Typologie des modèles, outils et des méthodes de spécification en Génie Logiciel

Bernard ESPINASSE
Professeur à l'Université d'Aix-Marseille
2008

- **Typologie des modèles : analytiques, conceptuels, structurels, comportementaux**
- **Typologie des outils informels ou semi-formels :**
  - **Dictionnaire de données, tables de décision, d'états-transitions**
  - **Diagrammes de flot de données, de structures, d'états-transitions,**
  - **Réseaux de Pétri et le Grafcet,**
  - **Modèle Entité-Association de base et étendu**
- **Typologie des méthodes : fonctionnelles, systémiques, orientées objet**

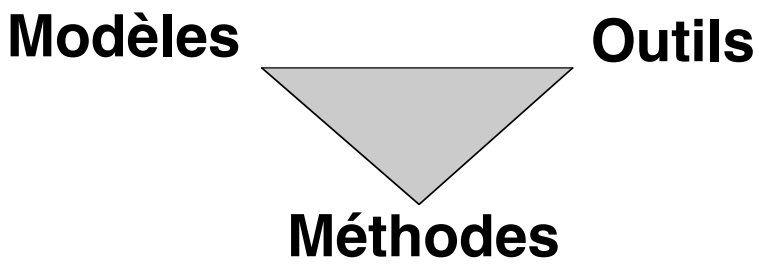
Problématique générale (1)

Génie logiciel : **l'art** de **spécifier**, de **concevoir**, de **réaliser**, et de faire **évoluer**, avec des **moyens** et dans des **délais** raisonnables, des **programmes**, des **documentations** et des **procédures** de qualité en vue d'utiliser un ordinateur pour résoudre certains problèmes

- le GL considère le logiciel comme un **objet manufacturé complexe**
- le but du GL est de définir des **techniques de "fabrication"** justifiées soit par la **théorie**, soit par la **pratique**
- depuis sa "naissance" en 1968 sous le patronage de l'OTAN, le GL a permis de développer des logiciels :
  - plus **fiables** qu'il y a vingt ans,
  - plus **facilement modifiables** et
  - **satisfont mieux** leurs utilisateurs

ceci en utilisant des **méthodes**, des **modèles** et des **outils**

Problématique générale (2)



- **Modèles** = **représentation abstraite** de tout ou partie du réel
- **Outils** = **formalisme**, langue permettant d'exprimer un modèle
- **Méthode** = **{modèle, outils}** + **démarche** de mise en oeuvre

Modèles pour la spécification et la conception

- **modèles pour la spécification du logiciel :**
  - exprimer les **caractéristiques** de l'objet à développer
  - selon une **vue externe** (comportement, propriété, contraintes)
- **modèles pour la conception du logiciel :**
  - donner une **description interne** de l'objet à développer
  - la **plus explicite possible** (structure, comportement des composants)

Qualité et classification des modèles

• Qualité générale d'un modèle

- **abstraction** : permet de décrire le système sans faire référence aux détails de toutes ses parties
- **refinement** : un sous-ensemble du modèle doit pouvoir être décrit à l'aide d'un autre modèle :
  - du même type (description progressive)
  - d'un autre type pour compléter la description ou exprimer un point de vue différent
- **lisibilité** : le modèle doit être simple à interpréter (intérêt des représentations graphiques)

• Classification des modèles

- **iconique** : reproduction en miniature d'un objet réel (voiture, avion, maquette bâtiment, ... pour soufflerie)
- **analogique** : exploitent une apparence physique différente du phénomène ou objet du réel (réseau électrique ... pour une suspension de voiture)
- **analytique** : relations mathématiques et logiques pour représenter les lois physiques de l'objet
- **conceptuels** : emploi de symboles pour la représentation des aspects qualitatifs.

Modèles analytiques

- très **répandus** et très **variés**
- utilisés pour **prédire** ou **estimer** (partiellement) le **comportement** de l'objet
- utilisés comme **moyen de validation**
- **classification** des modèles analytiques (Wilson 86) :

	statique	**dynamique**
déterministe	*relations algébriques*	*relations différentielles*
ıon déterministe	*relations statistiques et probabilistes*	*relations stochastiques*
	modèles indépendants du temps	*modèles dépendants du temps*

Modèles conceptuels

permettent de :

- **clarifier une situation** (organigramme d'une société)
- **illustrer un concept** (boucle de rétroaction)
- **définir des relations entre entités d'une structure** (circulation de flux d'information)
- **définir une méthode**

• **classification** des modèles conceptuels (Wilson 86) :

	structurel		**comportemental**	
activités				
données				
	vertical	**horizontal**	**continu**	**discret**

Outils pour développer des Modèles de structures et de comportements

• Outils pour des modèles de **structures**

- **pour les activités :** diagramme de flots de données (DFD)
- **pour les données :** diagramme de Jackson, Entité-Association, modèles objets,...
- **pour les fonctions :** diagrammes hiérarchiques de fonctions, Process Structure Graph (DARTS), diagramme de Booch,...

• Outils pour des modèles de **comportement**

- **mathématiques :** décrit le domaine des variables d'entrée et de sorties et la transformation des entrée vers les sorties
- **formels :** langage Z, modèle explicite dans VDM (Vienna Development Method -IBM Vienne),...
- **speudo-code**
- **automates à états finis**
- **state charts (Harel 87)**
- **réseaux de Pétri**

Présentations formatées

- spécifications écrites uniquement en **langage naturel** (même respectent plans types normalisés : STD 830, DoD 2167-A) posent des problèmes de non cohérence, d'ambiguïté, de non complétude

=> **présentations formatées** les plus connues :

- **le dictionnaire de données**
- **les tables de décision, les tables d'état-transition**

Dictionnaire des données ou glossaire

- spécifications des données utilisées aux différents niveaux d'analyse et de conception
- contient en général les définitions des termes utilisés classées par ordre alphabétique
- présente des sigles, codes ou symboles employés dans les documents, précise les synonymes, alias.
- permet de définir la structure d'une donnée (notation syntaxique stricte - Naur-Backus)
- peut intégrer des informations sur les fichiers contenant les données et les processus qui les utilisent
- peut indiquer le nombre des versions stockées (pour chaque information) avec dates de création ou de modification

Table de décision

- représentation tabulaire de tous les cas des **valeurs d'entrée d'un processus** et des **valeurs de sortie** correspondant à chacune de ces combinaisons
- adaptée à la spécification de **systèmes dont les sorties sont, à tout moment, uniquement définies par les entrées** :

condition 1	O	O	O	O	N	N	N	N
condition 2	O	O	N	N	O	O	N	N
condition 3	O	N	O	N	O	N	O	N
action 1					X	X	X	X
action 2		X						
action 3	X							
action 4			X					

Table états-transitions

- composée de **colonnes** représentant les **différents états du système**
- pour chaque **état**, les **événements** qui provoquent des **transitions** d'un état à un autre, les **actions** à effectuer et **l'état suivant** pour chaque **transition**
- adaptée à la spécification de **systèmes** dont **les sorties** sont **déterminées par les entrées** et **l'historique** des **états antérieurs**
- représentation similaire : **matrice états-transitions**

Outils graphiques ou semi-formelles

- **favorisent communication** entre développeurs du système et futurs utilisateurs de celui-ci
- introduisent un **aspect formel**
- en général accompagné de **"textes" informels**

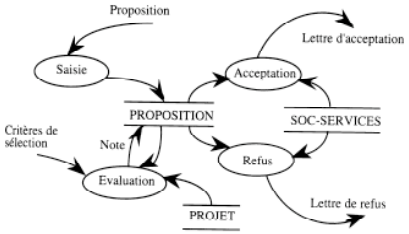
=> techniques "**semi-formelles**"

- **outils graphiques ou semi-formels les plus utilisés :**
  - **les diagrammes de flot de données (DFD)**
  - **les diagrammes de structures**
  - **les diagrammes d'états-transitions**
  - **les réseaux de Pétri et le Grafcet**
  - **l'Entité-Association de base et étendu**

Diagrammes de flots de données (DFD) : Data Flow Diagrams)

- **notationS** : Myers (1975), Yourdon (1975), Constantine&Yourdon (1979)
- **intégrés** dans **diverses méthodes**
- utilisés pour la **modélisation des traitements**
- permettent de montrer **comment chaque processus transforme ses entrées** (flots de données entrants) **en sorties correspondantes** (flots de données sortants)
- concepts majeurs :
  - **noeud : processus**
  - **arc orienté : flot de données**
  - **dépôt de donnée** : stockage de données = regroupements de données utilisables par tout processus
- souvent accompagnés de **diagrammes de contexte** présentant les échanges de flots de données avec les acteurs extérieurs au système à modéliser
- bien **adaptés à la description de systèmes réactifs** (systèmes toujours prêts à réagir à l'arrivée de données)

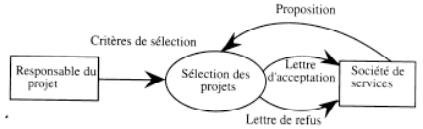
Exemple de Diagramme de flots de données



- le processus "Évaluation" prend en compte des critères obtenus à partir du flux entrant des "Critères de sélection" pour évaluer une proposition rangée dans la zone de stockage "proposition" par rapport à un projet rangé dans la zone de stockage "projet".
- la note attribuée (flux sortant) est rangée dans la zone de stockage "proposition".

Exemple de Diagramme de contexte associé à un DFD

Le diagramme de contexte permet de présenter les échanges de flots de données avec les acteurs extérieurs au système à modéliser :



- le flux entrant correspondant aux "critères de sélection" provient d'un acteur extérieur "responsable du projet"
- une "société de service" est aussi un acteur extérieur qui fournit une proposition.

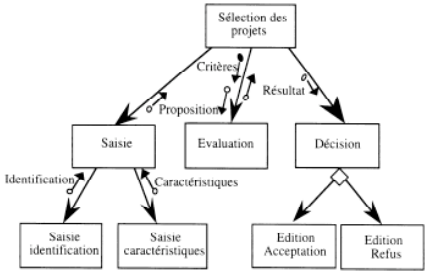
Diagrammes de structure : Structured Charts

- **introduits** par Constantine, Yourdon & Myers (1979)
- permettent de **décrire l'architecture d'un système**, comme une **hiérarchie de fonctions**
- par un **arbre, à lire de gauche à droite**
- une connexion entre 2 fonctions est représentée par une **flèche orientée de la fonction appelante vers la fonction appelée**
- les **paramètres d'entrée et de sortie** sont identifiés par de petites flèches orientées :
  - données des paramètres **destinées à être traitées** :

  - données des paramètres servant au **contrôle** :

- il est possible de traduire par des symboles particuliers les **structures itératives** (boucles) et **alternatives** (choix parmi différents cas)

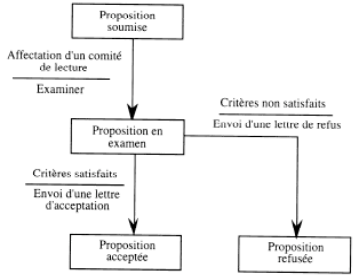
Exemple de Diagramme de structure



- la hiérarchie du système "Sélection des projets"
- la fonction "Évaluation" opère sur les données "Proposition" (sortie de la fonction "Saisie") à partir des informations de contrôle "Critères" et retourne un "Résultat"
- la fonction "Décision" donne lieu à une alternative.

Diagrammes états-transitions :

- permettent de spécifier **l'incidence des événements sur les différents états du système** en indiquant les actions à effectuer
- utile pour la réalisation des **tables ou des matrices états-transitions**.
- adaptés pour modéliser le **cycle de vie d'un objet** (cf. méthodes d'analyse orientée objet)



- une proposition peut passer par différents états : soumis, en examen, accepté, refusé
- les changements d'états sont dus aux événements : "Arrivée d'une proposition", "Affectation d'un comité de lecture", "Critères satisfaits" ou "Critères non satisfaits".
- préciser ainsi les valeurs prises par un attribut "état" (défini par ailleurs dans un modèle de données)

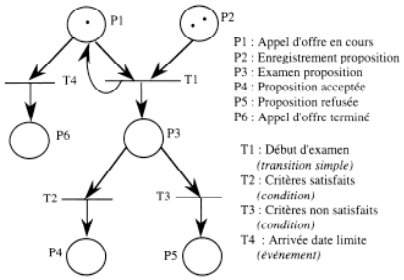
Réseau de Petri (RdP)

- outil mathématique pour la modélisation du **comportement** d'un système dynamique à **événements discrets**
- utilise :
  - • des **places** (cercles), correspondant aux différents états du système,
  - • des **transitions** (traits) associées aux changements d'états et
  - • des **arcs** reliant places et transitions.
- des techniques de **marquages** (jetons) permettent de définir l'état du système à un moment donné
- aux transitions peuvent être associés des **conditions** ou des **événements** externes. On parlera alors de réseaux de **Petri interprétés**
- **divers RdP** : colorées, synchronisés, ...
- **a inspiré d'autres modèles de comportement : formalisme de traitement MERISE**

Grafcet

- résultat d'un groupe de travail AFCET = outil de spécification des automates logiques, inspiré des RdP
- **norme internationale** (1987), très utilisé par la communauté française des **automaticiens**

Exemple de Réseau de Petri



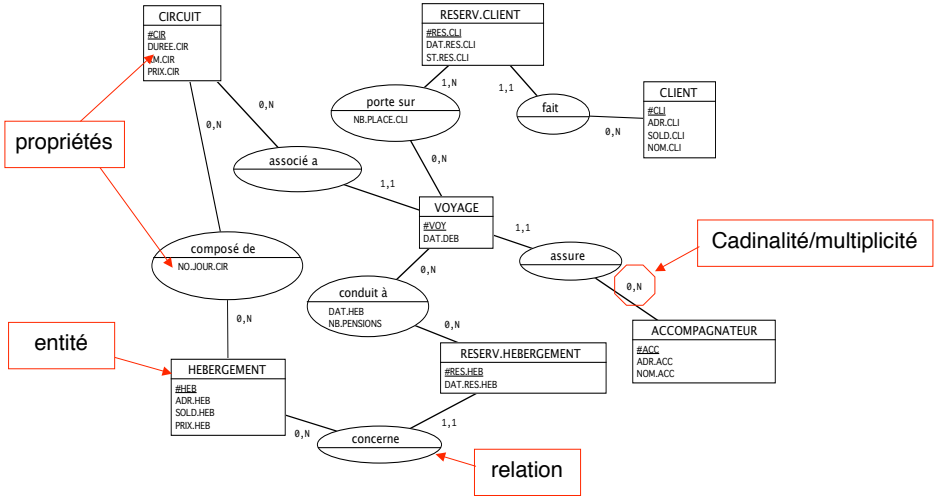
- représente les états du système à partir de l'appel d'offre auprès de plusieurs sociétés jusqu'à la sélection des solutions proposées.
- tant que l'appel d'offre est en cours (1 jeton dans P1), dès qu'une proposition est enregistrée (1 jeton dans P2), on peut passer à l'état "Examen propositions" (1 jeton est consommé dans P1, 1 jeton est consommé dans P2, 1 jeton est produit dans P3 et un jeton est produit dans P1 car on reste dans l'état "Appel d'offre en cours").

Modèle Entité-Association

Modèle des données [P.Chen 75] [Nanci, Tardieu, Pascot 75] – norme ISO : **Entity-Relationship Model**

- connu en France sous **différentes appellations** : le modèle Entité-Association, Entité-Liaison, Entité-Relation, Objet-Relation ou Modèle Individuel.
- **repose sur différents concepts :**
  - **entité**
  - **relation/association**
  - **propriété/attributs d'entités ou de relation**
  - **cardinalités/multiplicités**
- permet d'identifier et de **caractériser les objets** du domaine et d'**établir leurs liens,**
- les **cardinalités** donnent des renseignements sur le **minimum** et le **maximum** d'occurrences d'une association liant une entité à une autre
- utilisé dans de **nombreuses méthodes d'analyse** sous sa **forme basique** ou sous une **forme étendue** prenant en compte des concepts introduits par les méthodes orientées objet
- bien adapté à la conception de bases de données

Exemple de modèle Entité-Relation (basique)



Typologie des méthodes d'analyse et de conception

- nombreuses méthodes se sont développées en suivant l'évolution des langages et techniques
- différentes manières de les classer
- **approches descendantes / approches ascendantes :**
  - **méthode descendante** : on décompose le système de base en sous-systèmes, chacun d'eux pouvant être ensuite redécomposé jusqu'à l'obtention de modules programmables "simplement".
  - **méthode ascendante** : on part de modules déjà existants que l'on essaie de composer.
  - certaines méthodes insistent beaucoup sur une conception en vue d'une **réutilisation**
  - d'autres sont un **compromis** entre les 2 approches citées
- **classification communément admise :**
  - les méthodes **fonctionnelles** (dirigées par les traitements)
  - les méthodes **systémiques**
  - les méthodes **orientées objet**.

Les méthodes Fonctionnelles

- ont leur origine dans le développement des **langages procéduraux**
- **très utilisées**
- plus **orientées vers les traitements** que vers les données
- mettent en évidence **la ou les fonctions à assurer** et proposent une **approche hiérarchique**, **descendante** et **modulaire** en précisant les **liens** entre les différents **modules**.
- utilisent souvent des **notations de type DFD**
- avec l'évolution des langages de programmation et des systèmes, prennent en compte la **modélisation des données** et les problèmes posés par le **temps réel**

Méthodes fonctionnelle les plus connues :

- **SA-SD** (Strutured Analysis -Structured Design - Yourdon, DeMarco, Constantine, Gane & Sarson,...)
- **SADT** (Structured Analysis and Design Technique -
- **SA-RT** (Strutured Analysis -Structured Design - Hatley & Pirbhai 1991) spécialisé temps réel
- **...**

Les méthodes Systémiques

- méthodes s'appuyant sur une **approche systémique**
- définissent différents **niveaux de préoccupation ou d'abstraction**
- proposent de **nombreux modèles complémentaires**
- sont souvent **spécialisées** pour la conception d'**un certain type de systèmes**

Méthodes systémiques les plus connues :

- **MERISE** (méthode la plus utilisée en informatique de gestion en France et grande partie de l'Europe)
- **AXIAL** (IBM - systèmes d'information), **MEGA** (Mega - systèmes d'information),...
- **OSSAD** (systèmes bureautiques)
- **SAGACE** (CEA - systèmes complexes (centrales atomiques))
- **GRAI** (Productique)
- **...**

Les méthodes Orientées Objet

- influencées par le développement du langage **Ada** et des langages de programmation basés sur les objets **C++**
- la plupart aborde l'étude d'un problème est réalisée suivant 3 aspects :
  - aspect **statique** : identifie les propriétés des objets et leurs liaisons avec les autres objets,
  - aspect **dynamique** définit le cycle de vie des objets en précisant : le **comportement** des objets, les **différents états** par lesquels ils passent et les **événements** qui déclenchent ces changements d'états.
  - aspect **fonctionnel** : précise les fonctions réalisées par les objets par l'intermédiaire des méthodes

Méthodes orientées objet les plus connues :

- **OMT** (Rumbaugh et al. 1995) puis **UML** (Rumbaugh et al. 1998)
- **OOA** (Object Oriented Analysis - Coad & Yourdon 1992)
- **BOOCH** (Booch 1991)
- **OOA** (Object Oriented Analysis - Shlaer & Mellor 1992)
- **Objectory-OOSE** (Jacobson & al. 19XX)
- **HOOD**
- **...**