Conduite de Projet
Cours 3 — Spécification

Stefano Zacchiroli
zack@irif.fr

Laboratoire IRIF, Université Paris Diderot

2018–2019

Sommaire

Outline

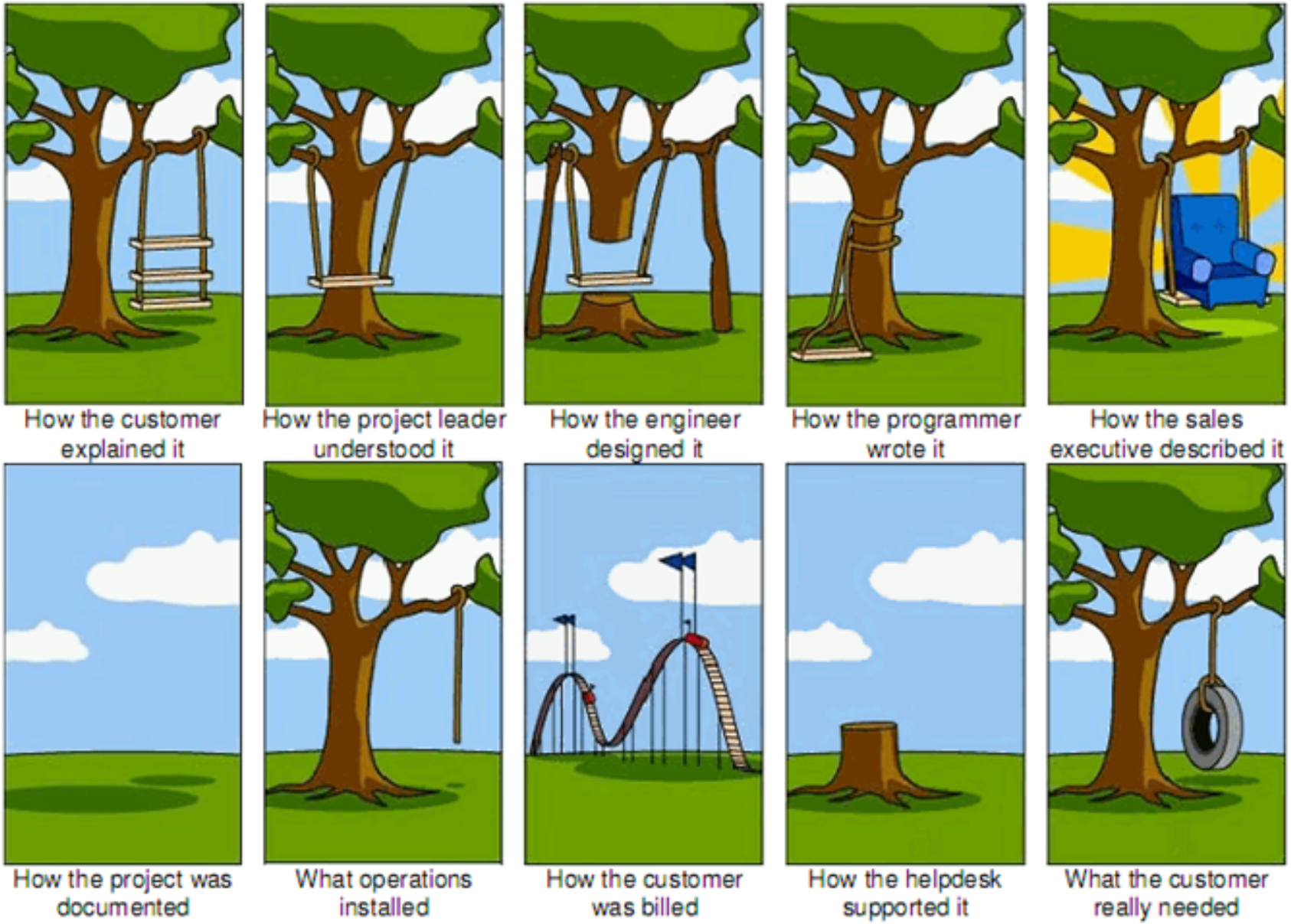
Des besoins du client à la spécification du système

- La spécification établit ce que le système doit faire (le QUOI) et les contraintes sous lesquelles il doit opérer.
- L'ingénierie de la spécification consiste donc établir une communication entre les clients et les concepteurs du systèmes.
- Comme tout processus de communication, il s'agit donc d'un échange d'informations ayant pour support un canal de communication entre plusieurs entités.

Questions :

- Quelles sont ces entités ?
- Quelle information doit être échangée ?
- Quels sont les canaux de communication à notre disposition ?

Le problème


How the customer explained it
How the project leader understood it
How the engineer designed it
How the programmer wrote it
How the sales executive described it
How the project was documented
What operations installed
How the customer was billed
How the helpdesk supported it
What the customer really needed

Une étude de cas

- Un projet du cours POCA (Programmation Objet, Concepts Avancés), Master :

Spécification, Conception, Développement et Maintenance d'un *Moteur Générique de Jeux d'Aventure*

- Le format du sujet : un appel d'offre sous la forme d'un e-mail décrivant les besoins d'une société d'édition de jeux vidéos
  - de façon très informelle

Des spécifications de natures diverses

Il est essentiel de dissocier dans la description d'un système, les deux points de vue :

externe celui des utilisateurs non informaticiens, des décideurs, ...

interne celui des concepteurs, des personnels techniques, ...

- Pour le point de vue externe, on définit une spécification des besoins (*user requirements*) : une description de *haut niveau d'abstraction des services* que doit rendre le système et les contraintes sous lesquelles il opère.
- Pour le point de vue interne, on définit une spécification du système (*system requirements*) : une description *la plus précise possible* du système qui doit être réalisé.

Outline

Étude de cas : spécification des besoins

Voici quelques questions qui pourraient initier l'établissement de la spécification des besoins liés à l'appel d'offre précédent :

?

Étude de cas : spécification des besoins

Voici quelques questions qui pourraient initier l'établissement de la spécification des besoins liés à l'appel d'offre précédent :

- Pour vous, qu'est-ce qu'une aventure ?
- Pour vous, qu'est-ce qu'un scénario ?
- Quel degré d'expressivité vous serait utile ?
- Comment souhaitez vous qu'un joueur formule ses commandes de jeu ?
- Est-ce que l'on doit pouvoir jouer à plusieurs en même temps ?
- Peut-on jouer sur Internet ?
- Peut-on jouer sur un téléphone portable ?
- Est-ce que la description d'une scène nécessite une animation ?
- Quelles compétences doivent être nécessaires à l'écriture d'un nouveau scénario ?
- . . .

Nature des spécifications du système

Il y a deux grandes catégories de spécifications de système :

- Les spécifications fonctionnelles : on définit les services du système en termes de relation entre les sorties et les entrées.
- Les spécifications non fonctionnelles : ce sont les contraintes et les propriétés remplies par le système dans son intégralité, comme, par exemple, l'efficacité, la robustesse, la sécurité, ...

Certain spécification dépendent du contexte d'utilisation du système :

- Les spécifications liées aux domaines d'activité : ce sont des spécifications, fonctionnelles ou non fonctionnelles, qui définissent des informations ou des contraintes liées aux règles qui régissent certains domaines.

Étude de cas : spécification du système

- Une spécification fonctionnelle du moteur générique de jeu d'aventure pourrait par exemple établir ...
- Une spécification non fonctionnelle pourrait par exemple établir que ...
- Une spécification liée au domaine pourrait par exemple ...

?

Étude de cas : spécification du système

- Une spécification fonctionnelle du moteur générique de jeu d'aventure pourrait par exemple établir *le format textuel des requêtes du joueur.*
- Une spécification non fonctionnelle pourrait par exemple établir que — *si le jeu d'aventure peut se jouer sur Internet — il ne bloque pas si la connexion est interrompue quelques instants.*
- Une spécification liée au domaine pourrait par exemple *définir précisément ce que l'on entend par « scénario ».*

Différents point de vue sur les spéc. du système

Il y a de nombreux niveaux de descriptions de la spécification du système :

- La spécification système des utilisateurs : c'est un **contrat** entre les concepteurs et les utilisateurs qui fixent, en des termes les plus précis possibles, ce que l'on attend du système en vue de satisfaire les besoins (qui ont été spécifiés plus tôt).
- La spécification de l'architecture : c'est un **contrat** entre les concepteurs et les développeurs qui établit le partitionnement modulaire du système.
- La spécification technique : c'est un **contrat** entre les développeurs qui établit une interface entre les composants logiciels développés indépendamment.

La vérifiabilité des spécifications non fonctionnelles

La réalisation d'un contrat doit être vérifiable.

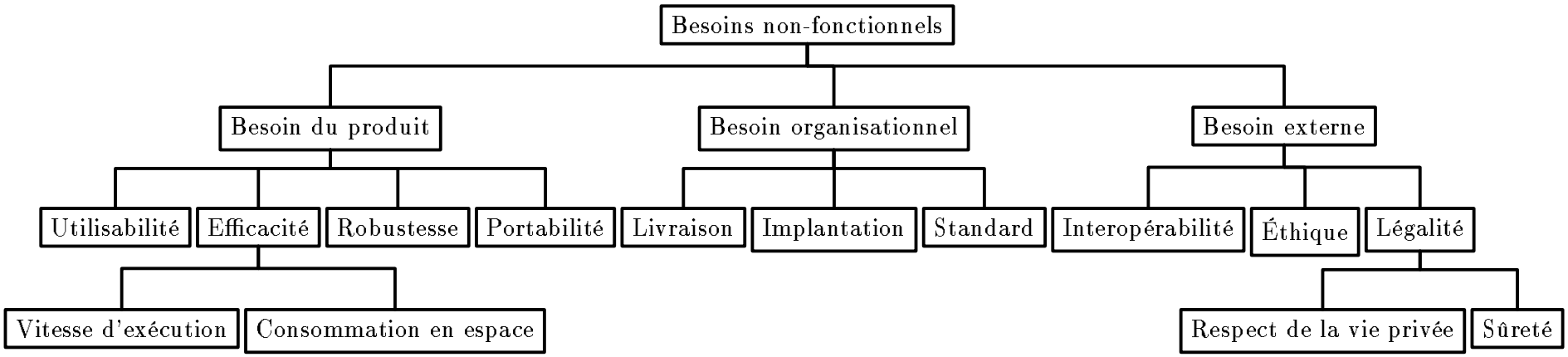
- Or, si la spécification a été formulée en des termes imprécis, cette vérification est mise à mal.
  - Pour éviter d'interminables procès, la société moderne cherche à tout quantifier.
  - Il est difficile d'établir des mesures pour toute chose.
    - P.ex. : un indice de divertissement, une évaluation objective du bonheur, un entier représentant la facilité d'utilisation ou l'amélioration du bien commun, la pertinence de travaux de recherche, ...
- C'est en général la « bonne foi » de chaque partie qui est évaluée.

Étude de cas : une spéc. non fonctionnelle vérifiable

- Une commande de jeu d'aventure est simple à effectuer si elle ne nécessite pas plus de trois clics de souris successifs.

Organisation des spécifications non fonctionnelles

- Une difficulté supplémentaire des spécifications non fonctionnelles est issue de leur immatérialité
  - on ne peut pas les associer à un composant particulier du système
  - une spécification non fonctionnelle peut générer plusieurs autres spécifications (fonctionnelles ou non fonctionnelles)
- De façon à y voir clair, on peut toutefois les organiser et les hiérarchisant de la façon suivante, par exemple :



Des spéc. du système à différents degrés de détails

- Idéalement, une spécification ne devrait se préoccuper que du comportement observable d'un système.
- Cependant, le niveau de détails nécessaire pour spécificier précisément ce comportement nécessite souvent une intrusion dans la conception de ce dernier.
- En effet, pour bien comprendre la cohérence d'un système, et en particulier, la bonne interaction entre ses composants internes ou bien les contraintes d'interopérabilité avec des systèmes externes, il faut se placer au bon niveau de détails.

La difficulté est ici de savoir de quoi s'abstraire.

Outline

Écrire la spécification du système à l'aide de notations

Les langages naturels sont souvent utilisés pour spécifier les systèmes.

Tirés de l'étude d'un échantillon important de spécifications de logiciel :

`http://eprints.biblio.unitn.it/view/department/informaticas.html` (2000)

- 71.8% de ces documents sont écrits en langage naturel.
- 15.9% de ces documents sont écrits en langage naturel structuré.
- 5.3% de ces documents sont écrits dans un langage formalisé.

Écrire la spécification du système à l'aide de notations

Les langages naturels sont souvent utilisés pour spécifier les systèmes.

Malheureusement, ces spécifications sont sujets à des mécompréhensions :

Ambiguïtés un même mot ne fait pas toujours référence au même concept chez deux locuteurs différents ou dans deux contextes différents.

Flexibilité excessive un même concept peut être expliqué de plusieurs façons différentes, ce qui complique la recherche d'information.

Modularisation difficile le partage des mots entre différents modules rend difficile la tracabilité des concepts (quel module est en charge de quoi ?).

Écrire la spécification du système à l'aide de notations

Il existe des solutions de remplacement du langage naturel libre.

1. Langage naturel structuré : on fixe des patrons, des modèles de fiches, et des formulations, dont le sens est explicité de la façon la moins ambiguë possible dans une partie liminaire de la spécification. La suite de la spécification doit s'appuyer uniquement (ou le plus possible) sur ces constructions.

2. Description algorithmique : un langage de programmation abstrait est utilisé pour donner une vision opérationnelle du système. Si la sémantique de ce langage est formalisée, alors une telle notation à l'avantage d'être formelle et pertinente en vue de l'implémentation.

Écrire la spécification du système à l'aide de notations

Il existe des solutions de remplacement du langage naturel libre.

3. Notation graphique : des diagrammes, annotatés généralement par du texte en langage structuré, représentent le système. Ces notations sont particulièrement pratiques pour fournir une vue d'ensemble, statique ou dynamique, d'un système ou d'un sous-système. Cependant, leur sémantique doit être précisée.

4. Spécification mathématique : des formules ou des objets mathématiques définissent un système en s'appuyant sur des théories dont les axiomes sont explicités.

Étude de cas : une spécification en langage structuré

Titre	Vérification de la validité d'une commande du joueur
Description	Analyse la validité d'une commande en fonction de l'état de la partie.
Entrée	Une commande.
Précondition	Être bien formée.
Résultat	Un booléen.
Postcondition	Le résultat vaut **true** ssi la commande est valide.

Figure – Fiche « fonctionnalité »

Étude de cas : une spécification en langage structuré

Titre	Bien formée
Description	Une commande est bien formée si c'est un triplet de : • une action définie. • un ensemble d'objets définis appelé acteurs. • un ensemble d'objets définis appelé cibles.
Domaine	Une commande.

Figure – Fiche « propriété »

Étude de cas : une spéc. en langage algorithmique

Soit $\mathcal{A}$: *set action*.
Pour tout $a \in$ ToutesActions **Faire**
  Pour tout *acteurs* $\in \mathcal{P}$(Objets(Scene)) **Faire**
    Pour tout *cibles* $\in \mathcal{P}$(Objets(Scene)) **Faire**
      Si Commande(a, *acteurs*, *cibles*) **est** Valide **Alors**
        $\mathcal{A} := a \cup \mathcal{A}$
    Fin Faire
  Fin Faire
Fin Faire

Figure – Calcul des action possible pour une scène fixée.

Étude de cas : une spéc. en langage algorithmique

Soit $\mathcal{A}$: *set action*.
Pour tout $a \in$ ToutesActions **Faire**
  Pour tout *acteurs* $\in \mathcal{P}$(Objets(Scene)) **Faire**
    Pour tout *cibles* $\in \mathcal{P}$(Objets(Scene)) **Faire**
      Si Commande(a, *acteurs*, *cibles*) **est** Valide **Alors**
        $\mathcal{A} := a \cup \mathcal{A}$
    Fin Faire
  Fin Faire
Fin Faire

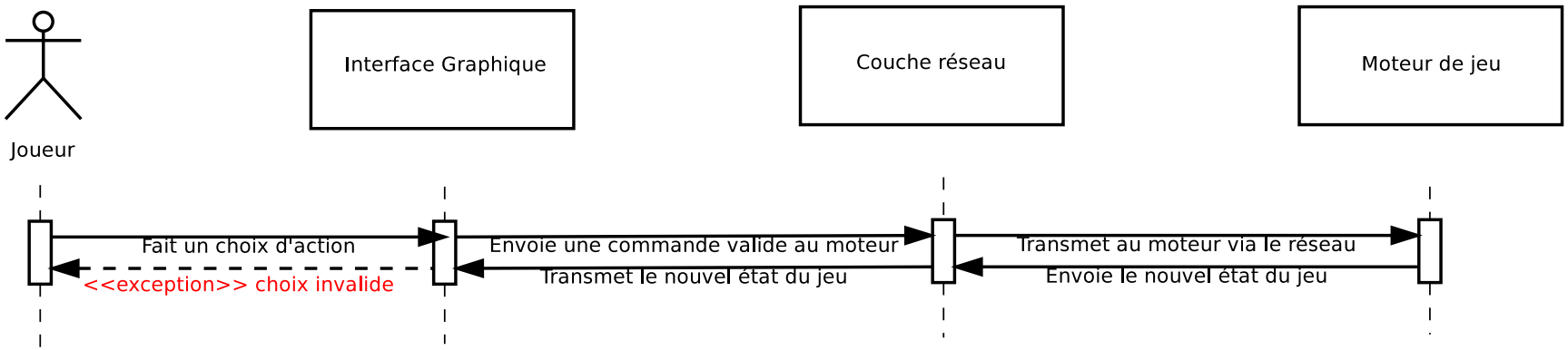
Figure – Calcul des action possible pour une scène fixée.

N.B. : cette description algorithmique serait avantageusement remplacée par l'objet mathématique :

$$\{a \in \mathit{ToutesActions} \mid \text{Valide}(\text{Commande}(a, s, c)), (s, c) \in \text{Objets(Scene)}^2\}$$

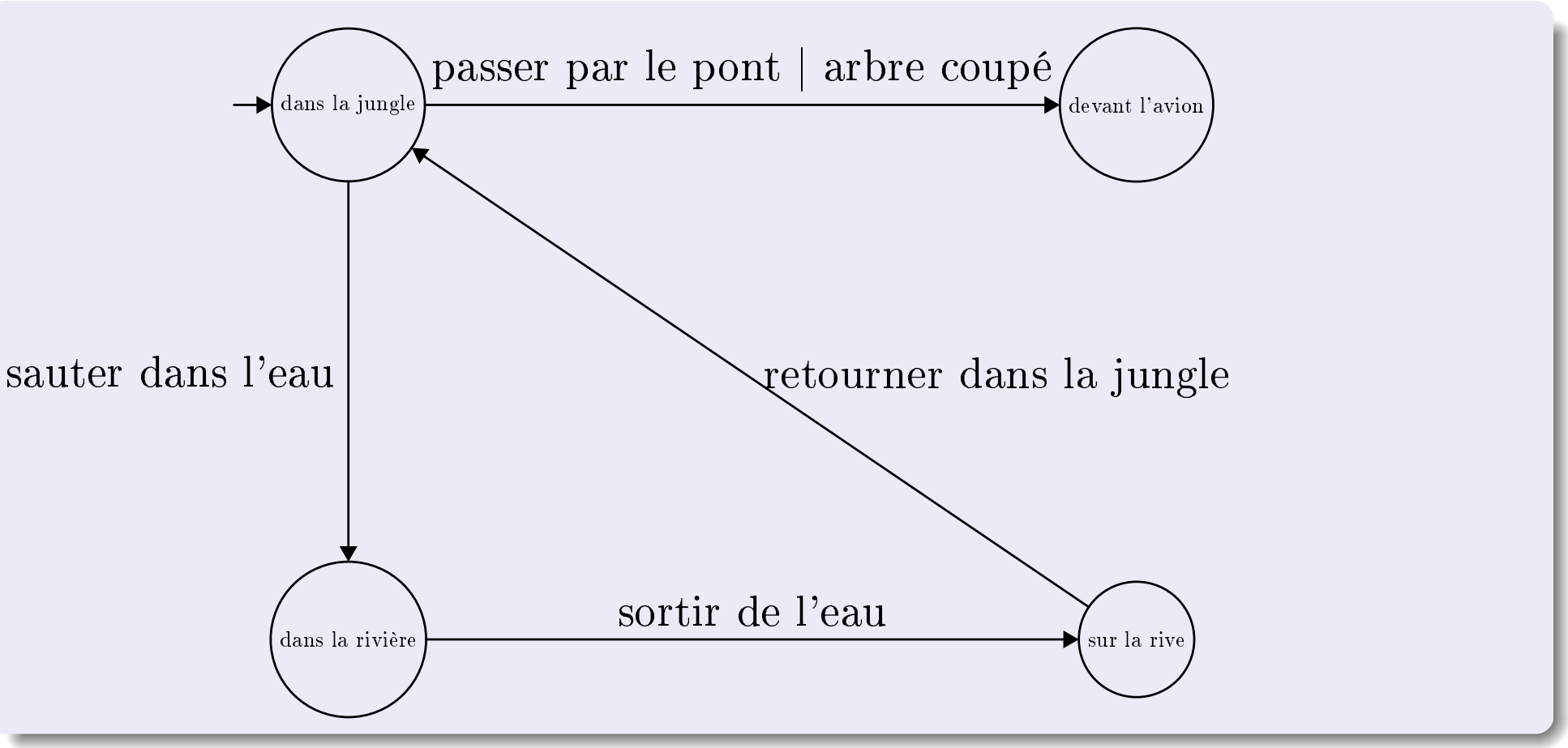
puisqu'elle n'apporte pas d'information algorithmique pertinente.

Étude de cas : diagramme d'interaction d'un joueur



Étude de cas : une spécification mathématique

- Un automate de Moore pour décrire un scénario.



Outline

Écrire un cahier des charges

- Le cahier des charges est le document **contractuel** décrivant la spécification.
- Il existe un plan standard (IEEE/ANSI 830-1998) de cahier des charges.
  - *Guidelines for Software Requirements Specifications (SRS)*

Écrire un cahier des charges

Préface audience, version history, changelog, ...

Introduction objectifs du document, portée du produit, ...

Glossaire définitions, acronymes, conventions utilisées, ...

Spécification des besoins point de vue externe (fonctionnelle et non fonctionnelle)

Architecture du système description haut niveau de l'architecture du système (prévue !), répartition de fonctionnalités sur les modules, annotation de module réutilisés

Spécification du système point de vue interne (fonctionnelle et non fonctionnelle)

Modèles du système relations entre sous-systèmes, composants, et systèmes externes, ...

Évolution du système assomptions du système, prévisions sur comment le système va évoluer, ...

Appendices information plus détailles, e.g. description hardware et bases de données utilisées, configurations minimales/conseilles pour opérer le systèmes, ...

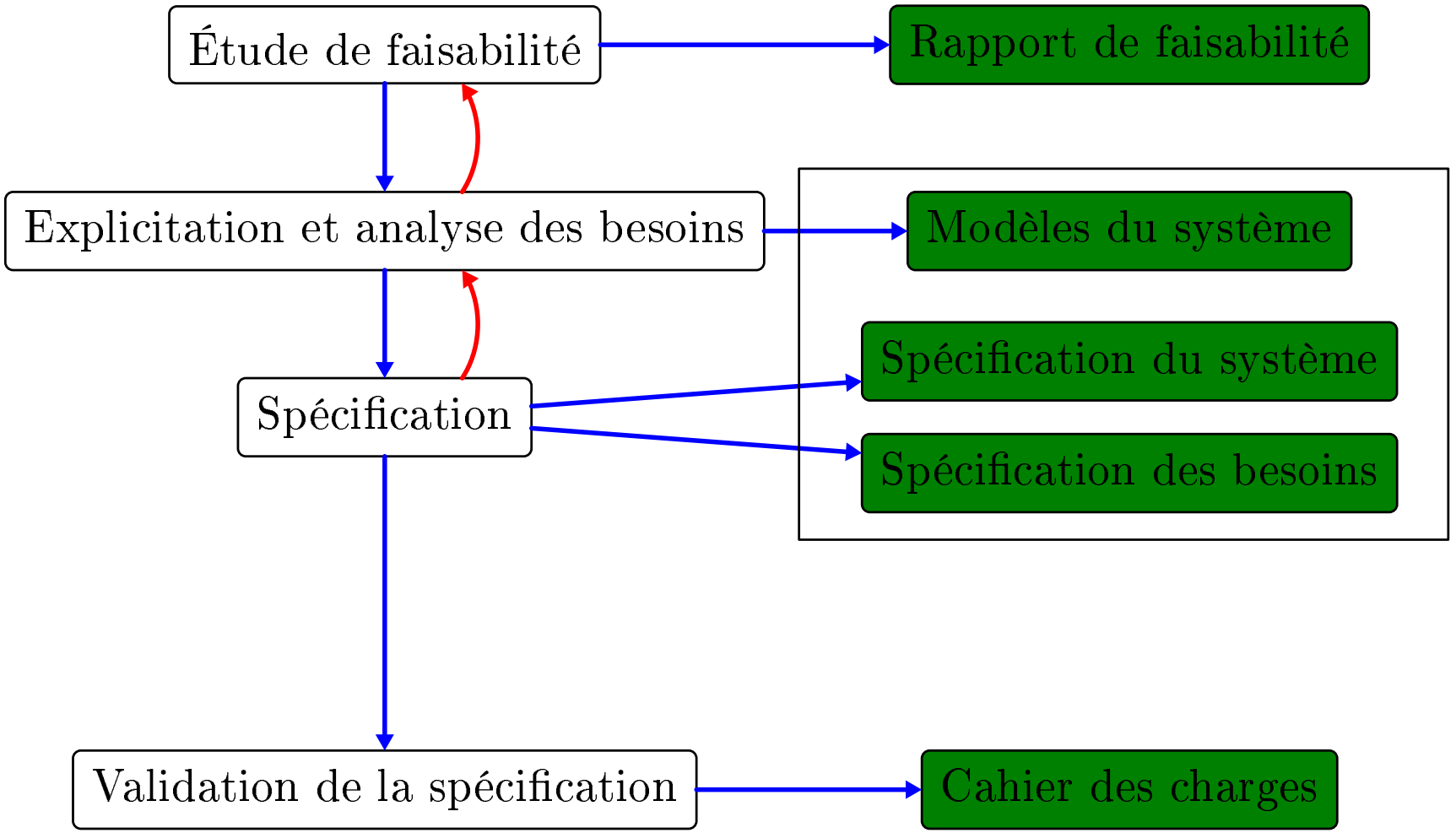
Index plusieurs indexes, pour utiliser le cahier des charges comme référence

Public d'un cahier de charges

Partie	Public
Spécification des besoins	décideurs du client, utilisateurs finaux, ingénieurs du client, gestionnaires de contrats, chefs de projet du client, architectes de système
Architecture	utilisateurs finaux, ingénieurs du client, chefs de projet du client, développeurs internes
Spécification du système	idem
Modèles du système	idem
Évolution du système	idem

Outline

Comment définir des spécifications ?



Outline

Étude de faisabilité

- L'étude de faisabilité dresse une vue d'ensemble du rôle du système dans son éventuel environnement d'utilisation en vue d'évaluer sa pertinence.
  - Le rapport obtenu sert à décider si l'étude du système mérite un approfondissement ou si elle doit être suspendue.
- Cette étude est donc courte et se focalise sur les questions suivantes :
  1. Est-ce que le système contribue aux objectifs essentiels de l'environnement d'utilisation ?
  2. Est-ce que le système peut être implémenté à l'aide des technologies existantes et dans le cadre budgétaire et les contraintes temporelles fixées ?
  3. Est-ce que le système pourra être intégré aux autres systèmes déjà en place ?
  - Une prospection est nécessaire pour répondre à ces questions.

Étude de faisabilité

Il faut déterminer les personnes intéressées par le système (*stakeholders*) et procéder à une extraction d'informations.

Voici des exemples de questions à poser pour ce faire :

1. Que feriez-vous si le système n'était pas implémenté ?
2. Quels sont les problèmes avec les systèmes existants ?
3. Pourquoi un nouveau système améliorerait cette situation ?
4. Quelle contribution directe apporterait un tel système sur votre travail ?
5. Est-ce que des informations sont partagées avec des systèmes externes ?
6. Est-ce que le système nécessiterait une technologie inconnue des utilisateurs ?
7. Quel serait du ressort du système et qu'est-ce qu'il ne le serait pas ?

Étude de cas : différentes situations à évaluer

- Il existe déjà un moteur générique de jeu d'aventure sur le marché.
- Le temps de développement d'un jeu d'aventure spécifique est court.
- L'interaction du joueur avec le jeu d'aventure doit utiliser la voix.
- ...

Exercice

Imaginez d'autres situations qui mettraient en jeu la faisabilité du système.

Analyse des besoins

- L'analyse des besoins a lieu une fois que l'étude de faisabilité a reçu une réponse positive.
- On doit alors expliciter et analyser les besoins.
  - Il s'agit d'une extraction minutieuse d'information.

- Il est nécessaire de :
  1. définir les personnes affectées (*stakeholders*) par le système ;
  2. d'évaluer leurs besoins par ordre d'importance.

Les personnes affectées par le système

Les difficultés de l'interaction avec les personnes affectées par le système sont multiples :

- Elles sont pour la plupart étrangères à l'informatique et décrivent donc leur interaction avec le système en utilisant des termes imprécis ou exotiques.
- Elles n'ont pas de notion de ce qui est réalisable ou non.
- Elles n'ont pas conscience de la connaissance implicite sur leur travail qu'elle véhicule dans leur discours. Pourtant, c'est exactement la connaissance que vous devez extraire !
- Les différentes *stakeholders* ont des besoins et des points de vue différents, parfois même conflictuels, sur le système et la hiérarchisation des fonctionnalités.
- Des considérations politiques peuvent rentrées en jeu.
- L'environnement économique, par définition changeant, joue un rôle important sur l'évolution possible du système.

L'évaluation hiérarchisée des besoins

- Il est essentiel d'expliciter les besoins les plus importants en premier lieu.
  - Dans le cas contraire, on prend le risque de manquer une fonctionnalité importante et de reprendre à zéro sa compréhension du système dans son ensemble.
- On peut décomposer cette étape en sous-étapes :
  1. Explicitation des besoins ;
  2. Classification et organisation des besoins ;
  3. Définition des priorités et négociation ;
     - pour résoudre les conflits
  4. Documentation des besoins.

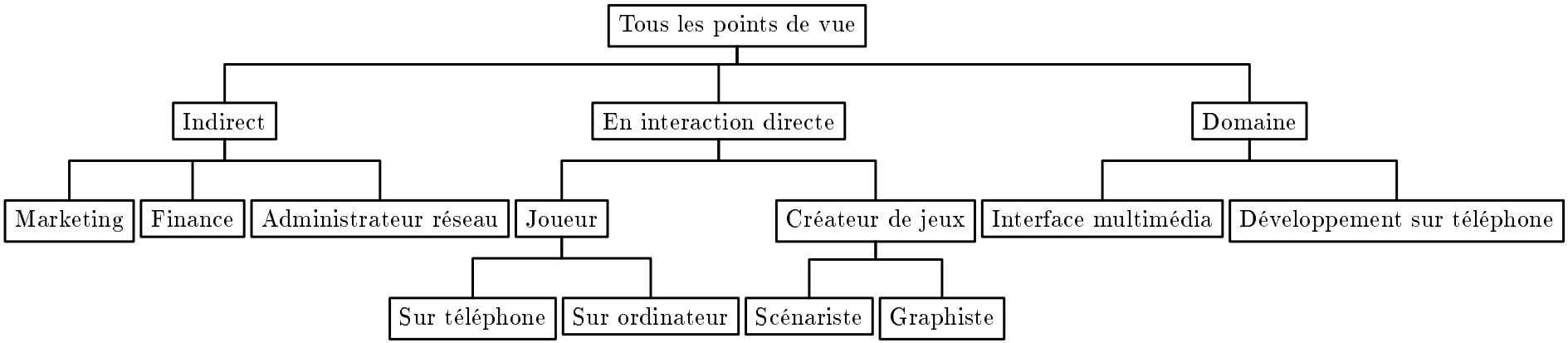
Explicitation des besoins

- Il faut définir ses interlocuteurs.
  - Chacun d'eux définit un point de vue sur le système.
- On peut classifier ses points de vue en trois catégories :
  1. Celui des personnes qui interagissent avec le système (utilisateurs) ;
  2. Celui des personnes qui ont une relation indirecte avec le système ;
  3. Celui, plus général, lié au domaine d'application.
- En fonction de ses points de vue, différentes formes de besoins apparaissent.
- Pour classifier à nouveau ces « sous-points de vue », on peut essayer d'identifier des points de vue plus spécifiques :
  - Des fournisseurs de services et de ceux les utilisant ;
  - Des systèmes devant s'interfacer avec le système à spécifier ;
  - Des règles et des lois régissant le cadre d'utilisation du système ;
  - Des ingénieurs qui développeront et feront maintenance ;
  - Du marketing et des autres points de vue liés à l'image du système.

Étude de cas : points de vue sur le moteur générique

?

Étude de cas : points de vue sur le moteur générique



Extraction de connaissances

L'extraction de connaissance est un exercice difficile qui doit être préparé.
Les interviews sont des outils très puissants pour l'extraction de connaissance (mais ils restent a préparer. . .).

Extraction de connaissances

L'extraction de connaissance est un exercice difficile qui doit être préparé.
Les interviews sont des outils très puissants pour l'extraction de connaissance (mais ils restent a préparer. . .).

- On peut préparer un ensemble de questions précises.
- On doit rester ouvert d'esprit et être à l'écoute de son interlocuteur, sans préjugés.
- Il faut faire preuve de qualité de communication.
- Par exemple, plutôt que de demander à quelqu'un :

  ~~*Que voulez-vous ?*~~

  il est préférable de poser des problèmes concrets.
- En général, il est plus facile d'engager une discussion sur un sujet concret que sur des notions abstraites.

Outline

Utilisation de scénario

Utiliser une session d'interaction comme support de la discussion facilite la projection de votre interlocuteur comme utilisateur du futur système.

Un scénario peut inclure :

1. Une description du contexte dans lequel le scénario démarre.
2. Une description du flot normal des événements d'interaction.
3. Une description de ce qui peut mal se dérouler (erreur, panne, incomplétude, . . .) et de la façon dont se passe la résolution du problème.
4. Des informations sur les activités qui peuvent se dérouler de façon concurrente.
5. Une description de l'état du système à la fin du scénario.

Étude de cas

Contexte	Une partie est en cours. Le joueur a formulé une requête d'action.
Flot normal	La requête est exaucée. L'état de la partie est modifiée en accord avec le scénario et l'interface graphique est mise-à-jour. Un message (textuel ?) informe le joueur du changement.
Cas problématique	L'action n'est pas applicable. Le joueur est informé des causes de l'erreur. Il peut formuler une autre action.
Activités concurrentes	Les animations de la scène se poursuivent tout au long de la résolution de la requête d'action.

Scénario « résolution d'une action »

Cas d'utilisation

- Les cas d'utilisation (*use-cases*) sont une technique fondée sur les scénarios qui jouent un rôle central dans le *Rational Unified Process*.
- C'est un des piliers de la notation UML utilisée pour spécifier les systèmes à l'aide d'un modèle à objets.
- *Stricto senso*, un cas d'utilisation regroupe plusieurs scénarios que l'on regarde à un niveau d'abstraction suffisamment haut pour les assimiler.

Cas d'utilisation

Un diagramme de cas d'utilisation en UML explicite :

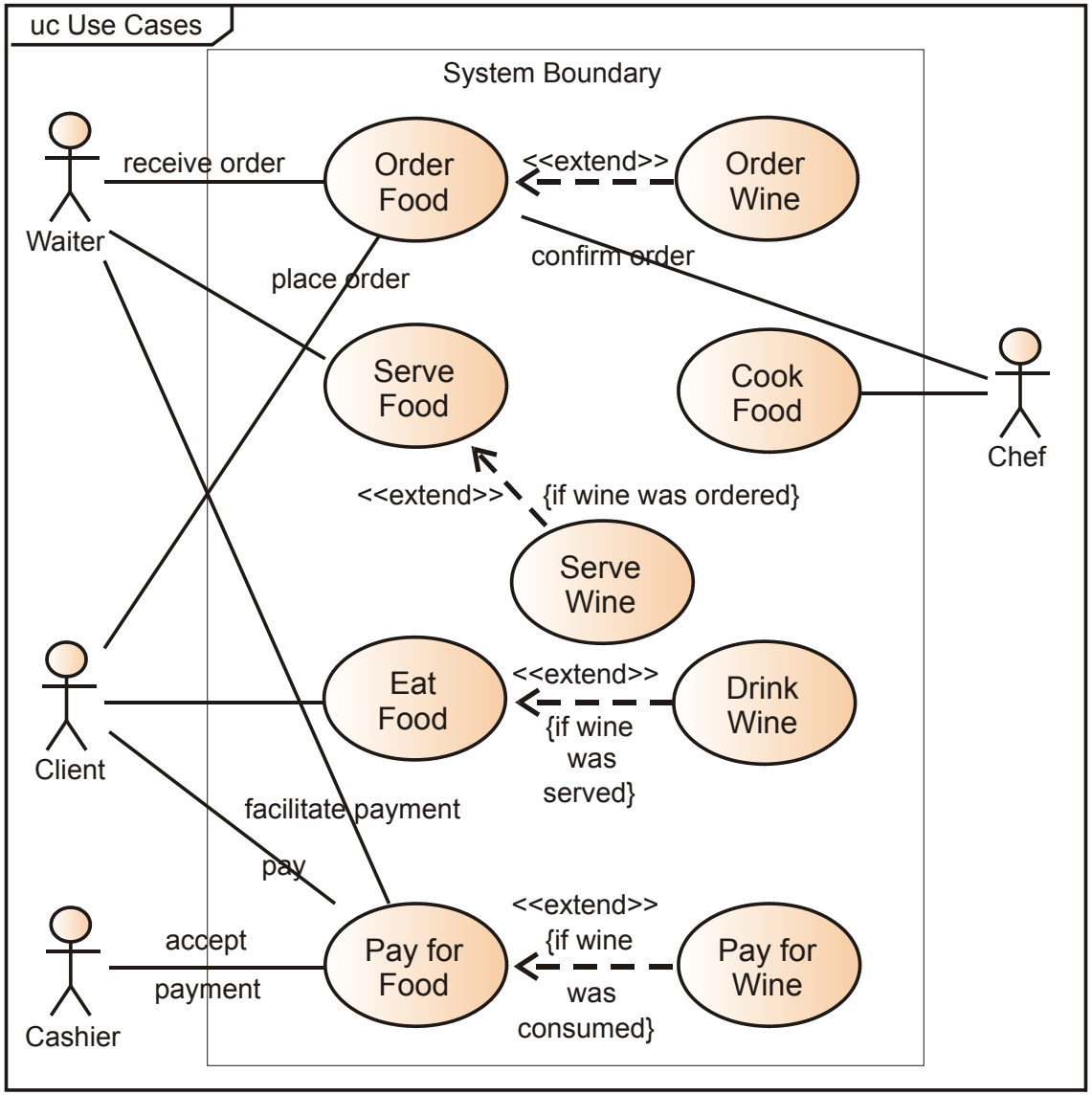
- Les acteurs du système, c'est-à-dire les entités qui intéragissent avec lui et lui sont **extérieurs**.
- Les scénarios du systèmes, regroupés et organisées suivant trois relations principales :

  généralisation explicite des sous-ensembles de scénario ;
  « Faire X, c'est une façon particulière de faire Y » ≡ « Y généralise X »

  inclusion explicite un préfixe d'un scénario ;
  « Pour faire X, il faut d'abord faire Y » ≡ « Y est inclus dans X »

  extension explicite des événements supplémentaires.
  « Faire Y, c'est faire X et Z » ≡ « Y étend X »

Cas d'utilisation



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Use_case_restaurant_model.svg, GNU GFDL

Ethnographie

- Les systèmes sont utilisés dans un environnement « réel ».
- Par nature, les pratiques sont différentes des abstractions théoriques.
- Il se peut qu'un interlocuteur est un discours sur son travail différent de sa réalité quotidienne.

Une immersion dans la réalité de l'environnement d'utilisation du système renseigne parfois beaucoup plus que des discussions organisées pour déterminer comment ses interlocuteurs travaillent *réellement*.

Étude de cas

?

Étude de cas

- Observer comment un joueur de jeu d'aventure interagit avec l'interface.
- Découvrir les processus de création des scénaristes et graphistes.
- S'intéresser aux communications inter-joueurs dans un jeu d'aventure.
- ...

Outline

Validation de la spécification

- La validation de la spécification vise à montrer que les besoins explicités correspondent effectivement à ceux des utilisateurs du système.
- Elle sert aussi à débusquer les erreurs dans le cahier des charges :

  « Plus tôt une erreur est détectée et moins elle coûte. »
- Dans le cas général, détecter une erreur dans la spécification une fois que la conception, le développement et la validation du système sont terminés impliquent une nouvelle passe sur plusieurs phases !
  - ou même toutes les phases avec le modèle en cascade

Points de vérification

- Vérification de la validité : une fois ses besoins explicités, il se peut qu'un acteur revienne sur ses déclarations et ré-exprimé ses besoins différemment.
- Vérification de la cohérence : les besoins exprimés dans le cahier des charges ne doivent pas être contradictoires.
- Vérification de la complétude : le cahier des charges doit, tant que possible, contenir la totalité des besoins des acteurs.
- Vérification du réalisme : on doit vérifier que les besoins peuvent être effectivement satisfaits à l'aide de la technologie existante et en respectant le budget et les délais.
- Vérifiabilité : on doit s'assurer que les besoins sont exprimés sous une forme vérifiable, avec le moins d'ambiguités possibles, de façon à ce que le document puisse faire office de contrat.

Procédés de vérification

- Relecture systématique (*reviews*) du cahier des charges par un ou plusieurs tiers.
- Réalisation d'un prototype. (cf. les processus évolutifs)
- Génération de cas des tests exécutables (*test cases*). (cf. *Extreme Programming*)

Management d'une spécification

- Il n'est pas rare que l'écriture d'un cahier des charges nécessite plusieurs itérations.
  - Définir une spécification est un **développement** en soi.
- Garder une trace de l'évolution d'une spécification est essentiel car elle peut servir à justifier les choix qui ont été pris
  - on évite de revenir en arrière dans le développement.
- Maintenir une dépendance entre les différentes parties de la spécification permet de déterminer rapidement les parties impactées par une modification ou la prise en compte d'une meilleure compréhension d'un point donné.
- Lorsqu'une modification de la spécification est issue d'une évolution du logiciel, on peut évaluer les coûts et les conséquences en termes de modifications de l'implémentation plus efficacement.

Outline

Un point de vue scientifique sur le logiciel

- La modélisation du logiciel est l'activité la plus scientifique de la rédaction du cahier des charges.
- En effet, bien qu'on se cantonne encore au domaine du « QUOI ? », les modèles logiques utilisés par la spécification doivent être le plus précis et le moins ambigu possible.

On applique ici, de façon intensive, le **principe de séparation des problèmes en sous-problèmes** et ses instanciations que sont l'**abstraction** et la **modularité**.

- Il y a encore différents points de vue à adopter :
  - le point de vue externe qui modélise l'environnement et le contexte d'utilisation du système ;
  - le point de vue comportemental qui décrit le fonctionnement observable du système ;
  - le point de vue structurel qui s'intéresse à l'architecture du système et des données qu'il traite.

Exemples de modèles

- Modèle de flot de données
  - Comment les données sont traitées à chaque niveau du système.
- Modèle de composition
  - Quelles sont les entités du système et comment elles interagissent.
- Modèle architectural
  - Quels sont les principaux sous-systèmes.
- Modèle de classification
  - Quelles sont les caractéristiques communes aux composants du système.
- Modèle réactif
  - Comment le système réagit aux événements internes ou externes.

(ils sont seulement des exemples, car il y en a beaucoup plus...)

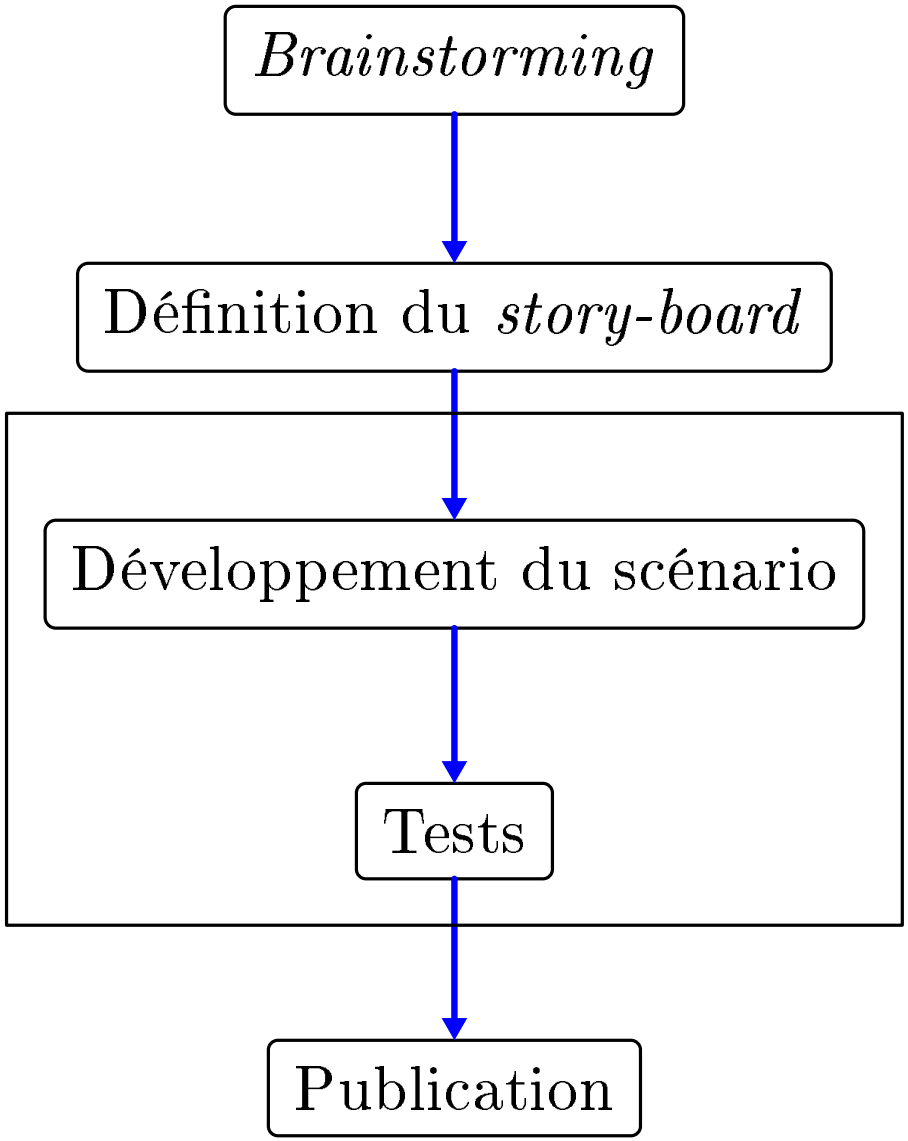
Modèle contextuel

- Un modèle est contextuel lorsqu'il sert à déterminer la **frontière** du système.
- La définition de ce type de modèle est nécessaire à la poursuite de l'analyse puisqu'elle détermine son sujet.
- Exemples de modèles contextuels :
  - les modèles architecturaux.
  - les modèles de processus : on décrit les activités de l'utilisateur comme un processus et on exhibe le sous-ensemble d'activité dont est responsable le système.

Étude de cas : la frontière du moteur de jeux

?

Étude de cas : la frontière du moteur de jeux



Modèle comportemental

Les modèles comportementaux décrivent le fonctionnement observable du système.
Exemples :

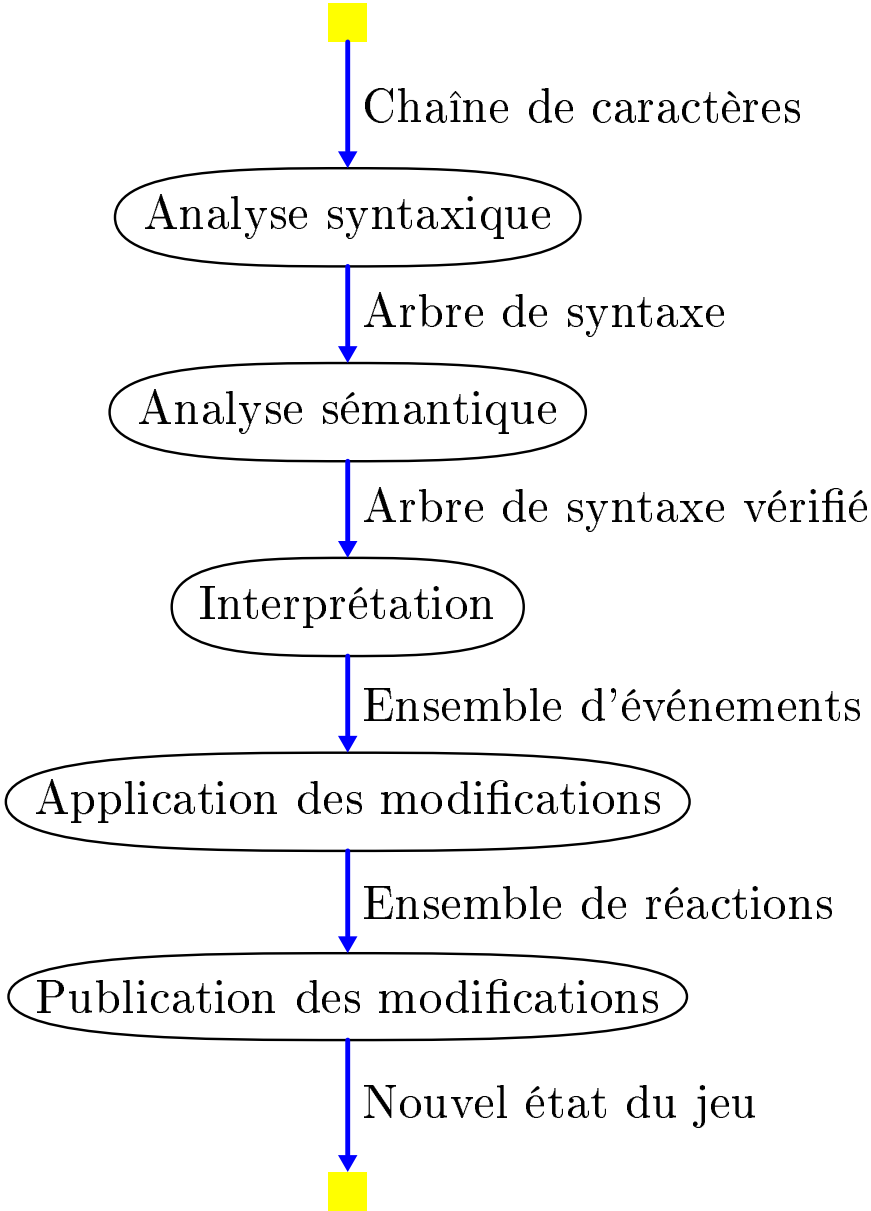
- Modèles de flot de données : les composants logiciels sont vus comme des fonctions qui transforment des données d'entrée en données de sortie.
- Modèles de machine à états finis : le système est représenté par un transformateur de signaux. Un signal est une succession d'événements (appelée aussi *stimuli*s en entrée et *réactions* en sortie.) Les états du systèmes sont énumérés et les transitions entre ces états sont conditionnées par les événements et éventuellement par des contraintes exprimées à l'aide de formule logique ou d'une information codant des propriétés calculatoires externes (jetons pour modéliser des ressources, points de rendez-vous, . . .).

Étude de cas : interprétation d'une comm. du joueur

?

(comme flot de donnée)

Étude de cas : interprétation d'une comm. du joueur

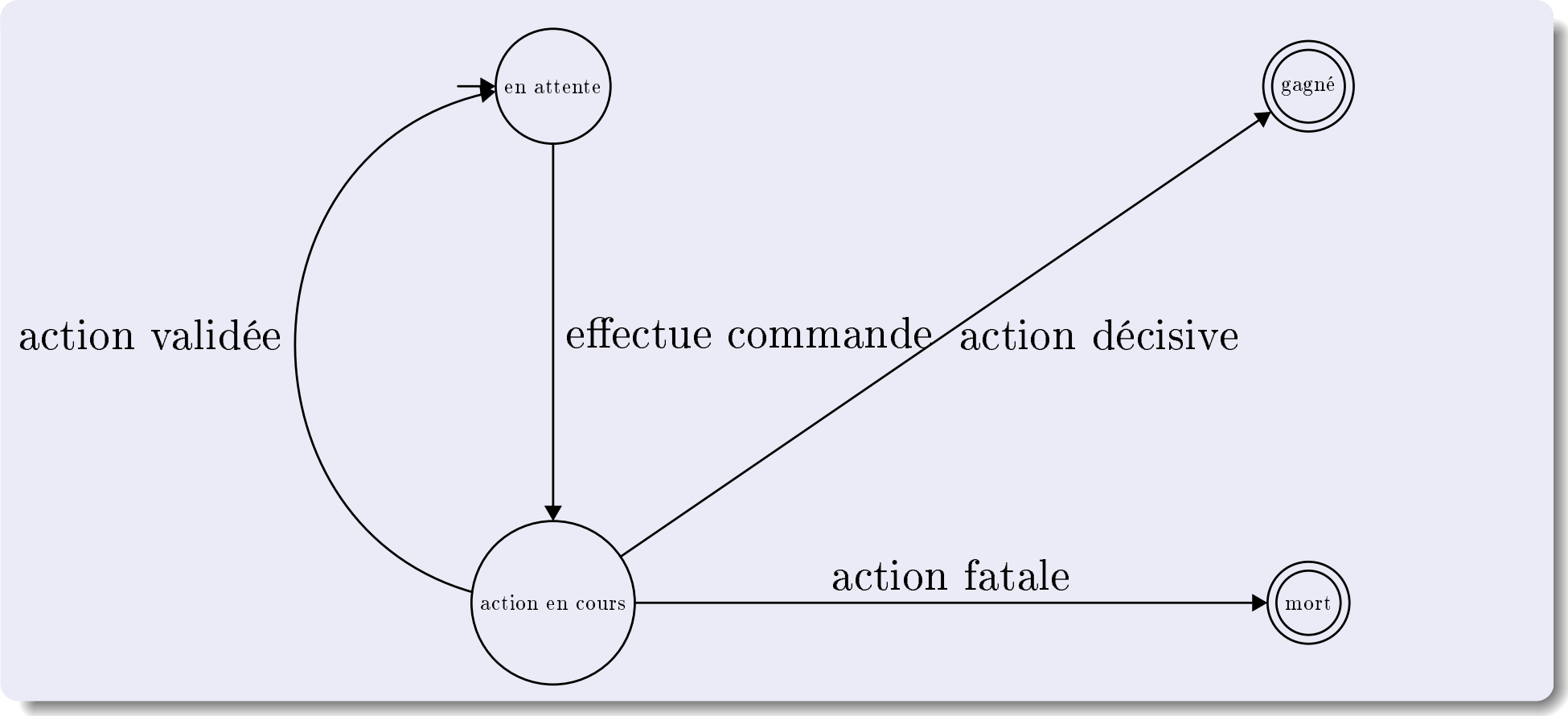


Étude de cas : état du joueur dans une partie

?

(comme machine à états finis)

Étude de cas : état du joueur dans une partie



Modèle orienté données

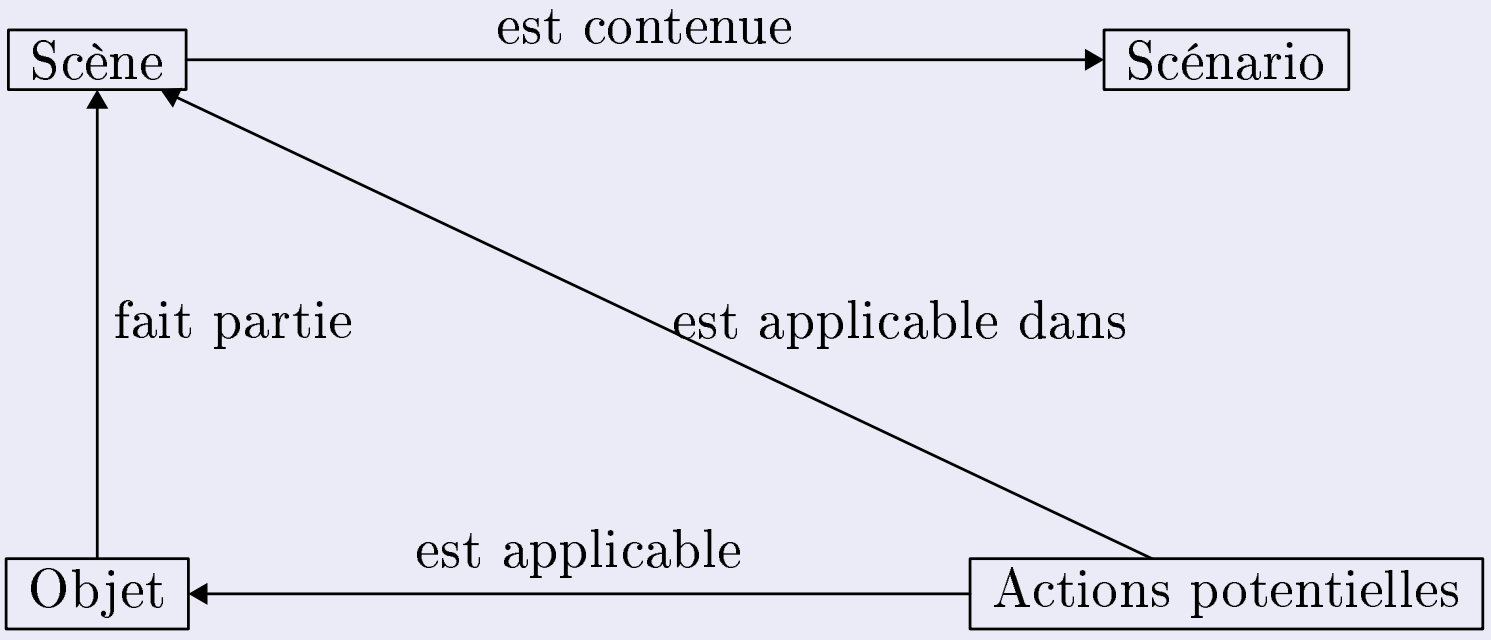
- Les systèmes informatiques manipulent souvent des base de données.
- Les modèles orientés donnés se concentrent sur l'organisation de ces dernières.
- Pour cela, on utilise des modèles relationnels ou entité-relation.
  - *E-R — entity-relationship*
- Ils définissent les différentes catégories de données et les relations (statiques) qui contraignent leur agencement.

Étude de cas : données de description d'un scénario

?

(comme E-R)

Étude de cas : données de description d'un scénario



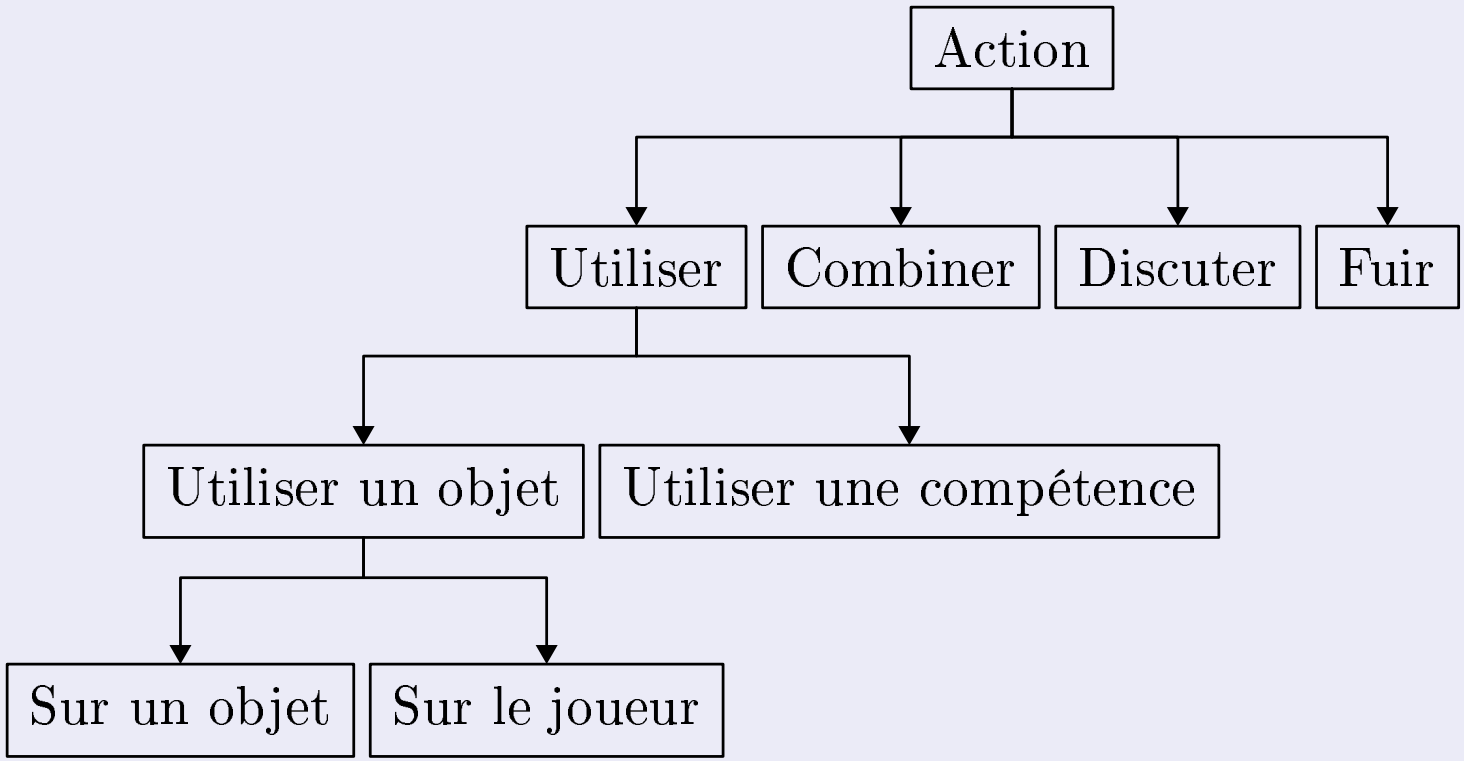
Modèle à objets

- L'approche orientée objet modélise un système sous la forme d'un ensemble d'objets possédant un état propre et interagissant par le biais d'envoi de messages.
- C'est l'approche la plus courante dans l'industrie du logiciel contemporaine, mais (au moins dans sa totalité) il est applicable seulement quand on utilise un langage de programmation à objets
- La notation la plus populaire pour capturer la modélisation à objet est UML, dont certaines parties (et notamment les diagrammes d'architecture) sont aussi applicable dans le cas des langages de programmation non à objets

Étude de cas : taxonomie des actions d'un joueur

?

Étude de cas : taxonomie des actions d'un joueur



Outline

Écrire une spécification

- La notion de spécification recouvre différents aspects fonction du point de vue adopté sur le système.
- Définir une spécification, c'est expliciter des besoins de la façon la plus méthodique, complète et cohérente possible.
- Une spécification se développe, se vérifie, et évolue.
- Elle se concrétise sous la forme d'un cahier des charges qui dirigent la conception du système et sert de contrat entre les différentes parties.