

Modélisation des processus

Daniela Grigori

Axel Richier

The Ford Case Study (Hammer 1990)	3
Autres catalyseurs de l'apparition des systèmes de workflows	3
Evolution et utilisation des workflows	4
Procédé (Business Process)	4
4 étapes du cycle de vie d'un processus métier	6
Dimension des procédés	7
Procédé	10
Un activité	10
Activité et flot de contrôle	10
Modélisation du flot de contrôle	10
Rôle	10
Critères de Comparaison entre Logiciels de Workflow	11

Plan

Introduction

Motivation et historique Définitions et concepts de base

Système de gestion de workflow

Produits

Groupware et workflow

Avantages des systèmes de workflow

Conclusion

Modélisation des processus avec des réseaux de Petri

Business Process Modelling Notation BPMN

TPs : modélisation et implémentation d'un processus.

Objectifs du cours :

comprendre la place des Business Process Management dans un SI d'aujourd'hui

Connaitre les principaux concepts

Connaitre les bases de mise en oeuvre

Apprendre à modéliser et à mettre ne oeuvre une appui de workflow

Introduction

On appelle "**WorkFlow**" (traduisez littéralement "flux de travail") la modélisation et la gestion informatique de l'ensemble des tâches à accomplir et des différents acteurs impliqués dans la réalisation d'un **processus métier** (aussi appelé *processus opérationnel*). Le terme de Workflow pourrait donc être traduit en français par *Gestion électronique des processus métier*.

Un processus métier représente les interactions sous forme d'échange d'informations entre divers acteurs tels que :

- des humains,
- des applications ou services,
- des processus tiers.

De façon pratique, un WorkFlow peut décrire :

- le circuit de validation,
- les tâches à accomplir entre les différents acteurs d'un processus,
- les délais à respecter,
- les modes de validation

Il fournit en outre, à chacun des acteurs, les informations nécessaires pour la réalisation de sa tâche. Exemple de processus : la planification d'un rendez vous pour une soutenance de thèse. Ensemble d'activité au sein d'une entreprise. Différents agents (qui peuvent être automatiques) impliqués, différents rôles, qui jouent des rôles prédéfinis qui agissent dans un même but final.

Pourquoi modéliser un processus

Dans une entreprise, un processus métier s'exécute (de manière automatisée ou non). Si on veut automatiser ce processus, il faut modéliser le processus. Ce modèle permet d'automatiser le processus métier à l'aide d'un outil informatique. La modélisation permet une meilleure compréhension du système. On peut analyser et vérifier un processus (optimisation, parallélisme etc..), la modélisation sert aussi de support de développement (spécification)

Diagramme de données VS diagramme de processus

Diagramme de données = diagramme de classes UML

Modèle de processus = Réseaux de Petri

The Ford Case Study (Hammer 1990)

À son époque, Ford a revu le processus d'approvisionnement pour qu'il devienne : moins cher, plus rapide etc... Après étude, il en conclut que l'automatisation améliorerait de 20%. Mais finalement le processus ne fut pas automatisé..

Résultat : 75% de réduction du temps d'exécution (head count), simplification du contrôle de matériel et les info bancaires étaient plus précises. L'achat était plus rapide et moins de retards de paiement

Autres catalyseurs de l'apparition des systèmes de workflows

B2B Commerce électroniques

Entreprises Virtuelles (sans existence juridique et qui collaborent pour une période donnée)

Le développement à base de composants permet l'intégration facile des applications nouvelles et existantes via WFMS

Environnement hardware et software hétérogènes.

Evolution et utilisation des workflows

Traitement des images : Il s'agit des entreprises reposant sur le concept 0 papiers, souhaitant numériser tous les documents dans l'entreprise.

Gestion des documents.

Messagerie électronique : certains outils définissent des circuits pour l'envoi d'un message

Groupware : permettre à un groupe de personnes de travailler ensemble depuis des lieux différents

Applications basées sur les transactions

Gestion des projets

Business Process R BPR

Procédé (Business Process)

Procédure dans une organisation

Une séquence d'activités réalisées par plusieurs personnes, le résultat est

Workflow : automatisation complète ou partielle des procédés durant lesquels des informations sont passées et des tâches sont affectées par un participant à un autre en accord avec les procédures de l'entreprise. Seule la personne qui s'est vue confiée une tâche peut l'effectuer.

On appelle workflow les aspects opérationnels d'un procédé : la séquence des tâches et aussi celui qui la réalise. Sont pris en compte le flot de données qui supporte ces tâches et les mécanismes qui permettent de mesurer/suivre/contrôler ces tâches.

Objectif : séparer la description de la logique métiers de la mise en œuvre des applications dans les programmes.

L'apparition de base de données a permis de séparer le traitement des données de leur stockage sur le disque de manière à ce que si on change le SGBD, l'application ne sera pas affectée tant que le standard SQL est respecté. Ensuite, les interfaces utilisateurs sont apparues et ont séparé l'UI. Les workflows sont apparus et ont séparé les processus métiers. Si on change une application, la logique métier reste la même.

Les procédés deviennent plus importants dans les entreprises (réingénierie pour optimiser la rentabilité de l'entreprise): BPR

Nécessité de changement fréquent (législation et problèmes techniques)

L'idée de base est de séparer les processus des ressources et des applications. Focus sur la logistique du processus métier et non sur le contenu des tâches individuelles.

4 étapes du cycle de vie d'un processus métier

1) DESIGN

Modélisation du processus avec différentes techniques (Petri, UML, BPMN, BPEL). Workflows Patterns et anti-patterns (erreurs les plus fréquentes). Conception initiale puis reconvention en fonction des diagnostiques de l'exécution ou des évolutions de l'application.

2) IMPLÉMENTATION

Pour chaque activité comment elle doit être exécuté, par quel programme? À quel rôle et à quelles personnes sont elles rattachées. Déployer un modèle dans un contexte organisationnel et informationnel

3) EXÉCUTION

Le processus est modélisé mais des situations peuvent être imprévues et nécessitent la modification dynamique (on ne peut pas modifier un workflow directement). Les modifications dynamiques posent des problèmes concernant par exemple le fait d'appliquer la correction à l'ensemble des instances ou non.

La gestion des exceptions : une fois un workflow lancé, on ne peut plus changer son modèle. Comme il y a beaucoup de cas particuliers, il faut gérer les exceptions. Mise en oeuvre incluant l'historisation à des fins d'analyse et de diagnostique

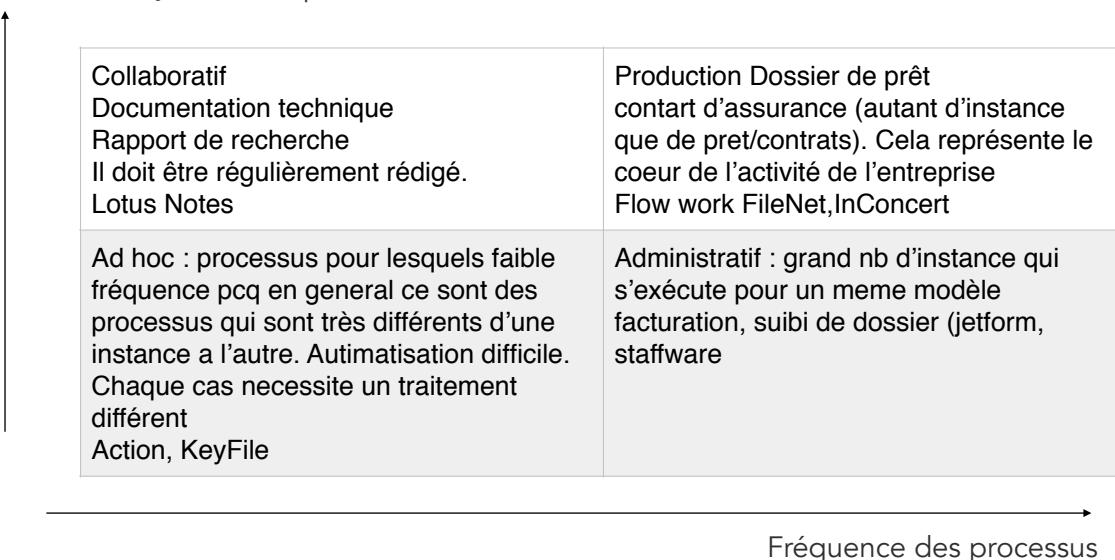
4) ÉVALUATION

Toutes les données sont stockées dans une BDD/Historique et on peut y accéder (temps d'exécution, nombre d'erreurs, nombre de personnes impliquées...) et à partir de là on peut tenter d'améliorer le processus initial. Face à la quantité importante de données pouvant ressortir du workflow, on utilise des techniques de *data mining* pour trouver des informations intéressantes. On parle aussi de Process Mining, Business Process Intelligence ou d'études critiques des cas terminés.

Exemples d'applications

- Contrats d'assurance
- Gestion de demande de prêts dans une banque
- Administration système (automatisation de scripts)
- Remboursement des assurances santé
- Gestion des factures
- approbation des frais de déplacements
- création d'une documentation technique
- Ingénierie concurrent
- Mise en place de services de télécommunication
- Gestion du cycle de vie des produits.

Valeur ajoutée des processus



Dimension des procédés

Dimension logique : quelles activités sont exécutées, dans quel ordre.

Procédé

Une description de la séquence des étapes à réaliser pour accomplir un objectif.

Un procédé est constitué d'un ensemble d'activités et de données relevantes.

Activité

Une étape d'un procédé

A un nom, un type, une pré- et une post-condition, des contraintes temporelles (deadlines..)

Chaque activité a un conteneur d'entrée et un conteneur de sortie.

Flot de Contrôle

défini par les connecteurs de contrôle entre activités ordre dans lequel les activités doivent s'exécuter. Défini par les conditions de transitions attachées aux connecteurs de contrôle (représentée par des conditions sur les arcs par exemple)

Conteneur d'entrée

Liste de variable typées et de structures qui sont utilisées en entrée de l'activité invoquée

Conteneur de sortie

Liste de variable typées et de structures qui sont stockées/produites en sortie de l'activité invoquée

Dimension organisationnelle : Qui exécute, les roles, agents, fonctions

Modélisation de la structure organisationnelle

BD Organisationnelle internet ou accès à une BD externe, ou partage de la BD d'un autre outil

Une requêtes de personnel associées à chaque activité

Gestion des ressources :

Une ressource peut exécuter certaines activités pour certaines instances.

Une classification de ressources est basée en général sur

Rôle et Groupe

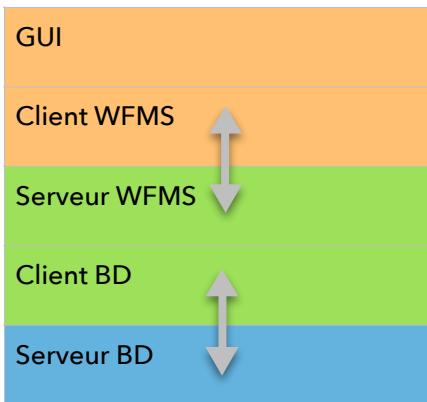
Dimension informationnelle : avec quoi? quel programmes? quelles ressources?

Les programmes qui implémentent les activités : nom du programme, propriétés spécifiques au système d'exploitation. L'implémentation du workflow peut faire appel à des APIs.

Système de Gestion de Workflow

Système qui définit, gère et exécute complètement par un logiciel dont l'exécution est dirigée par une représentation informatique de workflow.

Architecture à trois tiers



Modules d'un Système de Workflow

Module d'exécution (run-time system)

Interprète au moment de l'exécution le modèle du procédé

Le module principal - moteur workflow

Le rôle du moteur de workflow

Le BPM représente un ensemble d'outils et de moyens pour représenter la capacité à décrire, modéliser, automatiser, structurer, suivre, analyser, et informatiser les processus d'une entreprise. Son rôle est :

- Assigner aux acteurs des processus, des activités, selon les règles métier complexes définies par l'entreprise,
- Donner la garantie, la fiabilité et la sécurité des données,
- Permettre l'intégration avec les systèmes existants,
- Aider à l'ouverture d'interaction entre les experts métiers et les experts informatiques,
- Permettre la modélisation graphique des processus,
- Pouvoir modifier les processus en temps réels.

Le tout doit donner comme résultat :

- Un contrôle une surveillance accrue des processus de l'entreprise,
- Une évaluation de l'efficacité des processus facilitée,
- L'anticipation des blocages et des dysfonctionnements,
- Le retour direct des utilisateurs ou des acteurs du workflow pour optimiser et faire évoluer progressivement l'efficacité des processus de l'entreprise (l'un des premiers objectifs du BPM).

Le moteur de workflow est l'outil permettant de modéliser et d'automatiser les processus métiers de l'entreprise. Ce type d'outil permet ainsi de formaliser les règles métier de l'entreprise afin d'automatiser la prise de décision, c'est-à-dire la branche du workflow à choisir, en fonction du contexte donné. Il permet : la création et suppression des instances des procédés, la coordination des activités et l'interaction avec les participants humains (tâches manuelles) ou les applications (tâches automatiques). Le moteur navigue dans le graphe du modèle de workflow.

Workflow - Les concepts

Procédé

La partie automatisée de

Il peut être représenté par un diagramme état-transition

Un activité

Étape d'un procédé soit élémentaire (unité de travail exécuté par un participant), ou composée (implémentée par un procédé).

Activité et flot de contrôle

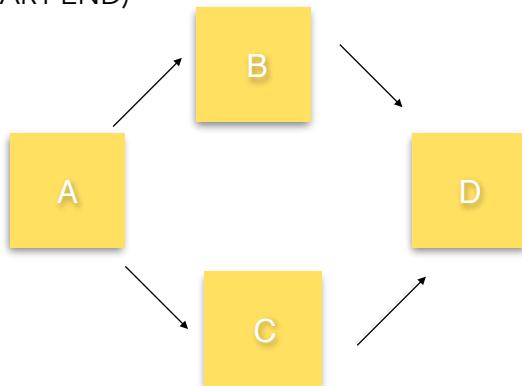
AND-Join, OR-Join, AND-Split, OR-Split

Modélisation du flot de contrôle

Basée sur les graphes, Réseaux de Petri, standardisée par la WFMC

Autres approches, règles actives, diagrammes états transitions

Ci-dessous, le processus B doit attendre la fin de l'exécution de A pour s'exécuter (relation de type START-END)



Rôle

Constitue la base pour le contrôle d'accès et le contrôle d'exécution

L'exécution des activités n'est pas associée à un utilisateur mais à un rôle => flexibilité gestion des exceptions (hiérarchies de notifications), distribution du travail

Role: associée à un acteur ou à un groupe d'acteurs.

Comment les utilisateurs interagissent avec le système de gestion de workflow.

Les users peuvent gérer leur tâches dans la liste de tâches, les mettre prioritaires, listes associées à un groupe etc...

Listes de travail

Mode Pull : utilisateur demande que les nouvelles tâches soient accessibles dans les listes de travail correspondantes.

Mode Push : Chaque nouvelle tâche est immédiatement transférée dans la liste de travail correspondante.

Audit....

Critères de Comparaison entre Logiciels de Workflow

Organisme WARIA définit une grille de comparaison

Efficacité du moteur d'exécution

nombre d'instances de procédés exécutés simultanément clusters de serveurs

Complexité des procédés

exprimer la complexité réelle des processus dans tous les détails

Programmation des activités

API, date-limite, événements

Affectation des tâches et représentation de l'organisation

droit d'accès, rôles

Opération et statistiques

Intégration des Applications de l'Entreprise (EAI)

Distribution

Coopération entre plusieurs moteurs de workflow

Support pour le web

Changements dynamiques

Possibilité de modifier un changement de workflow en cours d'exécution.

Définition des procédés

Présence d'une interface graphique

Définition des activités

Libraires des activités n générateurs de formulaires...

Fonctionnalités Avancées et Problèmes ouverts

Flexibilité, exceptions.

Les premiers Systèmes de Workflow étaient auparavant trop rigides, d'où leur faible succès dans les 70's.

Propriétés Transactionnelles

Résistance aux pannes

Mining des données de l'historique, Workflow inter-organisationnels, etc..

03/02/2014

Mais également, pour coordonner, contrôler et exécuter des procédures d'entreprise qui impliquent des tâches manuelles et automatiques distribuées dans une ou plusieurs entreprises dans un environnement hétérogène.

Certains produits mettent l'accent sur un aspect particulier des technologies workflows, principalement pour réduire le travail sur documents papier ou pour la coordination des activités des participants : gestion de documents, systèmes basés sur la circulation des formulaires par emails...

Avantages pour les clients

informations sur l'art du processus en temps réel. Le système offre une interface au client pour se connecter et le client en sait à quel état est sa demande. Le temps de réponse est plus petit car le processus est automatisé. Il y a une garantie d'une qualité de service, le processus exécutant comme défini par l'entreprise elle même. On enregistre toutes les infos produites pendant l'exécution du processus et on a donc un contrôle sur la qualité du processus. La disponibilité de l'agent est permanente pour savoir où en est le traitement d'une demande.

Avantages entreprise :

Mesures de performances et de coup : toutes les infos sont dans un historique et permet d'avoir des statistiques (temps d'exécution, cout...). On peut alors avoir une estimation du coût total du processus. Le contrôle de la qualité est facilité. On connaît le nombre d'exceptions, d'instances abandonnées, quelles erreurs.... tout étant stocké. Le contrôle d'accès et de confidentialité est possible. Seuls les agents avec login peuvent se connecter au workflow. Pour chaque activité, seul les agents ayant le rôle défini peuvent exécuter la demande/requête. Adhésion aux procédures d'entreprise. Workflow permet de former rapidement des acteurs nouveaux ou temporaires.

Avantages pour les employés

Ainsi, les employés ont une vue claire de leurs tâches, l'information nécessaire leur est accessible facilement. Pour chaque tâche, il a le modèle d'exécution et peut comprendre le processus dans sa globalité, quelles sont les tâches suivantes ou précédentes. Il possède les infos dans un contexte et a un accès automatique aux outils. Une tâche peut être attachée à d'autres programmes qui doivent être invoqués automatiquement par le système de workflow.

Avantages pour les managers

Quant aux managers/superviseurs, ils ont accès en temps réel aux informations pour pouvoir prendre des décisions et améliorer les procédés, résoudre les problèmes via une interface. Celle-ci affiche l'ensemble des résultats et permet de prendre des décisions le plus rapidement et le plus précisément possible. Sans système de workflow, il est nécessaire de demander l'information, auprès des personnes concernées, ce qui est plus laborieux et plus lent.

Modélisation des procédés et des workflows

Une approche basée sur les réseaux de Petri

Les réseaux de Petri permettent de vérifier de manière formelle les systèmes de workflow, leurs propriétés

On peut également utiliser une algèbre de processus, des diagrammes d'états-transitions en UML. UML ne permet cependant pas de représenter le parallélisme. Les chaînes de Markov peuvent aussi parfois être utilisées.

Les réseaux de Petri

Le réseau de Pétri a été inventé par Carl Adam Petri en 1962, et a donné lieu à plus de 10000 publications de recherche.

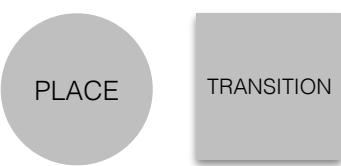
Graphe avec deux types de noeuds : place et transitions. L'état du réseau est donné par le déplacement des jetons dans le réseau. Place d'entrée et place de sortie.

Place d'Entrée : arc entrant vers une transition

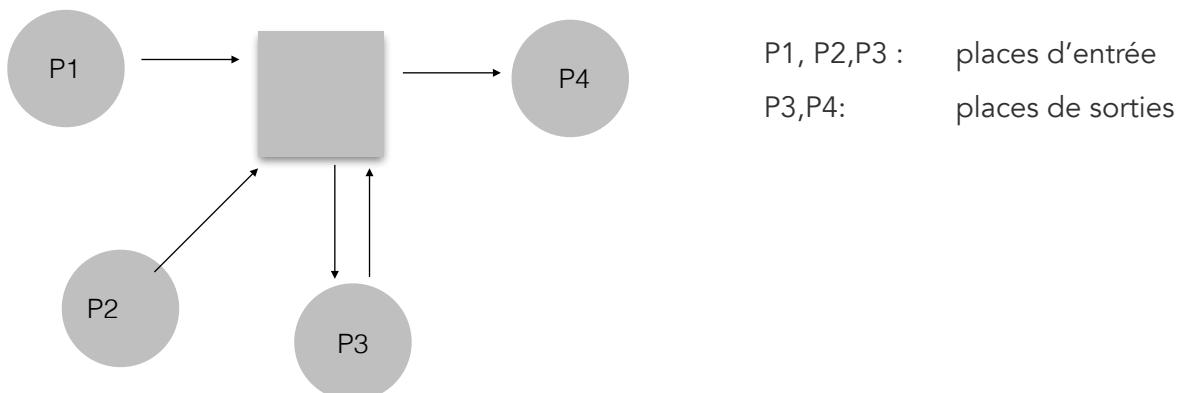
Place de Sortie : arc sortant d'une transition

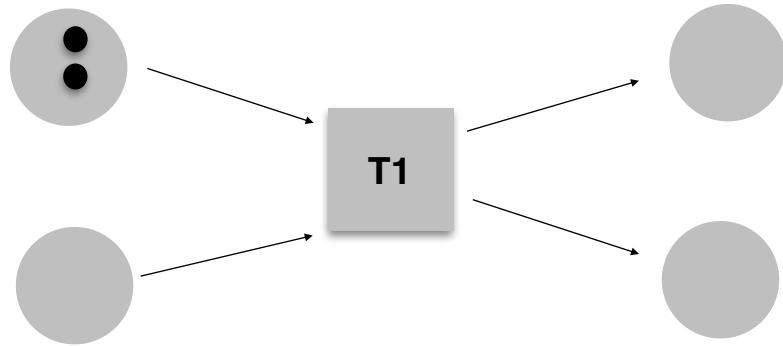
Une place peut être les deux en même temps.

Les composants actifs sont les transitions, les jetons sont des composants passifs. Une transition est active si elle a au moins un jeton dans chaque place d'entrée. Quand une transition est active, la transition peut être enclenchée et va prendre un jeton dans chaque entrée et en distribuer un par place de sortie. Le déclenchement est atomique.

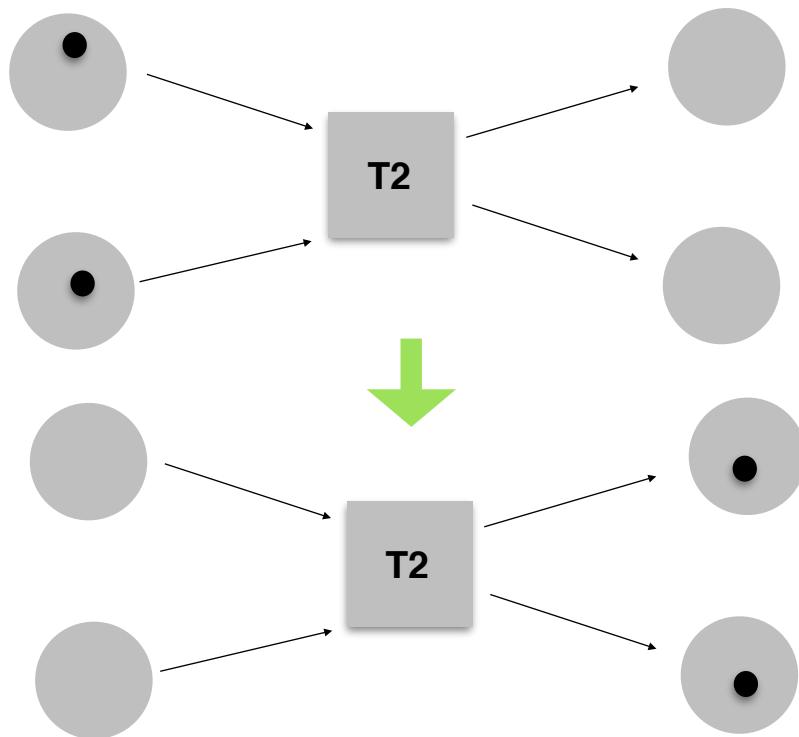


Soit le réseau :



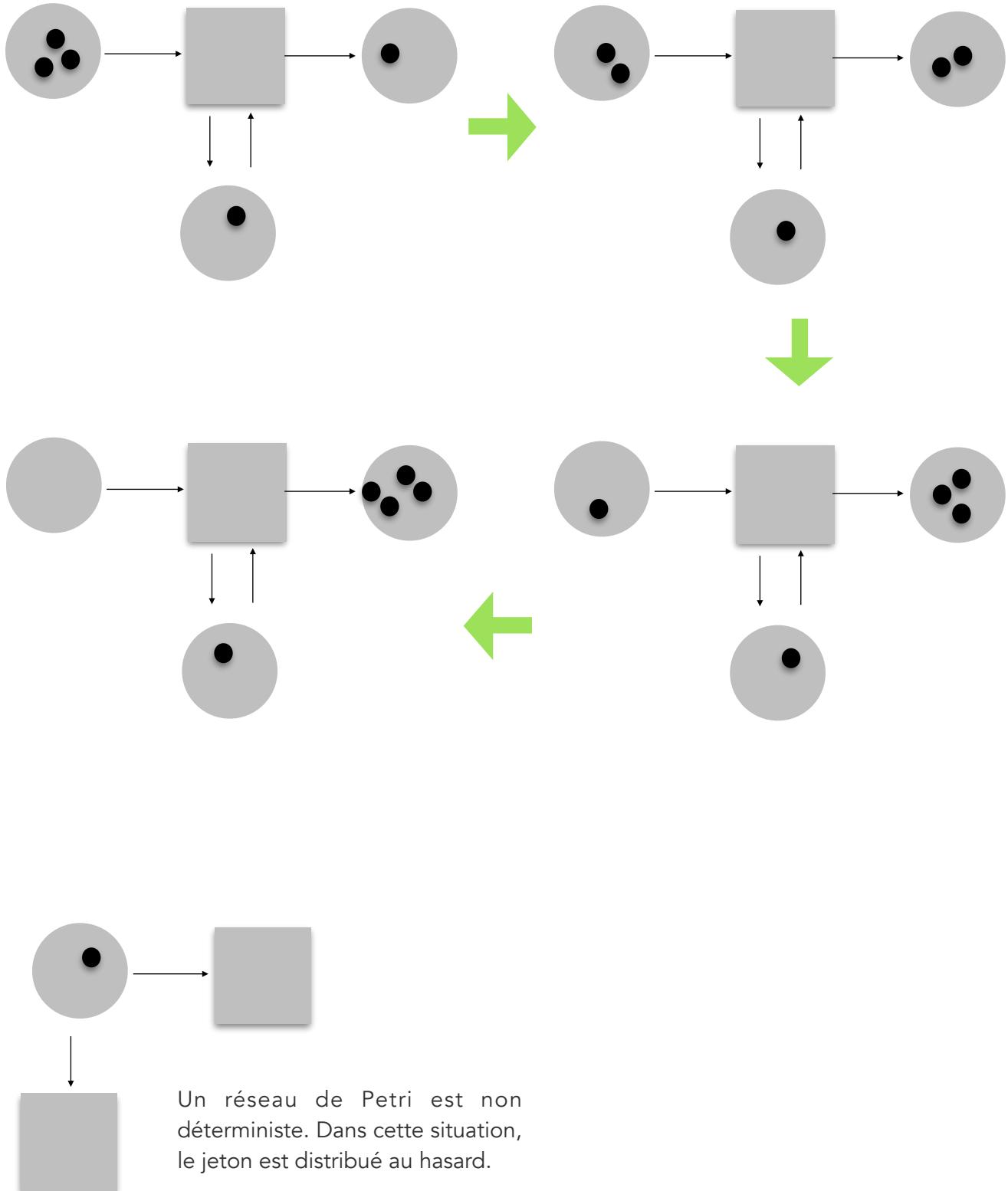


T1 n'est pas active car il manque un jeton dans l'une des places d'entrée.

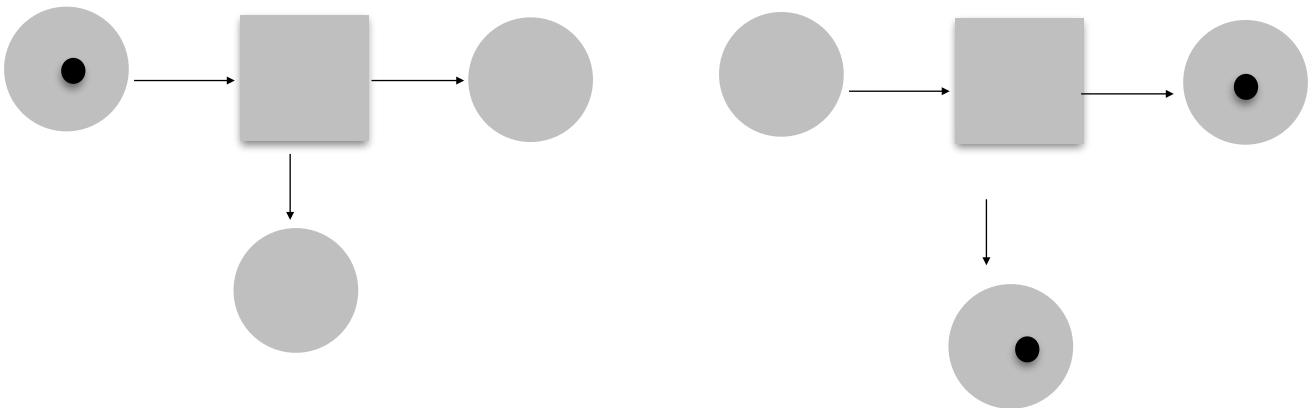


T2 est active, il y a bien un jeton dans chaque place d'entrée.

Exemple (cf feuille annexe)



Le nombre de jetons n'est pas conservé. Une transition prend tous les jetons dans les places d'entrée et distribue un jeton à chaque place de sortie.



Les réseaux de Petri sont non déterministes. EN cas de conflits, une transition est choisie au hasard parmi celles en conflits.

Modélisation

Les jetons représentent des humains, des biens, des machines, des information des conditions ou des états d'objets.

Les places représentent les buffers, chaînes, lieux géographiques, conditions ou états.

Les transitions représentent des événements des transformations ou des transports.

Exemple : Dutch Traffic Light (CF ANNEXE)

Définitions des états

- *État courant* : configuration des jetons sur les places.
- *État accessible* : état que l'on peut atteindre via un déclenchement de transition active.
- *État mort* : état où il n'y a aucune transition active.

Workflows avec des réseaux de Petri

Place = cas /condition

Transitions = tâches

Jetons = états

Analyse

Les réseaux de Petri permettent des analyses quantitatives ou qualitatives.

Qualitatives :

peut-il y avoir des états de deadlocks? Est-il possible de prendre en charge correctement un cas particulier? Tous les cas mènent-ils à une résolution? Peut-on exécuter deux tâches dans n'importe quel ordre? Sont-elles dépendantes?

Quantitatives?

Combien de cas à l'heure? Quel est le temps moyen de traitement? Combien de ressources sont mobilisées.

Un diagramme devient vite compliqué et peut mené à des erreurs logiques. Il est difficile de savoir si son workflow est correct ou non.

Invariant de place

La somme pondérée des jetons reste constante.

SOundness porperty

Le nombre de jetons généré est limité et tous sont éliminés à la fin de l'exécution

Workflow Patterns

<http://tmitwww.tm.tue.nl/research/patterns>

Analyse de van der Aalst, qui part de l'observation suivante: il existe beaucoup de système de gestion de workflow sur le marché et malgré l'effort de standardisation, les outils et les systèmes offrent une expressivité différente et permettent de modéliser plus ou moins de situations nécessaires pour une entreprise. Les modèles de workflow étudiés ont été classés par thème : les patterns. Ainsi, plus de 30 patterns ont été catalogués dont :

- Patterns de contrôle de base
- Patterns structurels
- Patterns impliquant plusieurs instances
- Patterns basé sur les états
- Patterns d'annulation.

Voici 5 patterns de base:

- Pattern 1 : Sequence
- Pattern 2 : Parallel Split
- Pattern 3 : Synchronisation
- Pattern 4 : Choix exclusif
- Pattern 5 : Simple Merge Jointure simple.

Exemple Pattern 5 :

Traces possibles BD / CD



Il existe aussi des patterns avancés comme la jointure synchronisée (cf annexe), ou des patterns structurels (Boucle, Terminaison implicite)

Patterns basés sur les états (milestone....)

BPMN

Première version en mai 2004. Accepté comme un standard OMD. 39 compagnies ont implémenté BPMN

Représente un ensemble de processus métier représentant le fonctionnement d'i, processus et ses objectifs.

Un **modèle de processus** est une représentation des processus d'une organisation. Un modèle peut être analysé et optimisé.

Le BPMN n'est pas un langage d'exécution.

Il est destiné à être «consommé» par le moteur de processus qui le rendra exécutable.

éléments de diagramme (flow, connectors, artifacts)

Une tache est atomique, on ne peut pas plus détailler le processus.

Bibliographie

<http://www.wfmc.org/> : Workflow Management Coalition

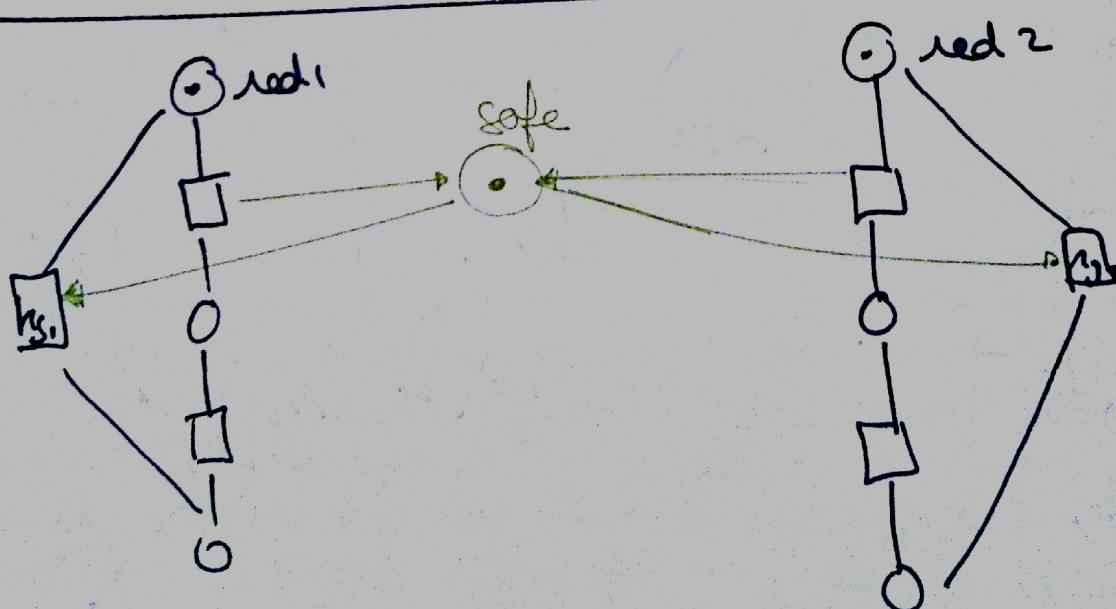
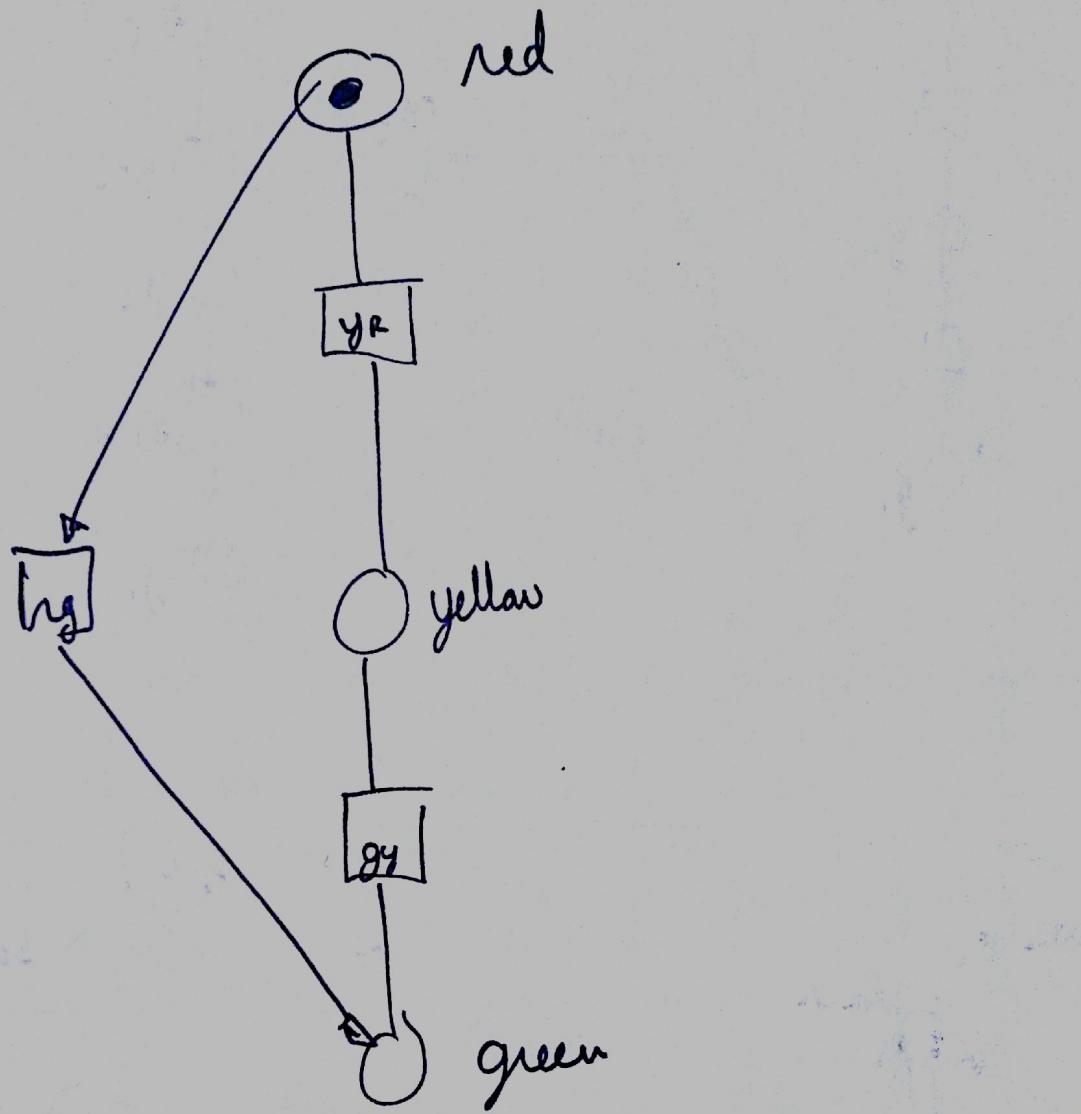
Organisation internationale non profit des vendeurs, utilisateurs et analystes du systèmes de workflow, qui définit des standards pour le modèle et l'architecture des systèmes de workflow (permet l'interopérabilité)

Les processus métiers : concepts modèles et systèmes. - C.Godart, O. Perrin, Lavoisier - 2009

Production Workflow : Concepts et techniques. -F. Leymann (IBM)

processus
03/02/14

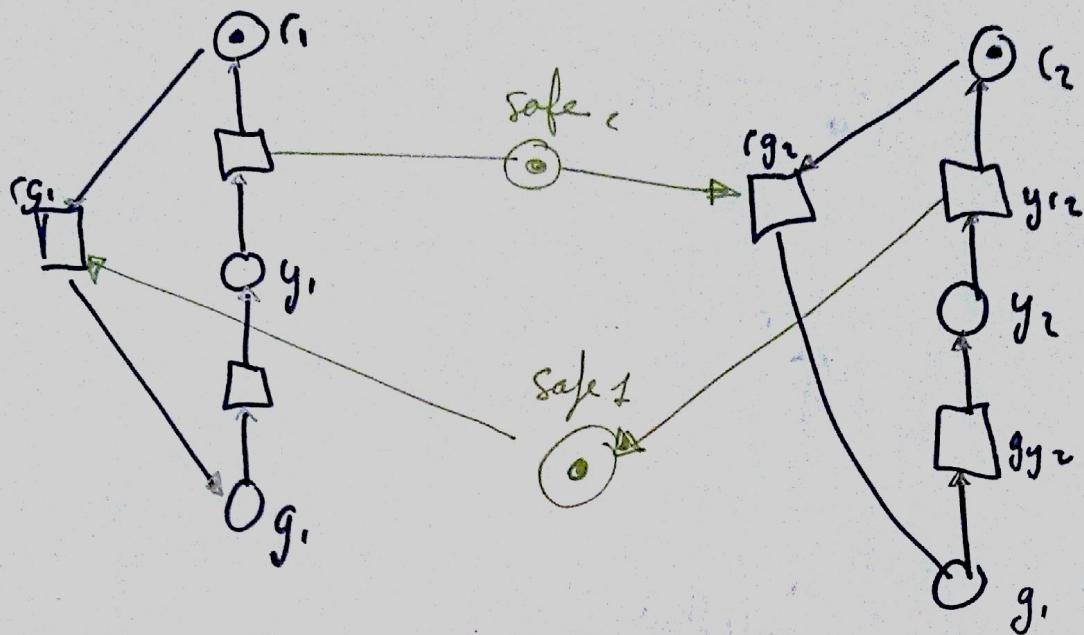
Dutch traffic light



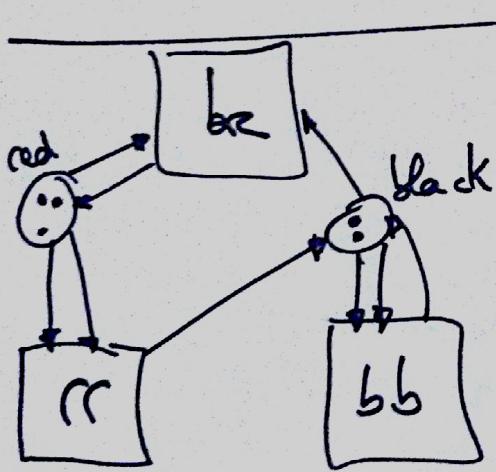
deux en même temps: synchrone?

- couplés tg₁/tg₂: seul 1 feu est vert à l'état suivant
on entre à 2 feux jaunes vert au même moment!

Pb... 1 feu peut rester α -int range.



→ garanti alternance et non simultanéité.

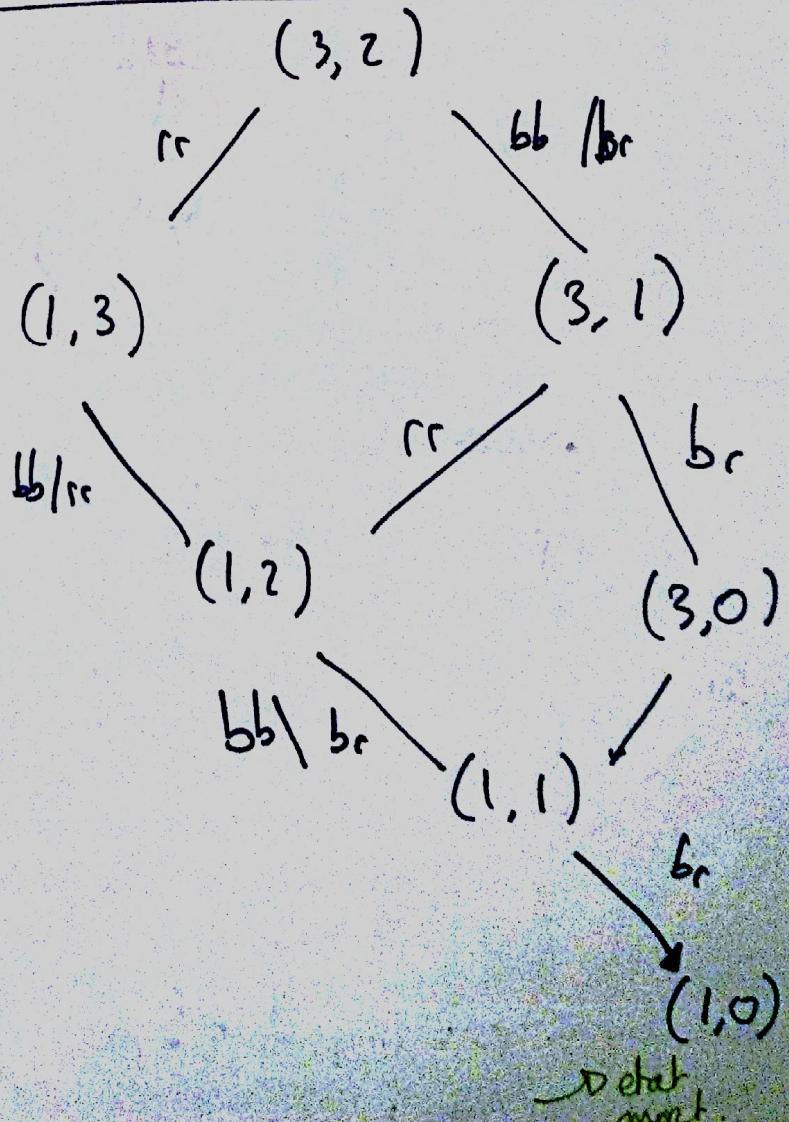


3 transitions actives!

7 états accessibles = #nœuds.

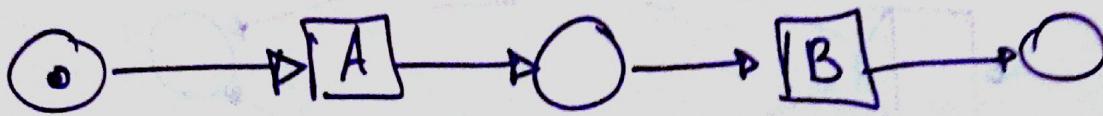
1 état mort. = #feuilles.

(#^{jeton}_{range}, #^{jeton}_{hair}).



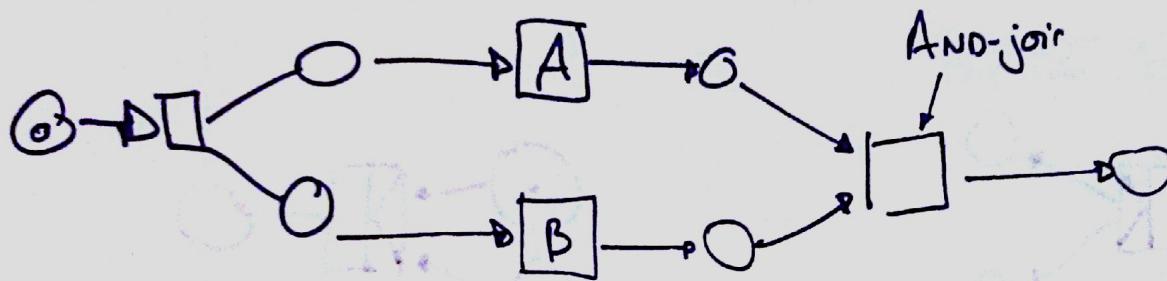
proc

A et B séquentiellement.



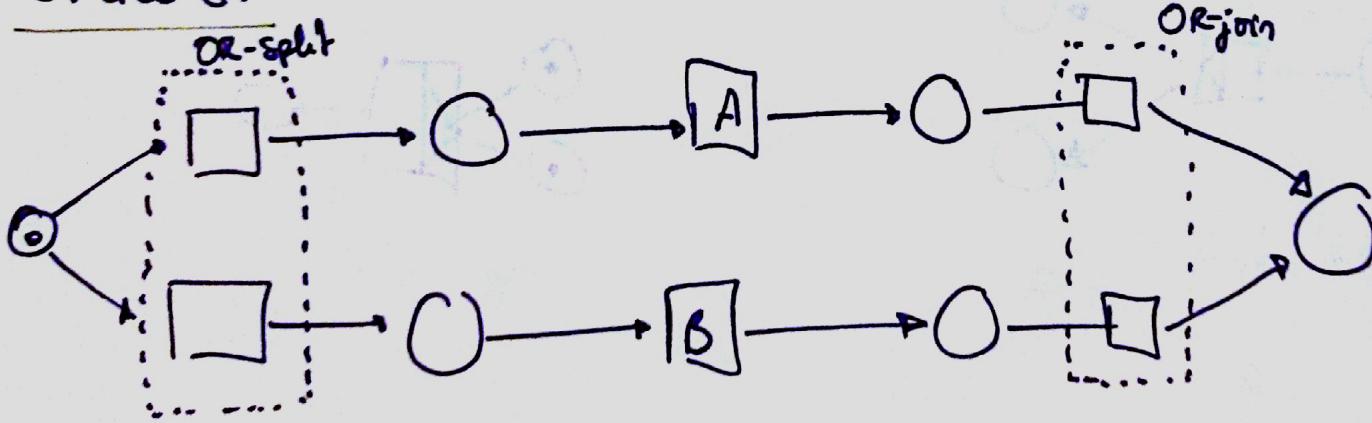
"first A then B"

Parallel

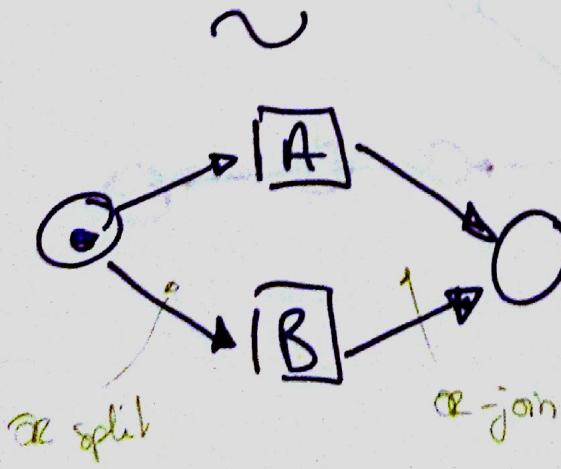


"A and B at the same time or in any order"

Choice (1)



conflicts
soit A
soit B

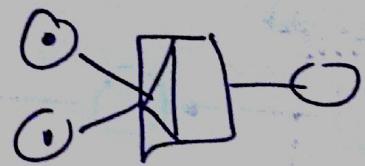
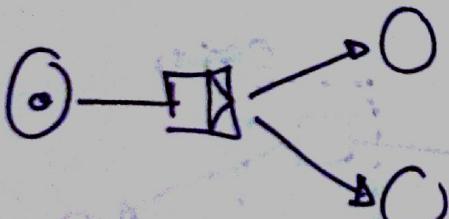
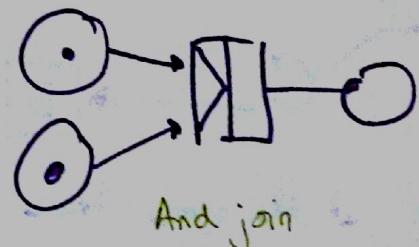
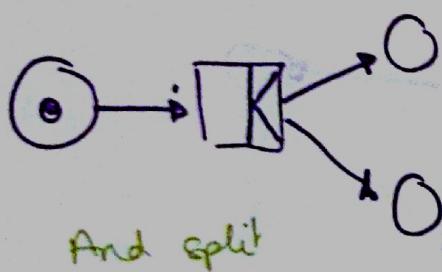
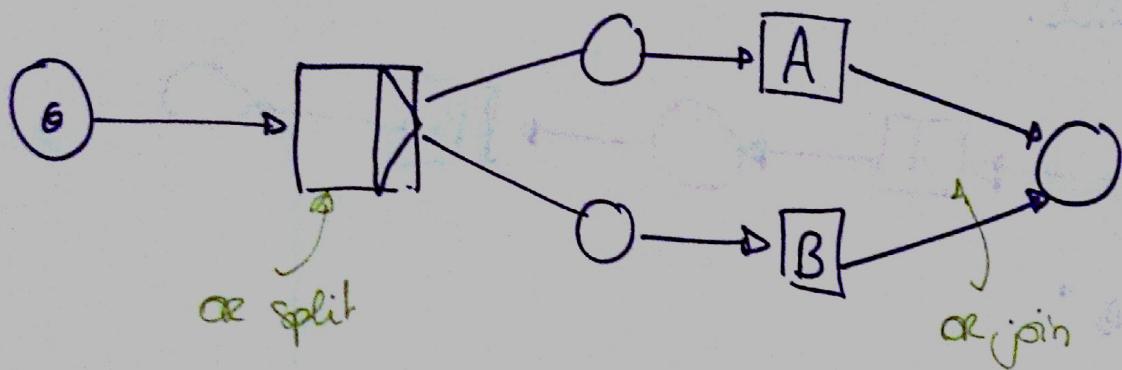


Dans un workflow
on aérien pour
choisir A ou B
selon leurs valeurs !

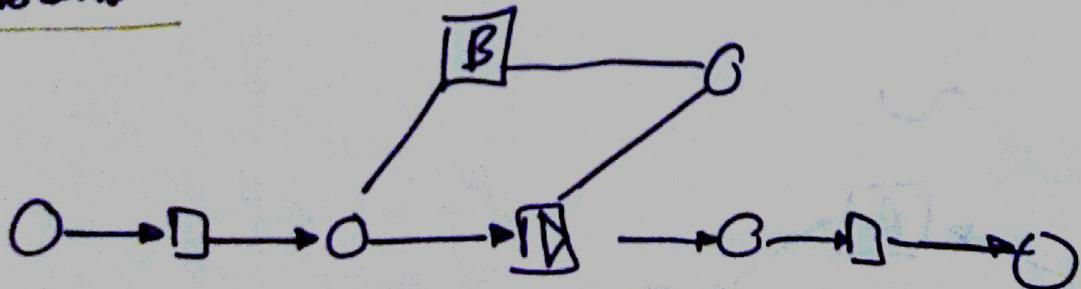
Choice :

Petri high-level.

les jetons ont des
valeurs et des types.

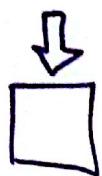


Iteration



4.

activité automatique



activité manuelle

une ressource prend l'initiative.



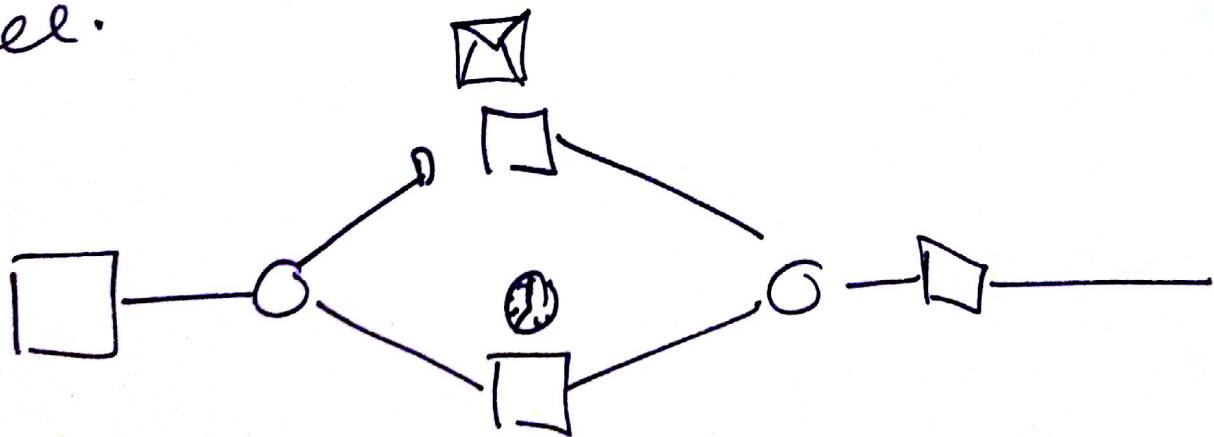
activité externe requise
(message, appel) ..



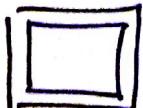
activité temporelle

attend heure précise ou déclanche

et:



sous processus



il peut être déclenché par un événement extérieur

Exercice

Chaque année l'agence de voyage Y doit gérer environ 10000 plaintes. Pour traiter les plaintes, elle utilise la procédure suivante.

Un employé du département L enregistre chaque plainte. Ensuite un formulaire est envoyé au client (par mail ou sur le site web) contenant des questions sur la nature de la plainte. Il existe deux possibilités : le client répond dans les deux semaines ou non. S'il répond, le formulaire est utilisé pour générer automatiquement un document qui pourrait être utilisé pour la résolution de la plainte. Si le formulaire n'est pas renvoyé en temps utile, ce document est vide. Notez que ceci ne signifie pas nécessairement que la plainte est annulée.

Après l'enregistrement de la plainte, c'est à dire en parallèle de la gestion du formulaire, la préparation pour le traitement proprement dit de la plainte est commencée.

D'abord, la plainte est évaluée par un manager du département des plaintes (département P) qui décide si un traitement ultérieur est nécessaire ou non. Notez que cette décision ne dépend pas de la gestion du formulaire. S'il n'y a pas de traitement nécessaire et que le formulaire a été traité, la plainte est archivée. Si des mesures doivent être prises, un employé du département P exécute l'activité « traitement de la plainte » (c'est l'activité qui traite vraiment la plainte, en proposant les actions nécessaires). Pour cette activité, le document qui résulte de la gestion du formulaire est utilisé (celui-ci peut être vide). Le résultat de cette activité (les actions proposées) est vérifié par un manager. Si le résultat n'est pas Ok, l'activité « traitement de la plainte » est exécutée de nouveau. Ceci se répète jusqu'à ce que le résultat soit acceptable. Si le résultat est acceptable, un employé du département P exécute les actions proposées. Ensuite, la plainte est archivée.

Rappel des symbols des tâches:

- Automatique



- Utilisateur



(exécutée par un utilisateur)

- Externe (réception d'un message, etc)

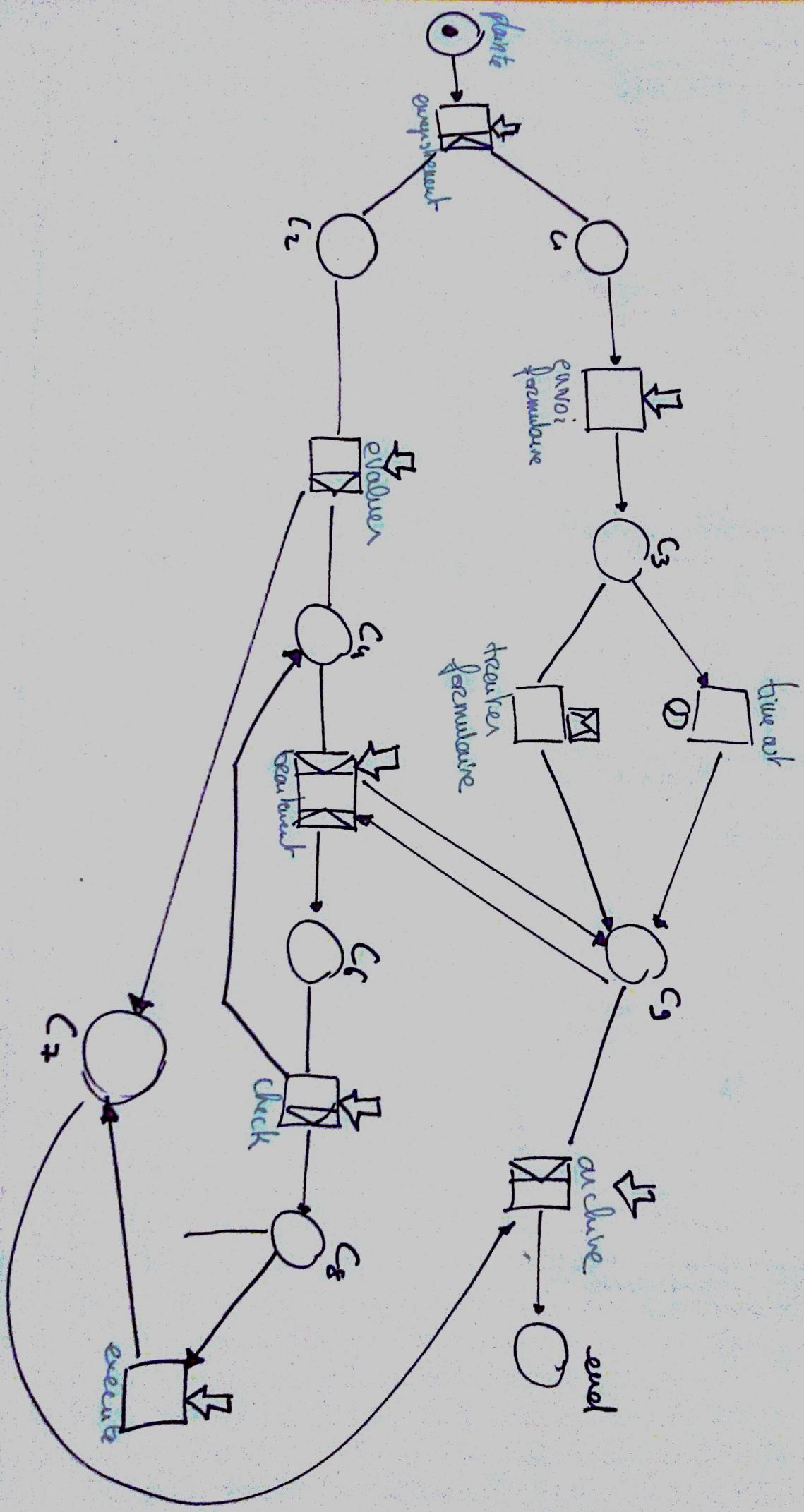


- Temporelle



(attend un événement temporel.)

⑥ Correction

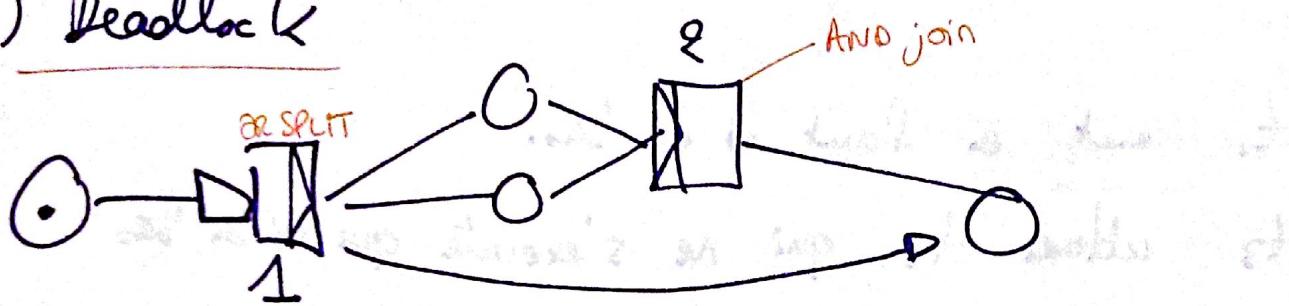


types d'erreurs

1) tâches sans place d'entrée/sortie



2) Deadlock

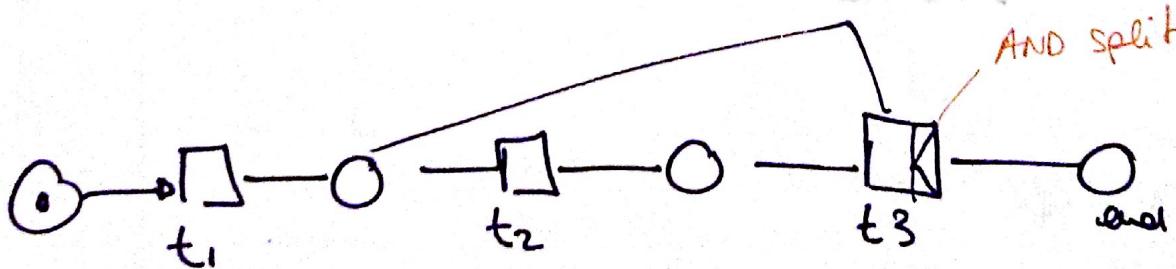


1 est OR-split. 1 seul jeton sort
2 est AND join et attend les 2 jetons.

\Rightarrow impossible

~~De plus, 1 peut envoi un jeton~~

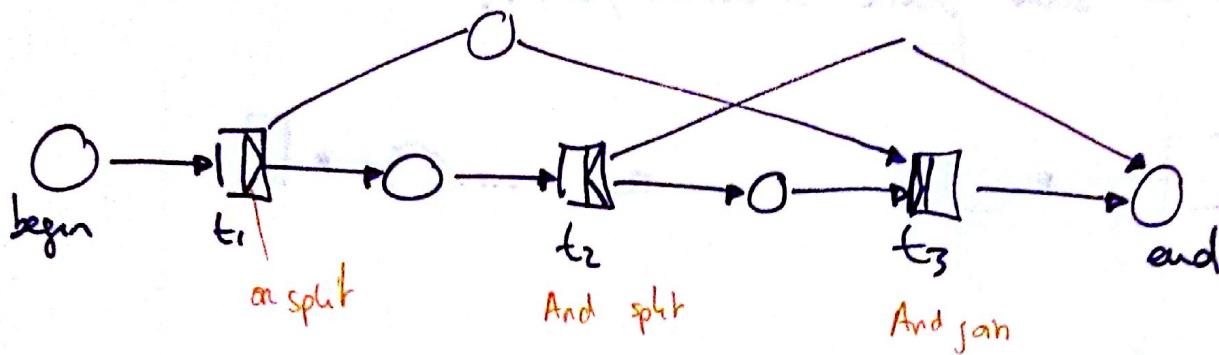
3) unbanded AND never-ending.



t_3 reçoit 2 jetons : 1 fini le processus
1 qui refait boucle

LIVELock.

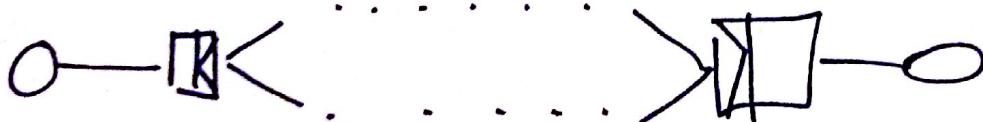
Deadlock before & after termination

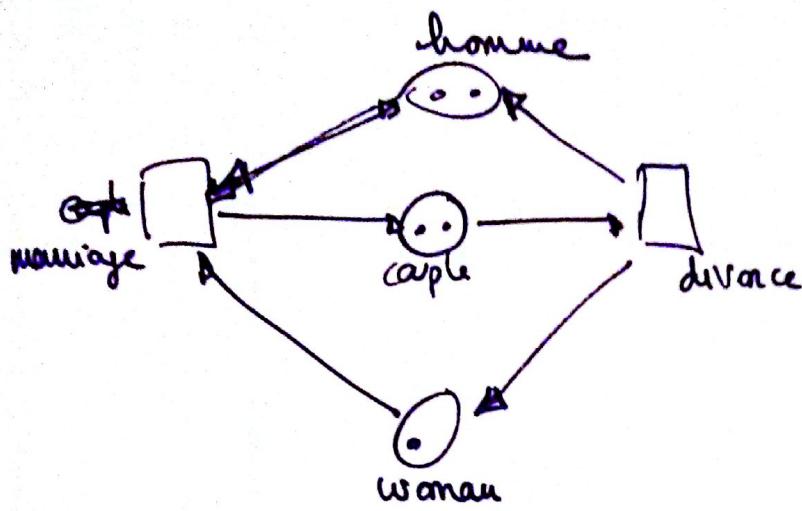


t_1 met un haut ou un bas.

t_3 attend t_2 qui ne s'exécute que si 'en bas' situer bas t_3 attend immédiatement.

Good structure

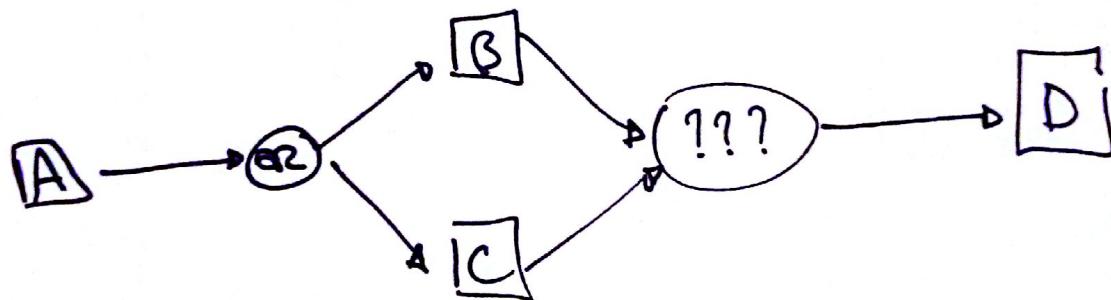




Invariance
de jeton
(See production)

$$1 \text{ man} + 1 \text{ woman} + 2 \text{ couple} = 7$$

jointure synchronie



traces possibles

AB D

AC ~~D~~

ABC D

ACBD

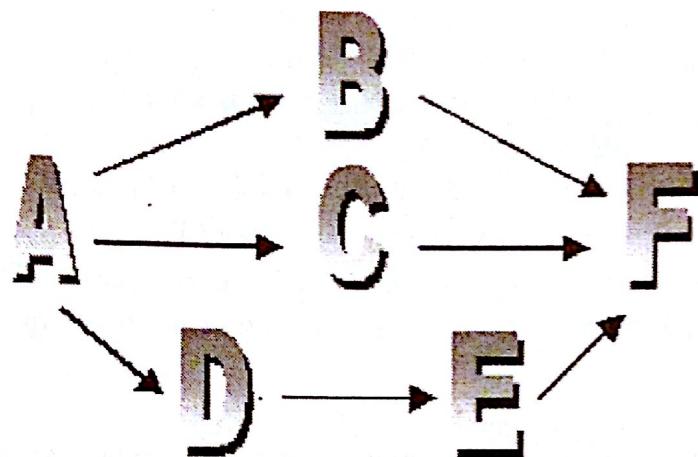
Mix entre LR-join et NL-join.

TD 1

Réseau de Petri

Exercice 1

Un processus est composé de six activités : A, B, C, D, E et F. La figure ci-dessous spécifie l'ordre dans lequel les activités doivent être exécutées (graphe de précédence, une arrête entre deux nœuds spécifie la relation de précédence entre deux activités). Une trace d'exécution possible est, par exemple, ABDCEF.



1. Modéliser le processus comme un Réseau de Petri classique (qui contient seulement des places et des transitions, i.e. n'utilisez pas les symboles utilisés pour la modélisation des workflow).
2. Comment changer le modèle que vous avez défini précédemment pour spécifier le fait que E est une activité optionnelle?
3. Comment changer le modèle pour spécifier le fait que D et E doivent être exécutées de manière consécutive, c.-à-d., B ou C ne doivent pas s'exécuter entre D et E?

Exercice 2

Modélisation d'un feu de carrefour en Réseau de Petri

Un feu de carrefour, en général, change de couleur dans l'ordre suivant vert -> jaune -> rouge->vert. Il y a quelques différences entre les feux de carrefour dans les différents pays. Le feu de carrefour en Allemagne, a une phase supplémentaire dans son cycle. Il ne passe pas directement du rouge au vert, mais, avant de passer au vert, en plus du voyant rouge, il allume également le voyant jaune. (donc l'ordre est le suivant vert -> jaune -> rouge-> rouge+ jaune->vert)

1. Donnez un Réseau de Petri **classique** qui modélise le comportement d'un feu de carrefour allemand. Il devrait y avoir trois places indiquant l'état de chaque voyant et toutes les transitions d'état décrites ci-dessus devraient être supportées.
2. Donnez un réseau de Petri **classique** qui se comporte exactement comme un feu de carrefour allemand, c'est-à-dire assurez-vous que le Réseau de Petri ne permet pas de transitions d'état autres que celles décrites ci-dessus.

Exercice 3

Un réseau ferroviaire circulaire se compose de quatre voies. Chaque voie est dans un des états suivants:

- Occupée, c'est à dire, il y a un train sur la voie.
- Réservée, c'est à dire un train a demandé l'accès à la voie.
- Libre, à savoir, ni occupée, ni réservée.

Il y a deux trains qui circulent sur la voie circulaire. La voie sur laquelle il y a un train est occupée. Pour passer à la voie suivante un train doit demander d'abord l'accès à cette voie. Seules les voies libres peuvent être réservées. Une voie occupée se libère au moment où le train se déplace à une autre voie. On peut faire abstraction de l'identité des trains, on ne s'intéresse qu'à l'état du réseau ferroviaire.

- a) modéliser le comportement dynamique du réseau ferroviaire en termes de réseau de Petri.(classique)
- b) Est-il facile de modéliser la situation avec 10 voies (160 états !)?

Exercice 4

Modélez le compteur binaire décrit ci-dessous comme un réseau de Petri. Le compteur est incrémenté à chaque occurrence d'un événement externe.

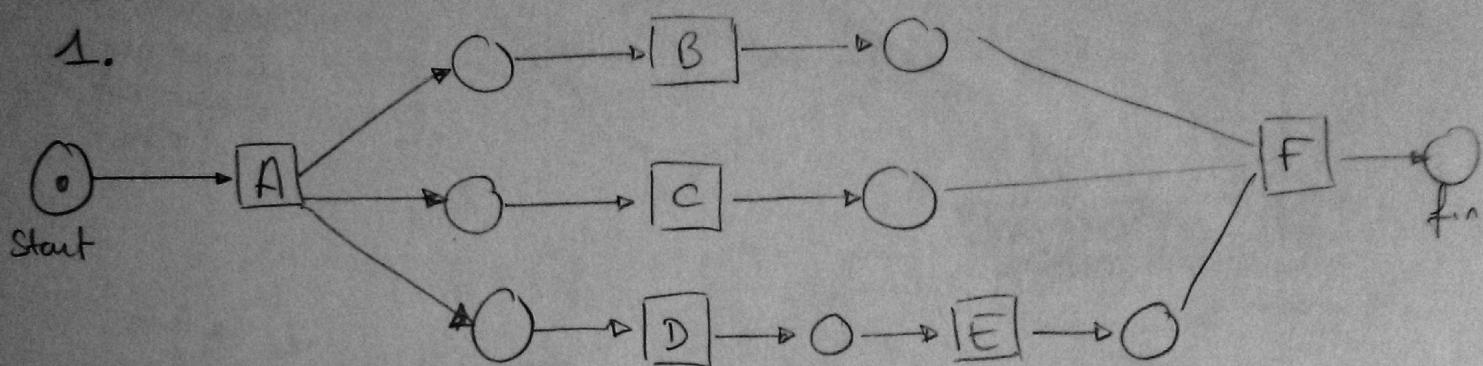
Le marquage d'une place représente une valeur binaire (1 ou 0). La combinaison des marquages des places représente le nombre naturel qui est affichée par le compteur. Par exemple, pour le nombre binaire 101, c.-à-d. 5, il y aura des jetons dans deux places correspondant à "1" (les places 2^2 et 2^0) et dans une place correspondant à "0" (la place 2^1).

Proposez un modèle d'un compteur capable de compter de 0 à 7.

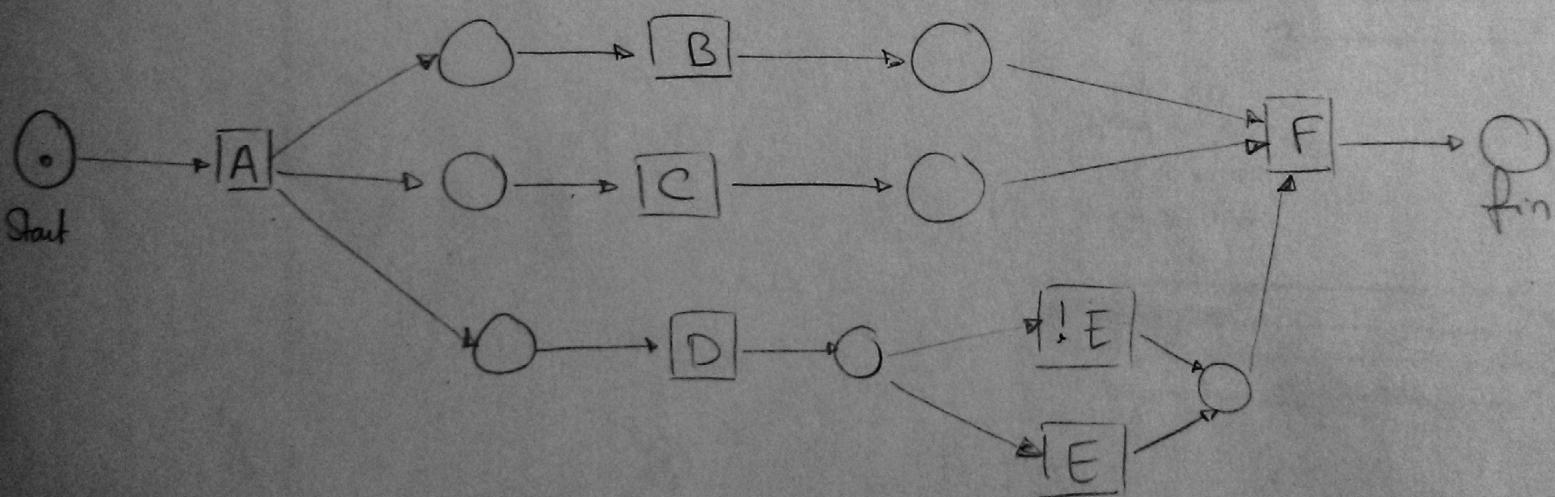
| TD1 Nodeluation |

exercise 1 Correction

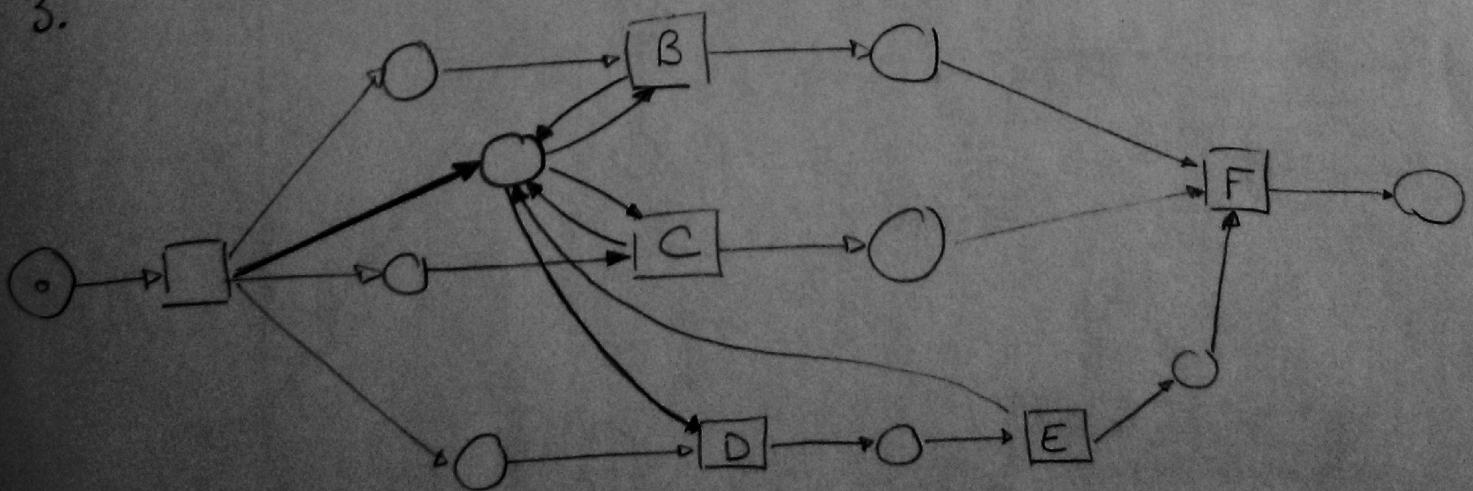
1.



2.



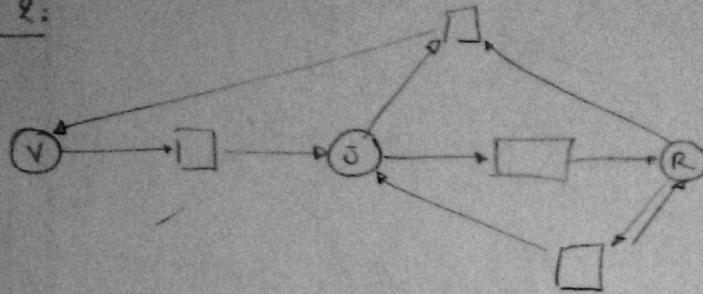
3.



Correction:

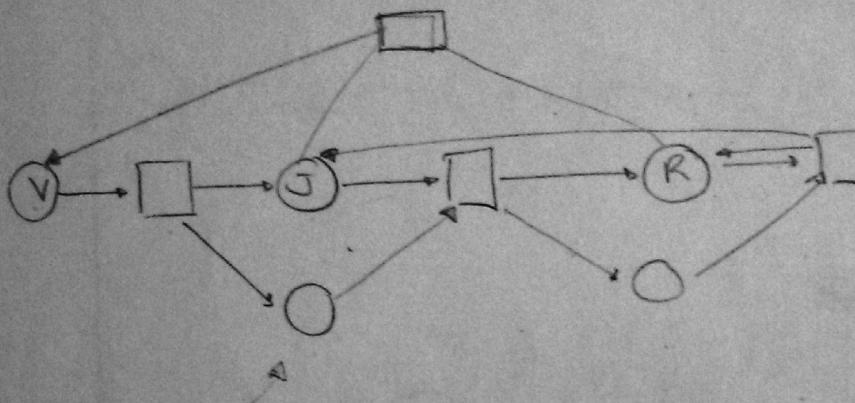
exercice 2:

1.



→ tous les états sont atteignables, mais ce sont pas nécessairement des états de fonctionnement.

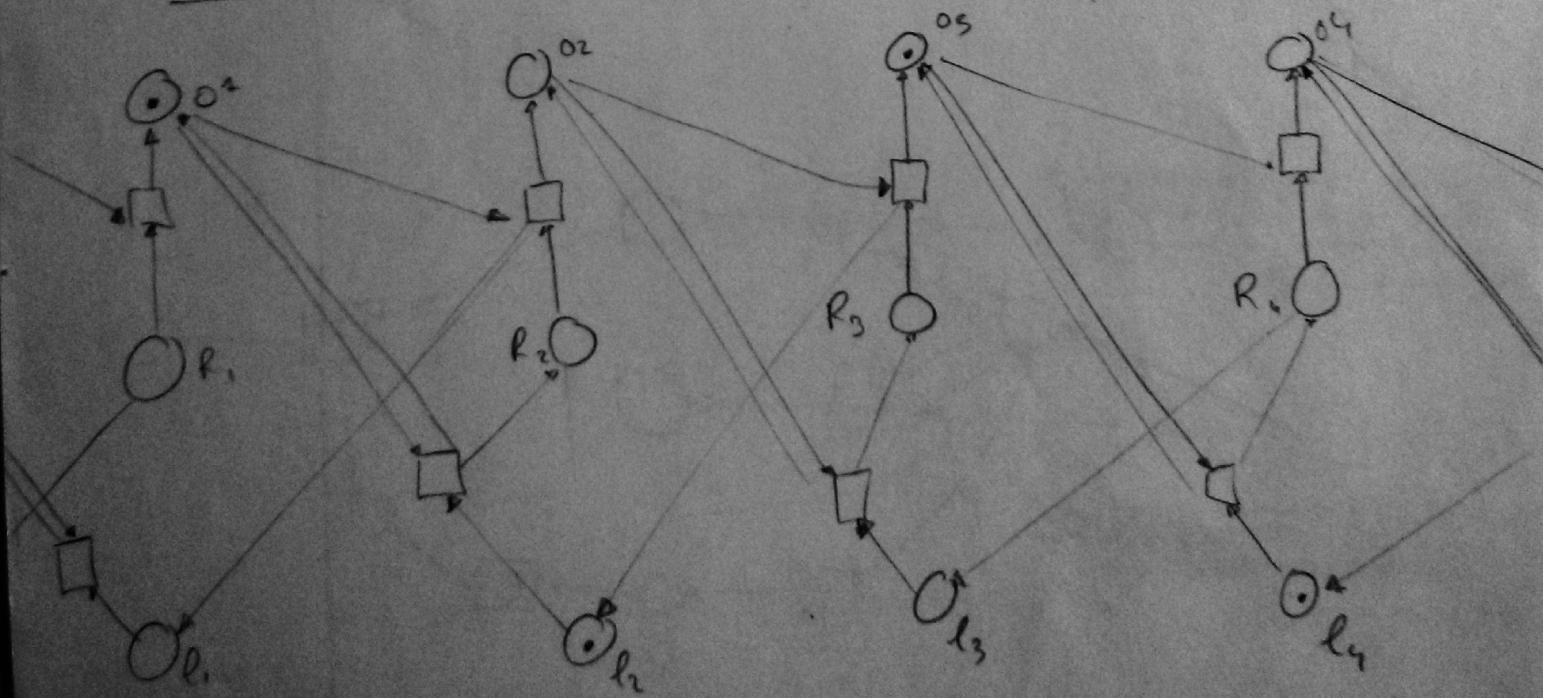
2.



→ caractéristique de l'adres de déclenchement.

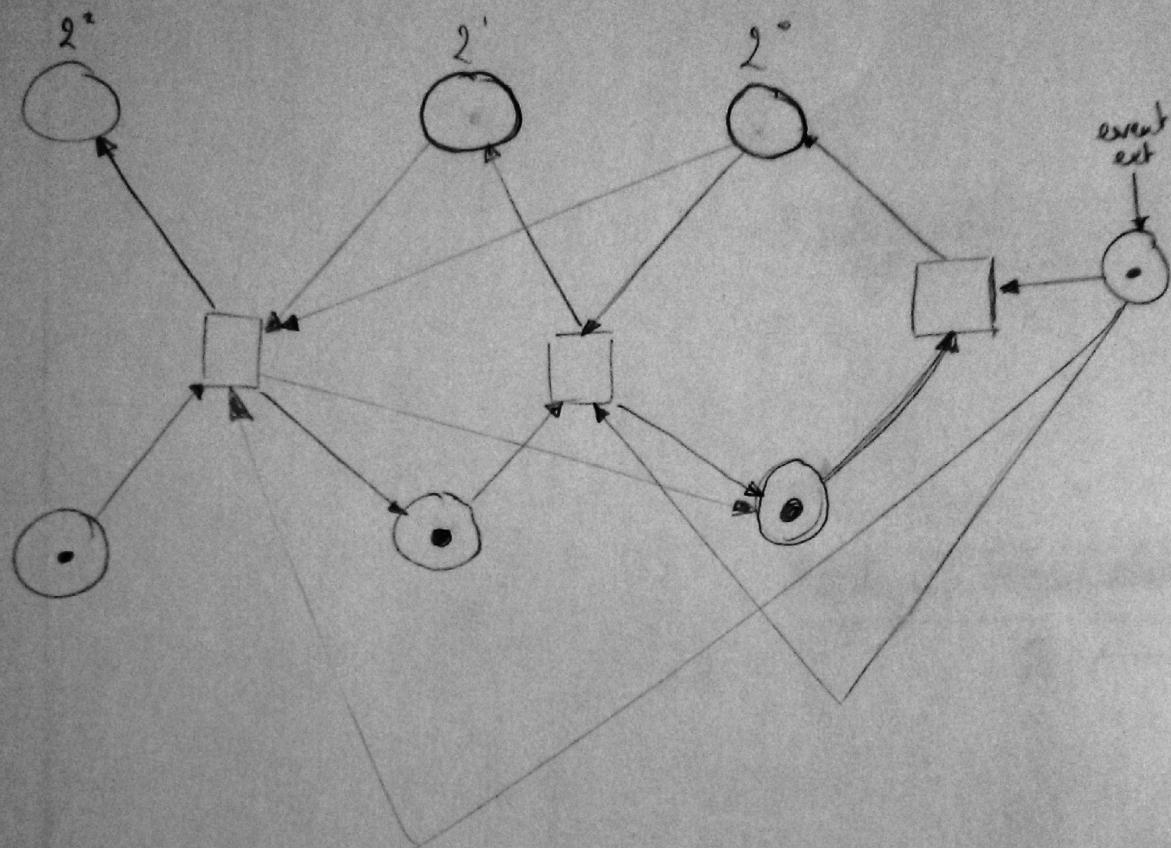
on ne va à range que si on a fait $V \rightarrow J$

exercice 3:



exercice 4: Correction

1:



0: