Université Ibn Zohr
Faculté des sciences – Département Informatique

Génie Logiciel
« Ch01. Introduction »

Ayoub SABRAOUI

Master OTI –S1

Année universitaire 2016/2017

Logiciel: définitions

Ensemble d'entités nécessaires au fonctionnement d'un processus de traitement automatique de l'information

- Programmes, données, documentation…

Ensemble de programmes qui permet à un système informatique d'assurer une tâche ou une fonction en particulier

Logiciel = programme + utilisation

2

Logiciel : caractéristiques

Environnement

- utilisateurs : grand public (traitement de texte), spécialistes (calcul scientifique, finances), développeurs (compilateur)
- autres logiciels: librairie, composant
- matériel : capteurs (système d'alarme), réseau physique (protocole), machine ou composant matériel contrôlé (ABS)

Spécification: ce que doit faire le logiciel, ensemble de critères que doivent satisfaire son fonctionnement interne et ses interactions avec son environnement

3

Spécification

Spécification fonctionnelle

- Fonctionnalités du logiciel, réponse aux besoins des utilisateurs

Spécification non fonctionnelle

- Facilité d'utilisation : prise en main et robustesse
- Performance : temps de réponse, débit, fluidité…
- Fiabilité : sureté d fonctionnement, tolérance aux pannes
- Sécurité : intégrité des données et protection des accès
- Maintenabilité : facilité à corriger et à faire évoluer le logiciel
- Portabilité : adaptabilité à d'autres environnements matériels ou logiciels

4

Crise du logiciel

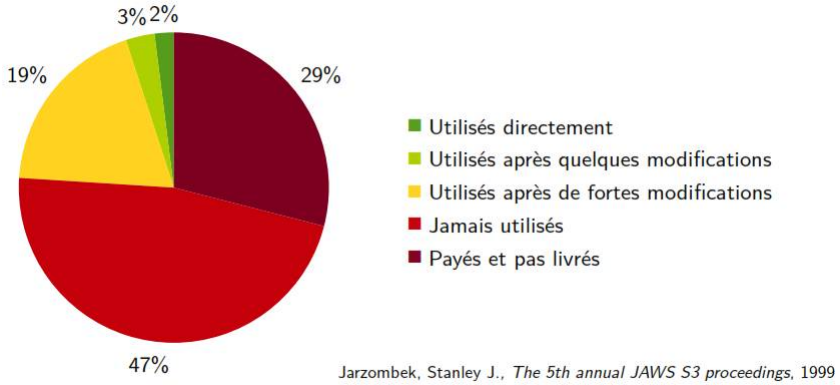
Constat du développement logiciel fin années 60:

- Délais de livraison non respectés
- Budgets non respectés
- Ne répond pas aux besoins de l'utilisateur ou du client
- Difficile à utiliser, maintenir, et faire évoluer

5

Etude du DoD 1995

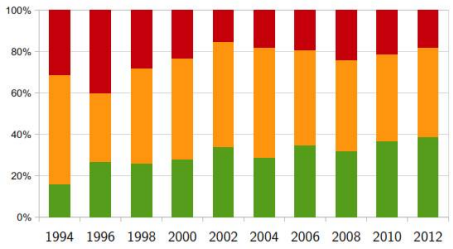
Étude du *Department of Defense* des Etats-Unis sur les logiciels produits dans le cadre de 9 gros projets militaires



Jarzombek, Stanley J., *The 5th annual JAWS S3 proceedings*, 1999

Étude du Standish group

Enquête sur des milliers de projets, de toutes tailles et de tous secteurs

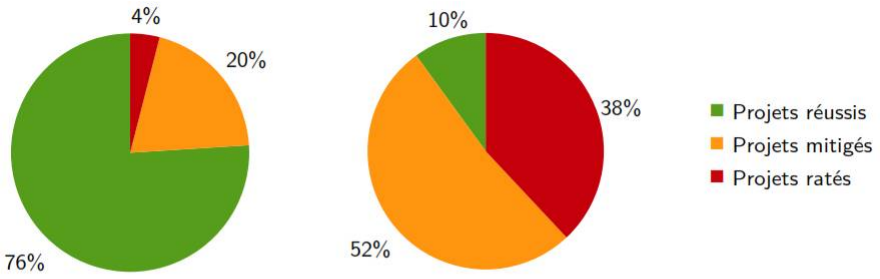


Standish group, *Chaos Manifesto 2013 - Think Big, Act Small*, 2013

- **Projets réussis:** achevés dans les délais et pour le budget impartis, avec toutes les fonctionnalités demandées
- **Projets mitigés:** achevés et opérationnels, mais livrés hors délais, hors budget ou sans toutes les fonctionnalités demandées
- **Projets ratés:** abandonnés avant la fin ou livrés mais jamais utilisés

7

Petits vs grands projets



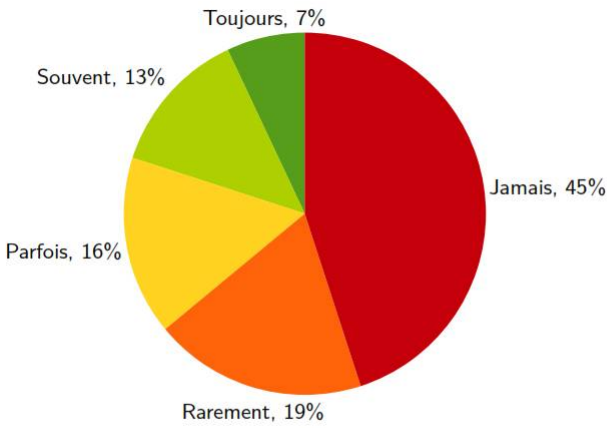
Petits projets
budget $\leq$ \$1 million

Grands projets
budget $\geq$ \$10 millions

Standish group, *Chaos Manifesto 2013 - Think Big, Act Small*, 2013

8

Utilisation des fonctionnalités implantés



Standish group, *Chaos Manifesto 2002*, 2002

9

Bugs célèbres

Sonde Mariner 1, 1962

- Détruite 5 minutes après son lancement; coût: $18,5 millions
- Défaillance des commandes de guidage due à une erreur de spécification
- Erreur de transcription manuelle d'un symbole mathématique dans la spécification

Therac-25 1985-87

- Au moins 5 morts par dose massive de radiations
- Problème d'accès concurrents dans le contrôleur

Processeur Pentium, 1994

- Bug dans la table de valeurs utilisée par l'algorithme de division

Ariane V vol 501, 1996

- Explosion après 40 secondes de vol; coût: $370 millions
- Panne du système de navigation due à un dépassement de capacité (arithmetic overflow)
- Réutilisation d'un composant d'Ariane IV non re-testé

10

Plus récemment

PlayStation Network, avril 2011

- Des millions de données personnelles et bancaires piratées
- Pertes financières de plusieurs milliards de dollars
- Vulnérabilité du réseau connue mais conséquences mal évaluées ?

Outil de chiffrement OpenSSL, mars 2014

- 500 000 serveurs web concernés par la faille
- Vulnérabilité permettant de lire une portion de la mémoire d'un serveur distant

De manière générale, fiabilité, sûreté et sécurité des logiciels

- Transports automobile, ferroviaire, aéronautique
- Contrôle de processus industriels, nucléaire, armement
- Médical : imagerie, appareillage, télé-surveillance
- e-commerce, carte bancaire sans contact, passeport électronique

11

Pourquoi ?

Raisons principales des bugs:

- Erreurs humaines
- Taille et complexité des logiciels
- Taille des équipes de conception/développement
- Manque de méthodes de conception
- Négligence de la phase d'analyse des besoins du client
- Négligence et manque de méthodes et d'outils des phases de validation/vérification

12

Mythes du logiciel

- Idée grossière du logiciel suffisante pour commencer à programmer
  Faux: échecs dus principalement à une idée imprécise du logiciel
- Travail terminé quand programme écrit et fonctionnel
  Faux: maintenance du logiciel = plus du 50% du coût total
- Facile de gérer spécifications changeantes
  Faux: changements de spécifications souvent coûteux
- En cas de retard, solution : ajouter des programmeurs
  Faux: période de familiarisation et communication plus difficile impliquent perte de productivité
  « Ajouter des programmeurs à un projet en retard ne fait que le retarder davantage »

13

Génie logiciel

Idée : appliquer les méthodes classiques d'ingénierie au domaine du Logiciel

Ingénierie (ou **génie**) : Ensemble des fonctions allant de la conception et des études à la responsabilité de la construction et au contrôle des équipements d'une installation technique ou industrielle

Génie civil, naval, aéronautique, mécanique, chimique...

14

Génie logiciel

Définition : Ensemble des méthodes, des techniques et des outils dédiés à la conception, au développement et à la maintenance des systèmes informatiques

Objectif : Avoir des procédures systématiques pour des logiciels de grande taille afin que

- La spécification corresponde aux besoins réels du client
- Le logiciel respecte sa spécification
- Les délais et les coûts alloués à la réalisation soient respectés

15

Génie logiciel

Particularités du logiciel

- Produit invisible et immatériel
- Difficile de mesurer la qualité
- Conséquences critiques causées par modifications infimes
- Mises à jour et maintenance dues à l'évolution rapide de la technologie
- Difficile de raisonner sur des programmes
- Défaillances logicielles principalement humaines

16

Principes d'ingénierie pour le logiciel

Sept principes fondamentaux

- **Rigueur**: principale source d'erreurs: humaine, s'assurer par tous moyens que ce qu'on écrit est bien ce qu'on veut dire et que ça correspond à ce qu'on a promis (outils, revue de code…)
- **Abstraction**: extraire des concepts généraux sur lesquels raisonner puis instancier les solutions sur les cas particuliers
- **Décomposition en sous-problème:** traiter chaque aspect séparément, chaque sous-problème plus simple que problème global
- **Modularité**: partition du logiciel en modules interagissant, remplissant une fonction et ayant une interface cachant l'implantation aux autres modules

17

Principes d'ingénierie pour le logiciel

- **Construction incrémentale:** construction pas à pas, intégration progressive
- **Généricité:** proposer des solutions plus générales que le problème pour pouvoir les réutiliser et les adapter à d'autres cas
- **Anticipation des évolutions:** liée à la généricité et à la modularité, prévoir les ajouts/modifications possibles de fonctionnalités

De façon transversale

- **Documentation**: essentielle pour le suivi de projet et la communication au sein de l'équipe de projet
- **Standardisation/normalisation:** aide à la communication pour le développement, la maintenance et la réutilisation

18

Processus de développement logiciel

Ensemble d'activités successives, organisées en vue de la production d'un logiciel

En pratique:

- Pas de processus idéal
- Choix du processus en fonction des contraintes (taille des équipes, temps, qualité…)
- Adaptation de « processus types » aux besoins réels

19

Processus de développement logiciel

Activités du développement logiciel

- Analyse des besoins
- Spécification
- Conception
- Programmation
- Validation et vérification
- Livraison
- Maintenance

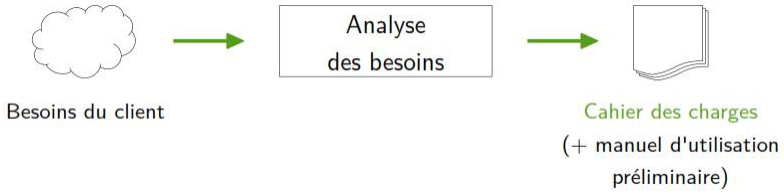
Pour chaque activité: Utilisation et production de documents

20

Analyse des besoins

Objectifs: Comprendre les **besoins du client**

- Objectifs généraux, environnement du futur système, ressources disponibles, contraintes de performance…



21

Spécification

Objectifs:

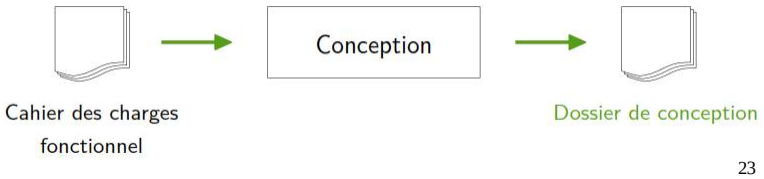
- Établir une description claire de **ce que doit faire** le logiciel (fonctionnalité détaillées, exigences de qualité, interface…)
- Clarifier le cahier des charges (ambiguïtés, contradictions)

22

Conception

Objectifs: élaborer une **solution concrète** réalisant la spécification

- Description **architecturale** en composants (avec interface et fonctionnalités)
- **Réalisation des fonctionnalités** par les composants (algorithmes, organisation des données)
- Réalisation des exigences non-fonctionnelles (performance, sécurité…)

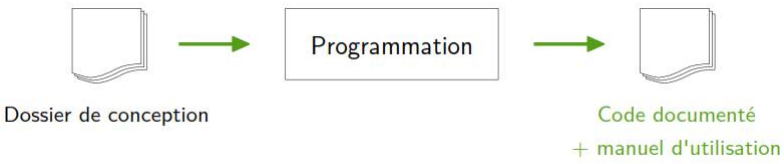


23

Programmation

Objectifs: implantation de la solution conçue

- Choix de l'environnement de développement, du/des langage(s) de programmation, de normes de développement…

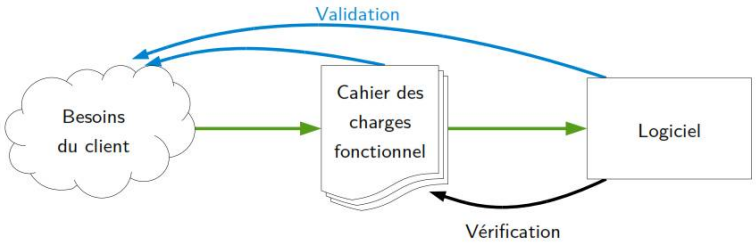


24

Validation et vérification

Objectifs:

- **Validation**: assurer que les besoins du client sont satisfaits (au niveau de la spécification, du produit fini…)
  - ➔ ***Concevoir le bon logiciel***
- **Vérification**: assurer que le logiciel satisfait sa spécification
  - ➔ ***Concevoir le logiciel correctement***



Méthodes de validation et vérification

Méthodes de validation :

- Revue de spécification, de code
- Prototypage rapide
- Développement de tests exécutables (*extreme programming*)

Méthodes de vérification :

- Test (à partir de la spécification)
- Preuve de programmes
- Model-checking (vérification de modèles)

26

Démarche de test

Plan de test :

- Description des exigences de test (couverture des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles)
- Choix d'une stratégie de test et planification des tests

Cahier de tests :

- Description des cas de test (couverture des exigences de test)
- Élaboration des procédures de test

Dossier de tests :

- Implémentation et exécution des tests
- Évaluation de l'exécution des tests et analyse des résultats
- Rapport de test

27

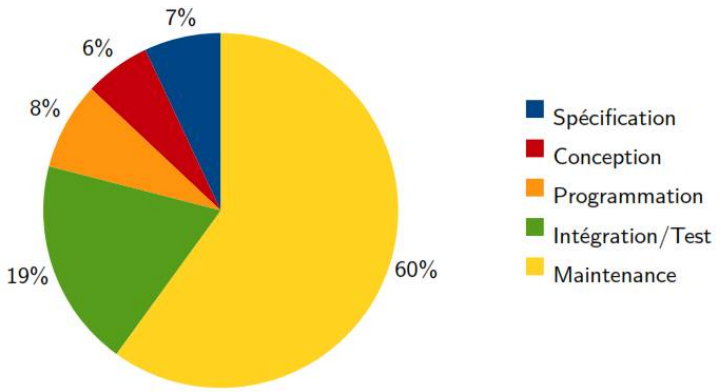
Maintenance

Types de maintenance:

- **Correction** : identifier et corriger des erreurs trouvées après la livraison
- **Adaptation** : adapter le logiciel aux changements dans l'environnement (format des données, environnement d'exécution…)
- **Perfection** : améliorer la performance, ajouter des fonctionnalités, améliorer la maintenabilité du logiciel

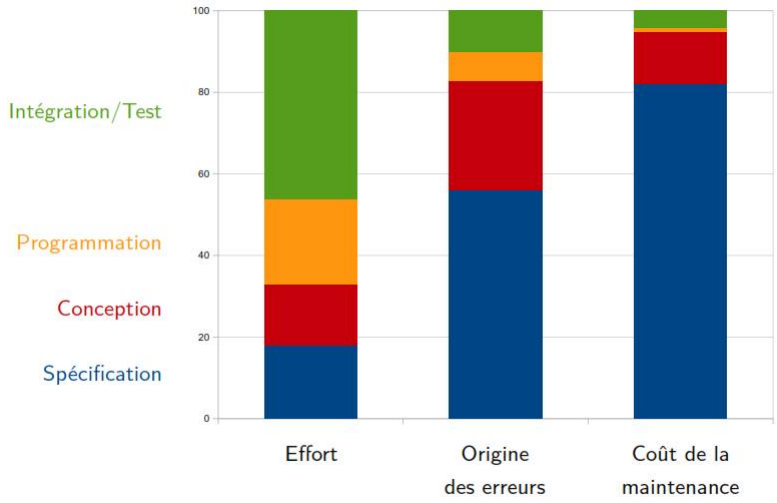
28

Répartition de l'effort



29

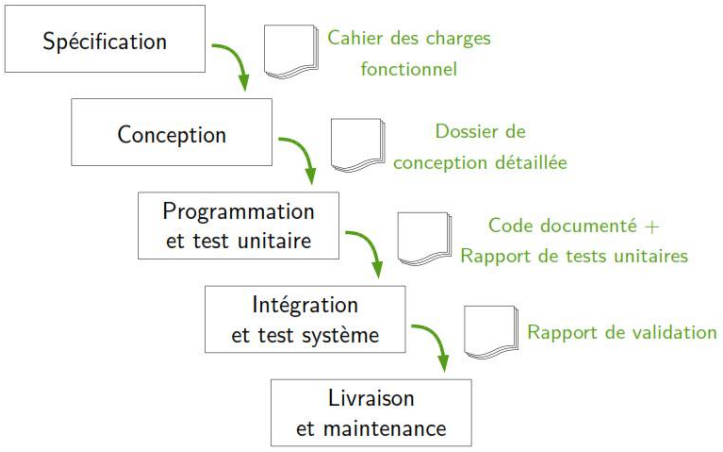
Rapport effort/erreur/coût



30

Processus en cascade

Chaque étape doit être terminée avant que ne commence la suivante
À chaque étape, production d'un document base de l'étape suivante



31

Processus en cascade

Caractéristiques :

- Hérite des méthodes classiques d'ingénierie
- Découverte d'une erreur entraine retour à la phase à l'origine de l'erreur et nouvelle cascade, avec de nouveaux documents…
- Coût de modification d'une erreur important, donc choix en amont cruciaux (typique d'une production industrielle)

Pas toujours adapté à une production logicielle, en particulier si besoins du client changeants ou difficiles à spécifier

Processus en V

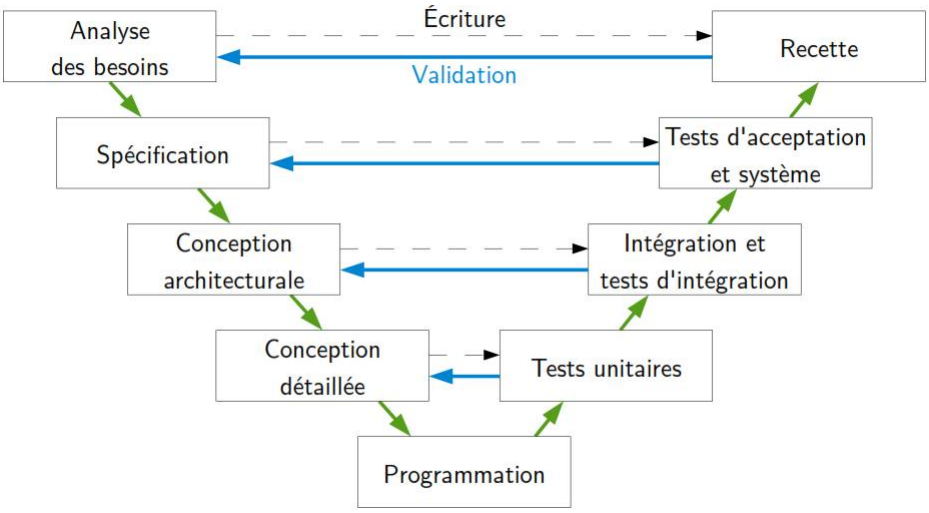
Caractéristiques :

- Variante du modèle en cascade
- Mise en évidence de la complémentarité des phases menant à la réalisation et des phases de test permettant de les valider

Inconvénients : les mêmes que le cycle en cascade

- Processus lourd, difficile de revenir en arrière
- Nécessite des spécifications précises et stables
- Beaucoup de documentation

Processus en V



Niveaux de test

Test unitaire: test de chaque unité de programme (méthode, classe, composant), indépendamment du reste du système

Test d'intégration: test des interactions entre composants (interfaces et composants compatibles)

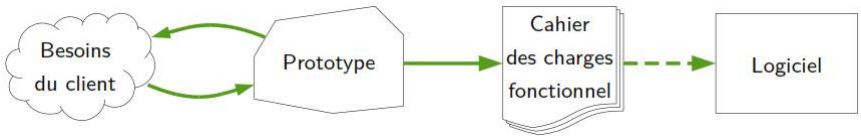
Test d'acceptation et système: test du système complet par rapport à son cahier des charges

Recette: faite par le client, validation par rapport aux besoins initiaux (tests, validation des documents, conformité aux normes...)

Développement par prototypage

Principe :

- Développement rapide d'un prototype avec le client pour valider ses besoins
- Écriture de la spécification à partir du prototype, puis processus de développement linéaire

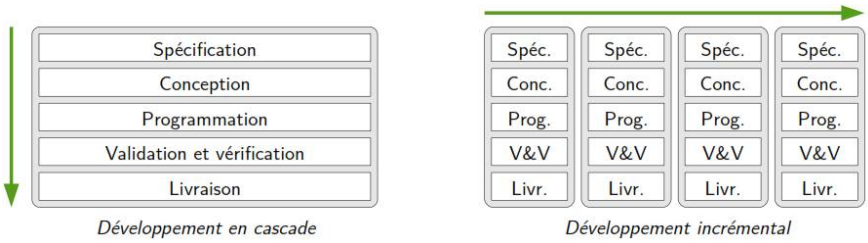


Avantage: Validation concrète des besoins, moins de risques d'erreur de spécification

Développement incrémental

Principe:

- Hiérarchiser les besoins du client
- Concevoir et livrer au client un produit implantant un sous ensemble de fonctionnalités par ordre de priorité



Avantage: Minimiser le risque d'inadéquation aux besoins

Difficulté: Intégration fonctionnalités secondaires non pensées en amont

Méthodes agiles et *extreme programming*

Principes:

- Implication constante du client
- Programmation en binôme (revue de code permanente)
- Développement dirigé par les tests
- Cycles de développement rapides pour réagir aux changements

Avantages: développement rapide en adéquation avec les besoins

Inconvénients: pas de spécification, documentation = tests, maintenance ?

Fonctionne pour petites équipes de développement (<20) car communication cruciale

Documentation

Objectif: Traçabilité du projet

Pour l'équipe:

- Regrouper et structurer les décisions prises
- Faire référence pour les décisions futures
- Garantir la cohérence entre modèles et le produit

Pour le client:

- Donner une vision claire de l'état d'avancement du projet

Base commune de référence :

- Personne quittant le projets: pas de perte d'informations
- Personne rejoignant le projet: intégration rapide

Documents de spécification et conception

Rédaction : le plus souvent en langage naturel (français)

Problèmes :

- Ambiguïtés: plusieurs sens d'un même mot selon les personnes ou les contextes
- Contradictions, oublis, redondances difficiles à détecter
- Difficultés à trouver une information
- Mélange entre les niveaux d'abstraction (spécification vs. conception)

Documents de spécification et conception

Alternatives au langage naturel

Langages informels :

- Langage naturel structuré: modèles de documents et règles de rédaction précis et documentés
- Pseudo-code: description algorithmique de l'exécution d'une tâche, donnant une vision opérationnelle du système

Langages semi-formels:

- Notation graphique: diagrammes accompagnés de texte structuré, donnant une vue statique ou dynamique du système

Langages formels:

- Formalisme mathématique: propriétés logiques ou modèle du comportement du système dans un langage mathématique

Documents de spécification et conception

Langages informels ou semi-formels :

- ✓ Avantages: intuitifs, fondés sur l'expérience, facile à apprendre et à utiliser, répandus
- χ Inconvénients: ambigus, pas d'analyse systématique

Langages formels:

- ✓ Avantages: précis, analysables automatiquement, utilisables pour automatiser la vérification et le test du logiciel
- χ Inconvénients: apprentissage et maîtrise difficiles

En pratique: utilisation de langages formels principalement pour logiciels critiques, ou restreinte aux parties critiques du système

Modélisation

Modèle: Simplification de la réalité, abstraction, vue subjective

- Modèle météorologique, économique, démographique…

Modéliser un concept ou un objet pour:

- Mieux le comprendre (modélisation en physique)
- Mieux le construire (modélisation en ingénierie)

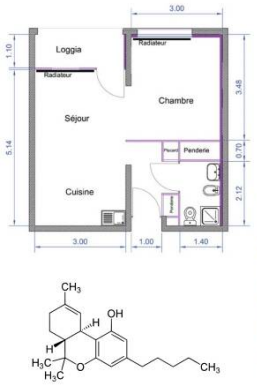
En génie logiciel:

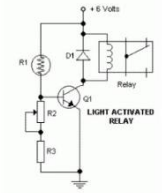
- Modélisation = spécification + conception
- Aider la réalisation d'un logiciel à partir des besoins du client

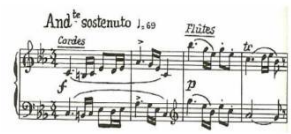
Modélisation graphique

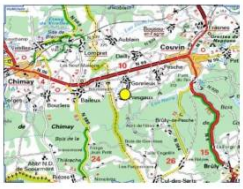
Principe: ***« Un beau dessin vaut mieux qu'un long discours »***

Seulement s'il est compris par tous de la même manière









UML: Unified Modeling Language

Langage :

- Syntaxe et règles d'écriture
- Notations graphiques normalisées

… de modélisation:

- Abstraction du fonctionnement et de la structure du système
- Spécification et conception

… unifié:

- Fusion de plusieurs notations antérieures: Booch, OMT, OOSE
- Standard défini par l'OMG (Object Management Group)
- Dernière version: UML 2.5 (juin 2015)

En résumé: Langage graphique pour visualiser, spécifier, construire et documenter un logiciel

Pourquoi UML ?

Besoin de modéliser pour construire un logiciel

- Modélisation des aspects statiques et dynamiques
- Modélisation à différents niveaux d'abstraction et selon plusieurs vues
- Indépendant du processus de développement

Besoin de langages normalisés pour la modélisation

- Langage semi-formel
- Standard très utilisé

Conception orientée objet

- Façon efficace de penser le logiciel
- Indépendant du langage de programmation (langages non objet)

Méthodes de conception

Conception fonctionnelle

- Système = ensemble de fonctions
- État du système (données) centralisé et partagé par les fonctions

Conception guidée par les données

- Système = base de données
- Fonctions communes à toutes les données
- Adaptée à l'élaboration de grandes bases de données

Conception orientée objet

- Système = ensemble d'objets
- Objet = données + fonctions
- État du système distribué entre tous les objets

Conception orienté objet

Principes

- Concept du domaine d'application = objet
  Décrit par état (attributs) + comportement (opérations)
- Liens entre concepts: héritage, agrégation, composition…

Caractéristiques des objets

- Identité: objet = entité unique (mêmes attributs ➔ même objet)
- Classification: regroupement des objets de même nature (attributs + opérations)
- Polymorphisme: comportement différent d'une même opération dans différentes classes
- Héritage: partage hiérarchique des attributs et opérations

Conception orienté objet avec UML

UML

- Langage graphique: Ensemble de diagrammes permettant de modéliser le logiciel selon différents vues et à différents niveaux d'abstraction
- Modélisation orientée objet: modélisation du système comme un ensemble d'objets interagissant

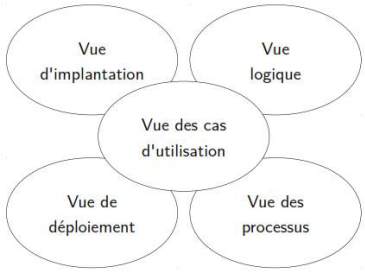
UML n'est pas une méthode de conception

UML est un outil indépendant de la méthode

Diagrammes UML

Représentation du logiciel à différents points de vue:

- Vue des cas d'utilisation : vue des acteurs (besoins attendus)
- Vue logique : vue de l'intérieur (satisfaction des besoins)
- Vue d'implantation : dépendances entre les modules
- Vue des processus : dynamique du système
- Vue de dépoilement : organisation environnementale du logiciel



Diagrammes UML

14 diagrammes hiérarchiquement dépendants

Modélisation à tous les niveaux le long du processus de développement

Diagrammes structurels:

- Diagramme de classes
- Diagramme d'objets
- Diagramme de composants
- Diagramme de déploiement
- Diagramme de paquetages
- Diagramme de structure composite
- Diagramme de profils

Diagrammes comportementaux :

- Diagramme de cas d'utilisation
- Diagramme d'états-transitions
- Diagramme d'activité

Diagrammes d'interaction :

- Diagramme de séquence
- Diagramme de communication
- Diagramme global d'interaction
- Diagramme de temps

Exemple d'utilisation des diagrammes

Spécification

- Diagrammes de cas d'utilisation: besoins des utilisateurs
- Diagrammes de séquence: scénarios d'interactions entre les utilisateurs et le logiciel, vu de l'extérieur
- Diagrammes d'activité: enchainement d'actions représentant un comportement du logiciel

Conception

- Diagrammes de classes: structure interne du logiciel
- Diagrammes d'objet: état interne du logiciel à un instant donnée
- Diagrammes états-transitions: évolution de l'état d'un objet
- Diagrammes de séquence: scénarios d'interactions avec les utilisateurs ou au sein du logiciel
- Diagrammes de composants: composants physiques du logiciel
- Diagrammes de déploiement: organisation matérielle du logiciel