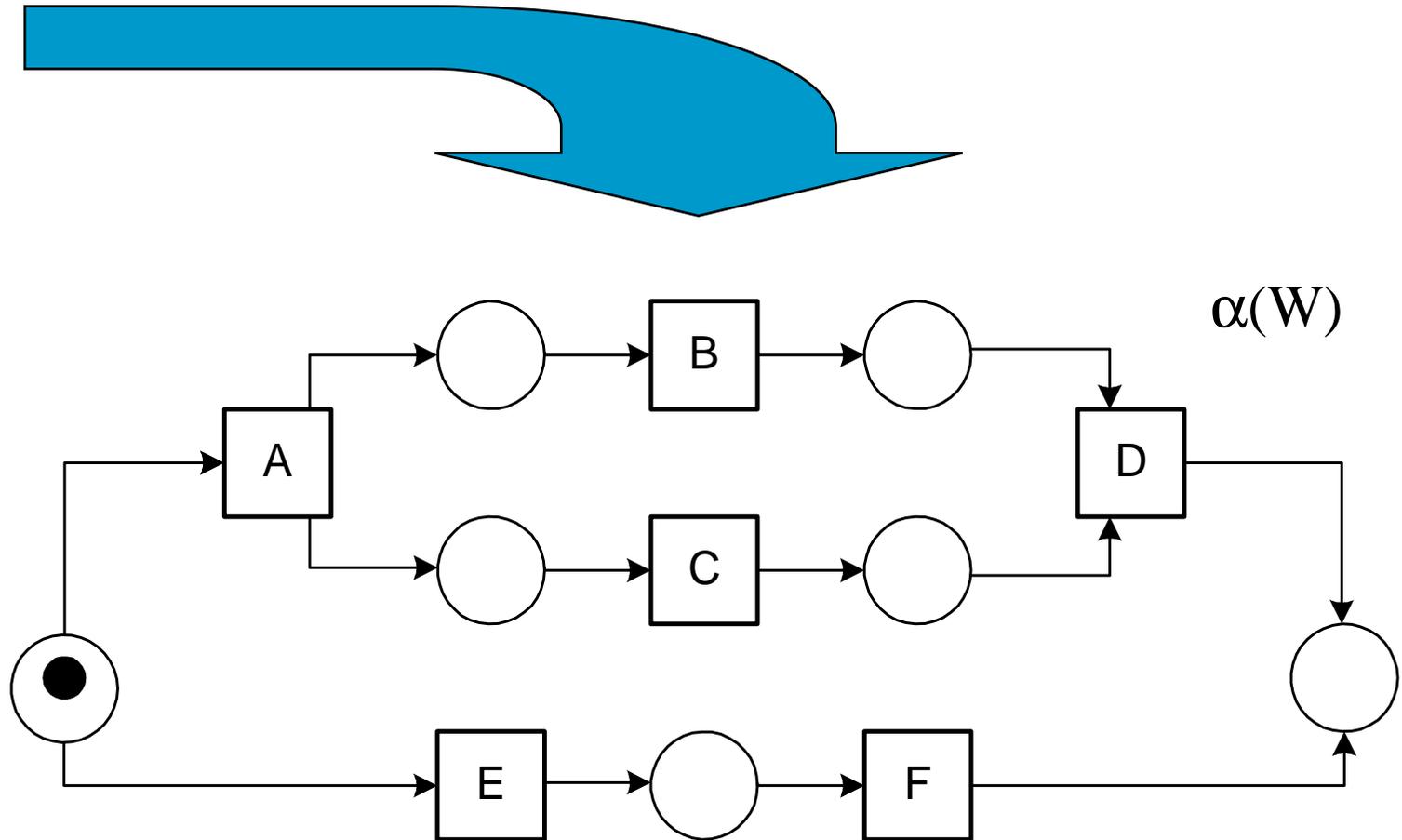
6. $P_W = \{ p_{(A, B)} \mid (A, B) \in Y_W \} \cup \{ i_W, o_W \},$

7. $F_W = \{ (a, p_{(A, B)}) \mid (A, B) \in Y_W \wedge a \in A \} \cup \{ (p_{(A, B)}, b) \mid (A, B) \in Y_W \wedge b \in B \} \cup \{ (i_W, t) \mid t \in T_I \} \cup \{ (t, o_W) \mid t \in T_O \},$ and

8. $\alpha(W) = (P_W, T_W, F_W).$

Exemple

case 1 : task A
case 2 : task A
case 3 : task A
case 3 : task B
case 1 : task B
case 1 : task C
case 2 : task C
case 4 : task A
case 2 : task B
case 2 : task D
case 5 : task E
case 4 : task C
case 1 : task D
case 3 : task C
case 3 : task D
case 4 : task B
case 5 : task F
case 4 : task D



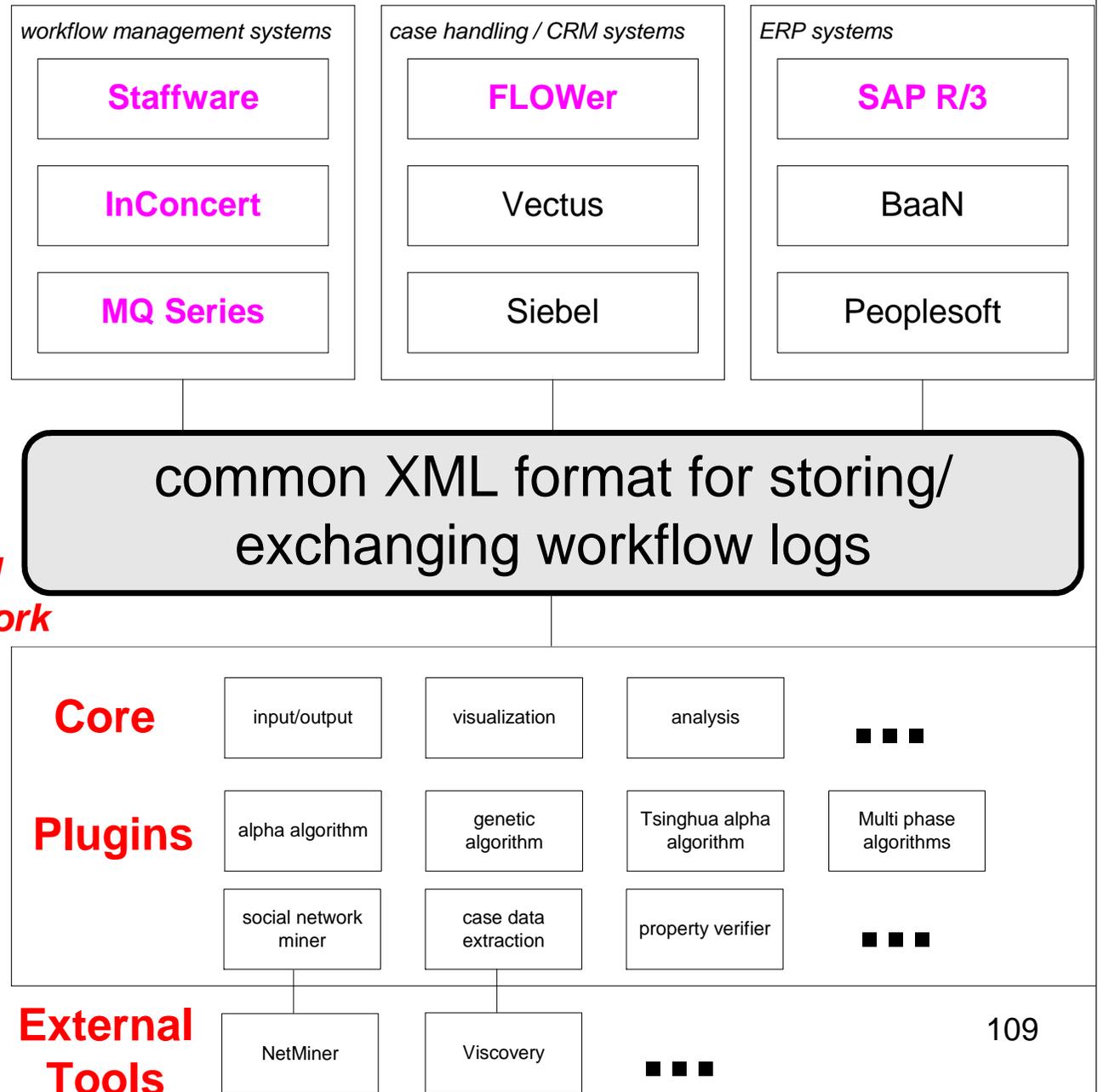
ProM framework

<http://is.tm.tue.nl/research/processmining/tools.htm>

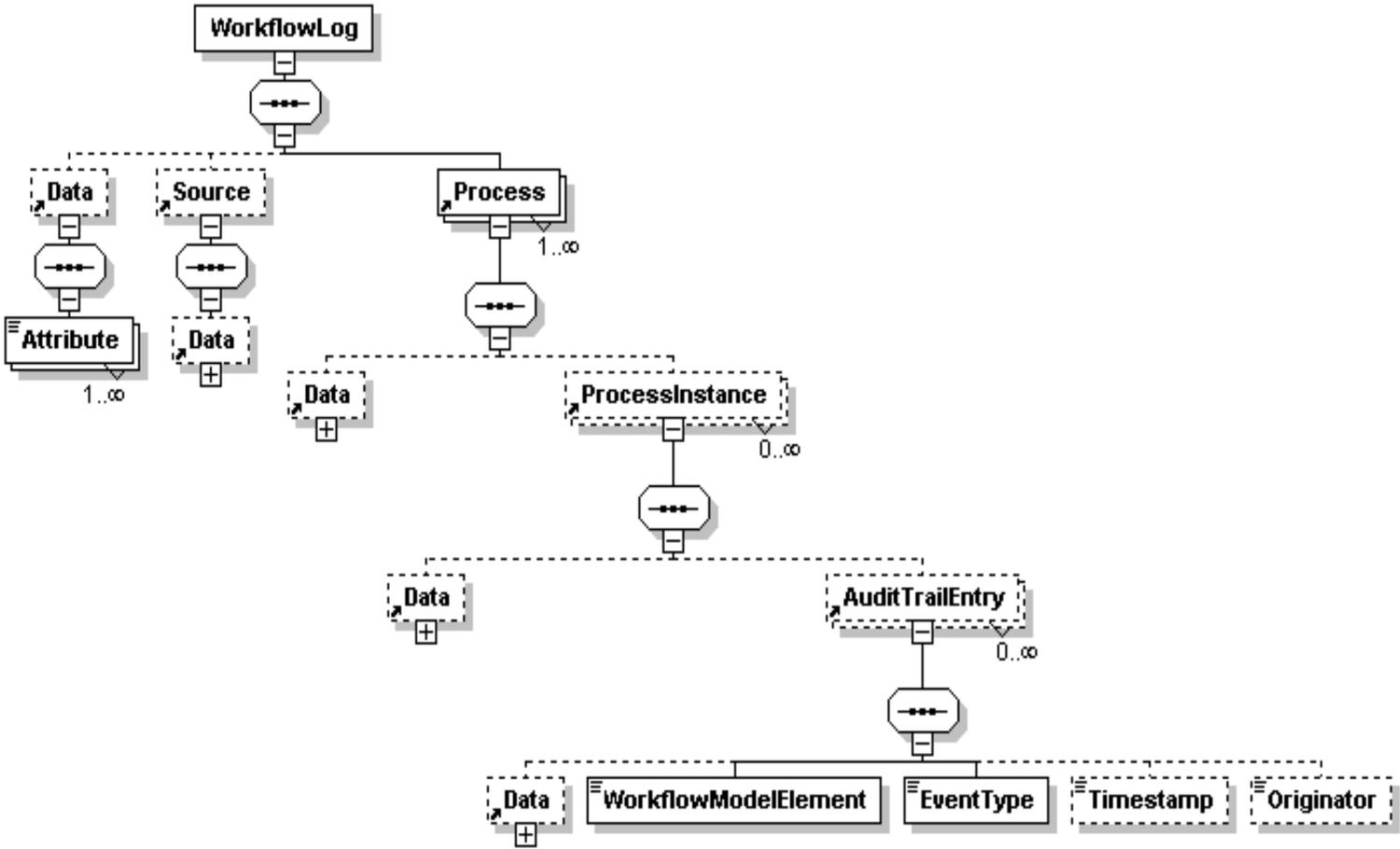
The screenshot displays the ProM framework interface. The main window is titled "The ProM-framework" and contains several panels:

- Results - test_WVL.xml - Genetic algorithm plugin:** A list of 14 individuals with their fitness values. Individual 0 has a fitness of 1.0, while others range from 0.95 to 0.7333333333333333. An "Update graph" button is located below the list.
- Population size:** A dropdown menu set to 500.
- Filters:** Two checkboxes, "Apply FSM log filter" and "Apply time parallelism filter", both of which are unchecked.
- ithm plugin:** A large area displaying a process flow diagram. The diagram consists of four parallel paths (A, B, C, D) that converge. Each path starts with a "start" event followed by a task (A, B, C, or D) and ends with a "complete" event. The tasks are connected by arrows, and the paths are joined at the end.
- Event types:** A list on the left side of the diagram showing "start", "complete", and "start".
- Edit log relations:** A button at the bottom of the diagram area.
- Log viewer:** A panel at the bottom of the window showing the text: "Process mining finished.", "Start process mining...", and "Process mining finished." Below this are tabs for "Normal", "Warning", "Error", and "Debug".

ProM



XML format



ERROR: invalidrestore
OFFENDING COMMAND: restore

STACK:

- savelevel -
- savelevel -