

INGÉNIERIE DES EXIGENCES

Synthèse

IE998
v100a

2016-02-18

Christina KHNAISSER et Luc LAVOIE
Département d'informatique
Faculté des sciences



Christina.Khnaisser@usherbrooke.ca
Luc.Lavoie@usherbrooke.ca
<http://info.usherbrooke.ca/lavoie>

PLAN

- Ingénierie des exigences
- Exploration
- Analyse
- Techniques de modélisation
- Références



L'INGÉNIERIE DES EXIGENCES



NATURE DE L'INGÉNIERIE DES EXIGENCES (IE)

- Définir le problème à résoudre
 - Définir le modèle du problème
- Caractériser les solutions acceptables
 - Spécifier les exigences du logiciel
- Définir les critères d'évaluation des solutions
 - Établir les critères d'évaluation du logiciel

Attention

- La conception de la solution ne fait pas partie de l'ingénierie des exigences.
- La frontière entre l'IE et la conception n'est pas toujours bien délimitée tant au niveau des procédés, des méthodes que des projets.

ORIGINES DE L'INGÉNIERIE DES EXIGENCES

L'ingénierie des exigences est issue du regroupement systématisé de plusieurs activités normalement réalisées au cours du développement d'un système :

- Élaboration des exigences
 - exploration
 - analyse
 - modélisation
 - spécification
- Vérification des exigences
- Validation des exigences
- Sélection des exigences

QUELQUES-UNES DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES

○ **Établir les limites du domaine**

- Explorer un nouveau domaine peut être passionnant, mais il faut limiter ce que l'on doit connaître du domaine à la seule information nécessaire pour résoudre le problème.
- Se poser la question : la compréhension de cette partie du domaine va-t-elle m'aider à comprendre le problème?

○ **Découvrir les sources d'informations**

- Rechercher et recenser toutes les sources d'information pertinentes.
 - experts, utilisateurs, clients et autres parties prenantes;
 - documentation existante;
 - système existant;
 - ...

○ **Exprimer adéquatement les exigences**

- Une exigence doit porter sur un élément nécessaire et important du domaine.
- Une exigence doit être énoncée dans un langage précis, concis et facile à comprendre.

QUELQUES-UNES DES DIFFICULTÉS RENCONTRÉES (BIS)

- Il est **vraiment très difficile** de rédiger (spécifier) correctement une exigence.
- L'énoncé d'une exigence doit être :
 - **clair** offrir une seule interprétation possible;
 - **exact** être conforme à la vérité (formelle) et à la réalité (pratique);
 - **complet** former un tout et ne pas laisser de questions ouvertes;
 - **cohérent** ne pas contredire une autre exigence;
 - **vérifiable** permettre de déterminer si l'exigence a été atteinte ou non;
 - **traçable** en conserver l'origine et l'histoire de son évolution.

UNE CATÉGORISATION PEUT-ELLE AIDER ?

- Selon le domaine général d'application
 - *commercial, scientifique, ingénierie, etc.*
- Selon le mode d'interaction (de la solution)
 - *en différé, interactif, concurrent, distribué, etc.*
- Selon le domaine spécifique d'application
 - *assurances, aluminerie, arts de la scène, etc.*
- Selon la complexité
 - *des données*
 - *des algorithmes*
 - *des interactions avec l'environnement*

CONTEXTE DU PROBLÈME

- Identification du problème **et de son contexte**
- Description du problème **et de son contexte**
- Caractérisation des solutions acceptables **dans le contexte**
- Établissement de critères d'évaluation **en relation avec le contexte**

Domaine d'application
+
Environnement
=
Contexte

Domaine d'application
≡
Domaine métier

QU'EST-CE QU'UNE EXIGENCE?

- Un système **offre** des **services**
- Exemples :
 - Le système doit afficher la position de chaque ascenseur sur l'afficheur de chaque palier.
 - La composition d'un numéro invalide doit conduire à l'émission d'un message et ne doit pas conduire à l'établissement d'une communication avec un abonné.
- Le terme **fonction** est souvent utilisé comme synonyme de service.

- Un système **garantit** des **propriétés**
- Exemples
 - Un ascenseur ne peut changer de direction qu'après s'être immobilisé à un étage.
 - Un appel téléphonique doit être desservi en moins de 12 ms.
- Le terme **caractéristique** est souvent utilisé comme synonyme de propriété.

QU'EST-CE QU'UNE EXIGENCE?

PROPRIÉTÉS ET SERVICES

Propriété

- Prédicats dont les valeurs des variables sont puisées dans l'environnement du système (en particulier des données traitées par celui-ci) et dont la satisfaction met en cause un ou plusieurs services.

Service

- Action par laquelle le système change l'état de son environnement (et, le plus souvent, son propre état).
- Fonction que l'utilisateur peut appeler (directement ou indirectement) et dont il peut percevoir les effets.

QU'EST-CE QU'UNE EXIGENCE?

EXIGENCE ET FAIT – UNE DÉFINITION

Exigence

- Énoncé caractéristique du système-solution
- résultant normalement d'un choix approuvé par l'utilisateur

Fait

- Énoncé caractéristique du contexte du problème
- et qui normalement ne peut pas être changé

QU'EST-CE QU'UNE EXIGENCE?

EXIGENCE ET FAIT – UN EXEMPLE

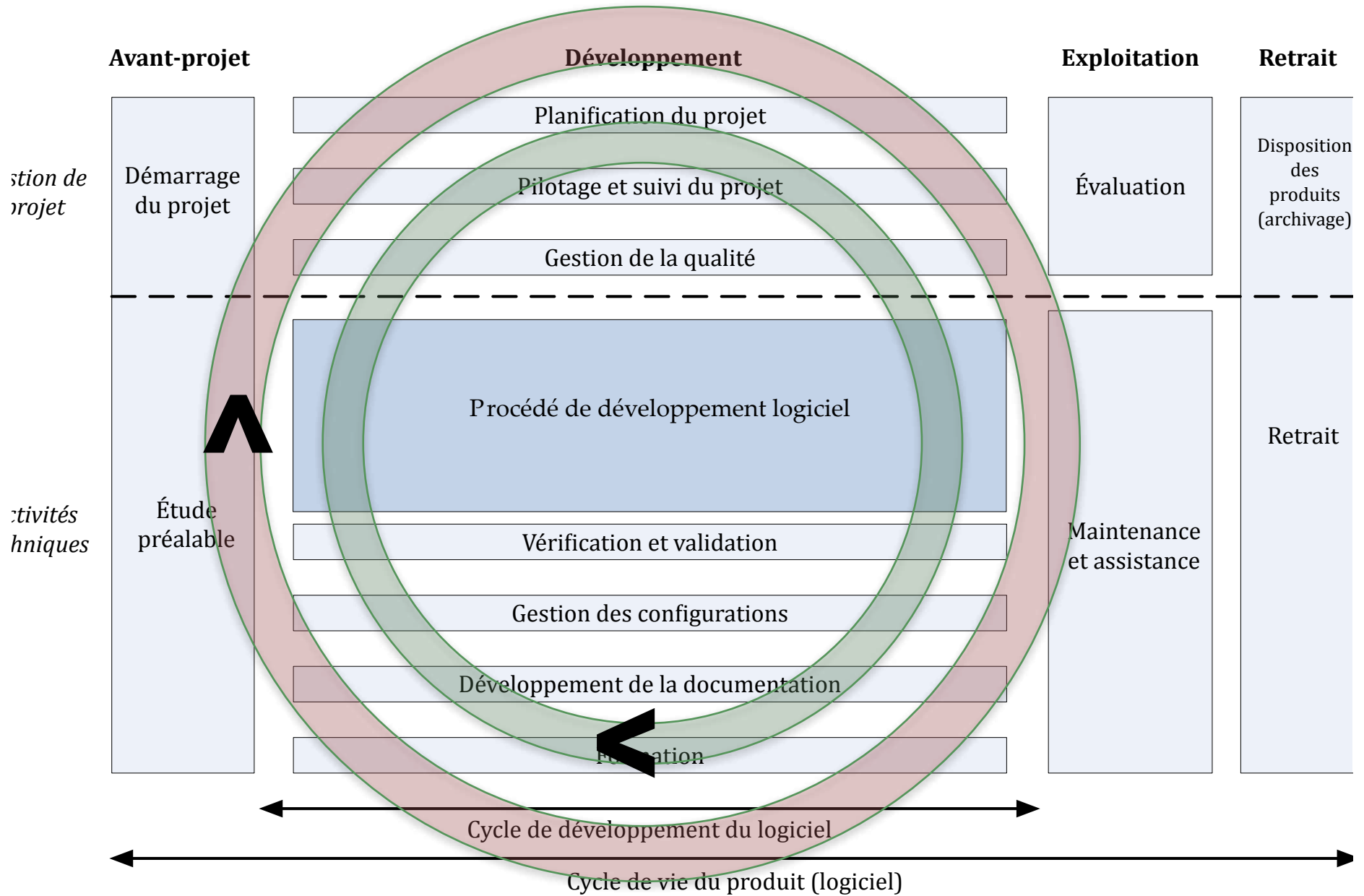
Exigence

- Le matin, maximiser l'offre de service au rez-de-chaussée.

Fait

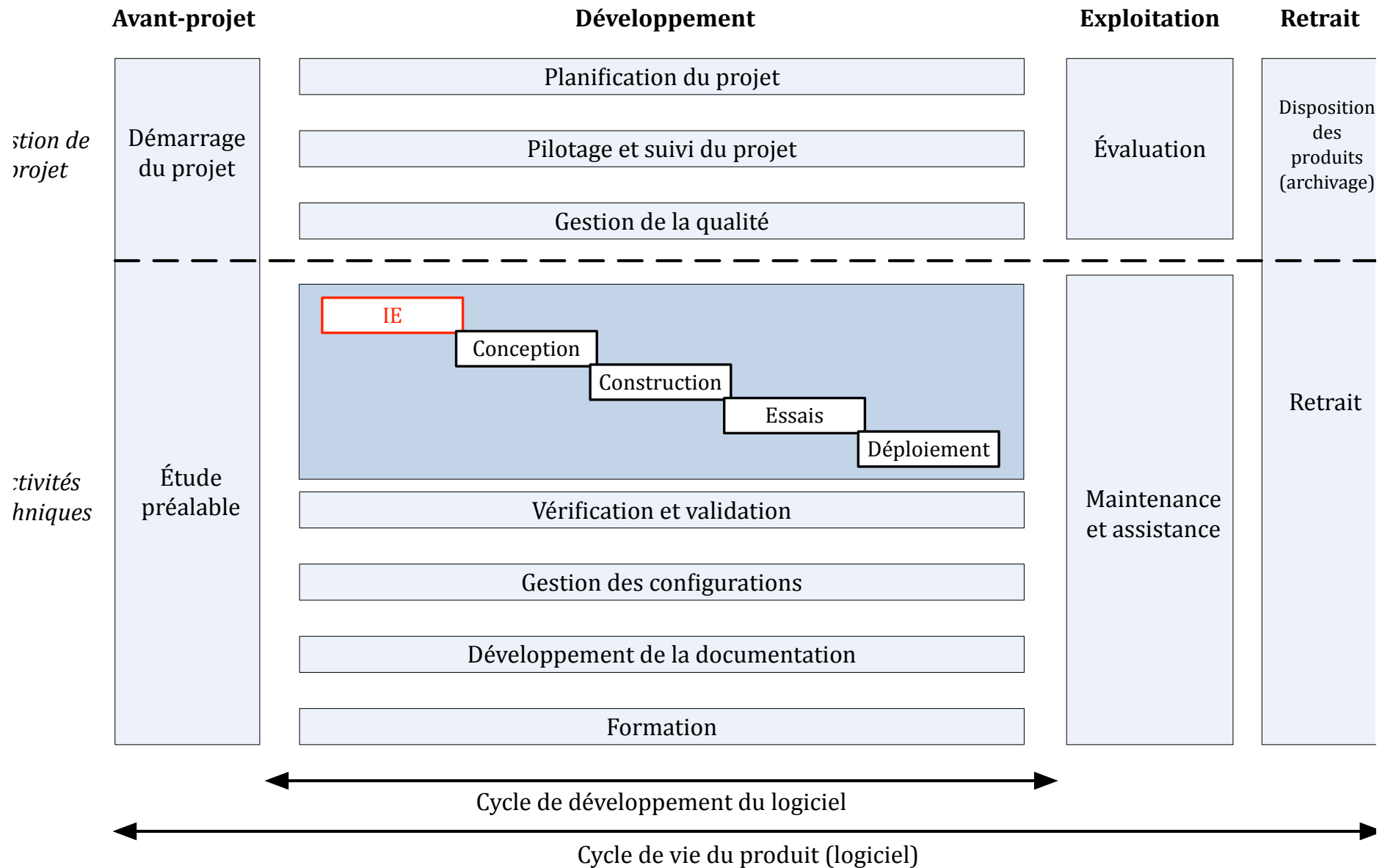
- Le délai maximal entre la réception d'une commande d'arrêt et l'arrêt effectif de l'ascenseur est de trois secondes.

SURVOL DU PROCESSUS



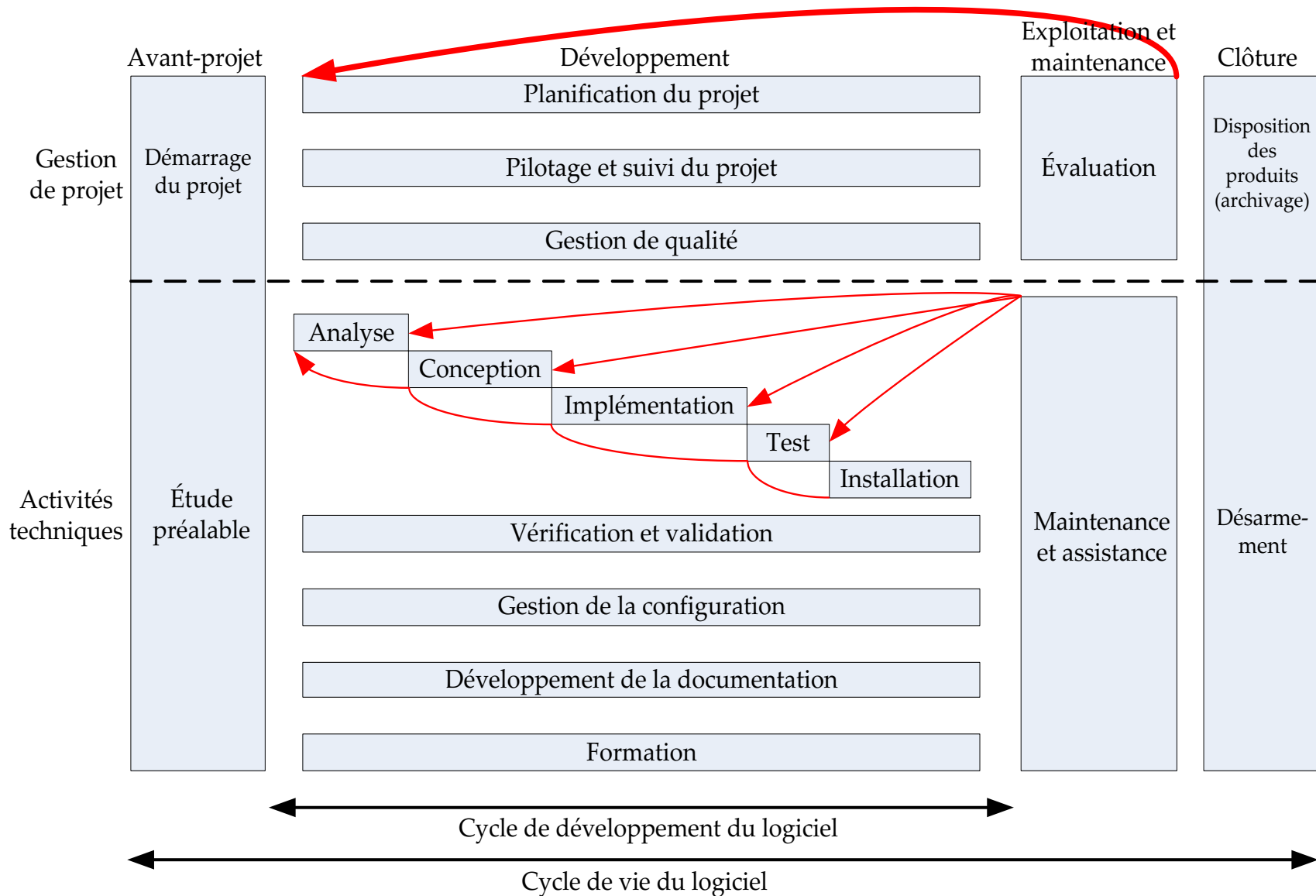
SURVOL DU PROCESSUS

LA PLACE DE L'INGÉNIERIE DES EXIGENCES (IE)



SURVOL DU PROCESSUS

INTÉGRATION CVL ET PROCESSUS



The requirements engineering process 31

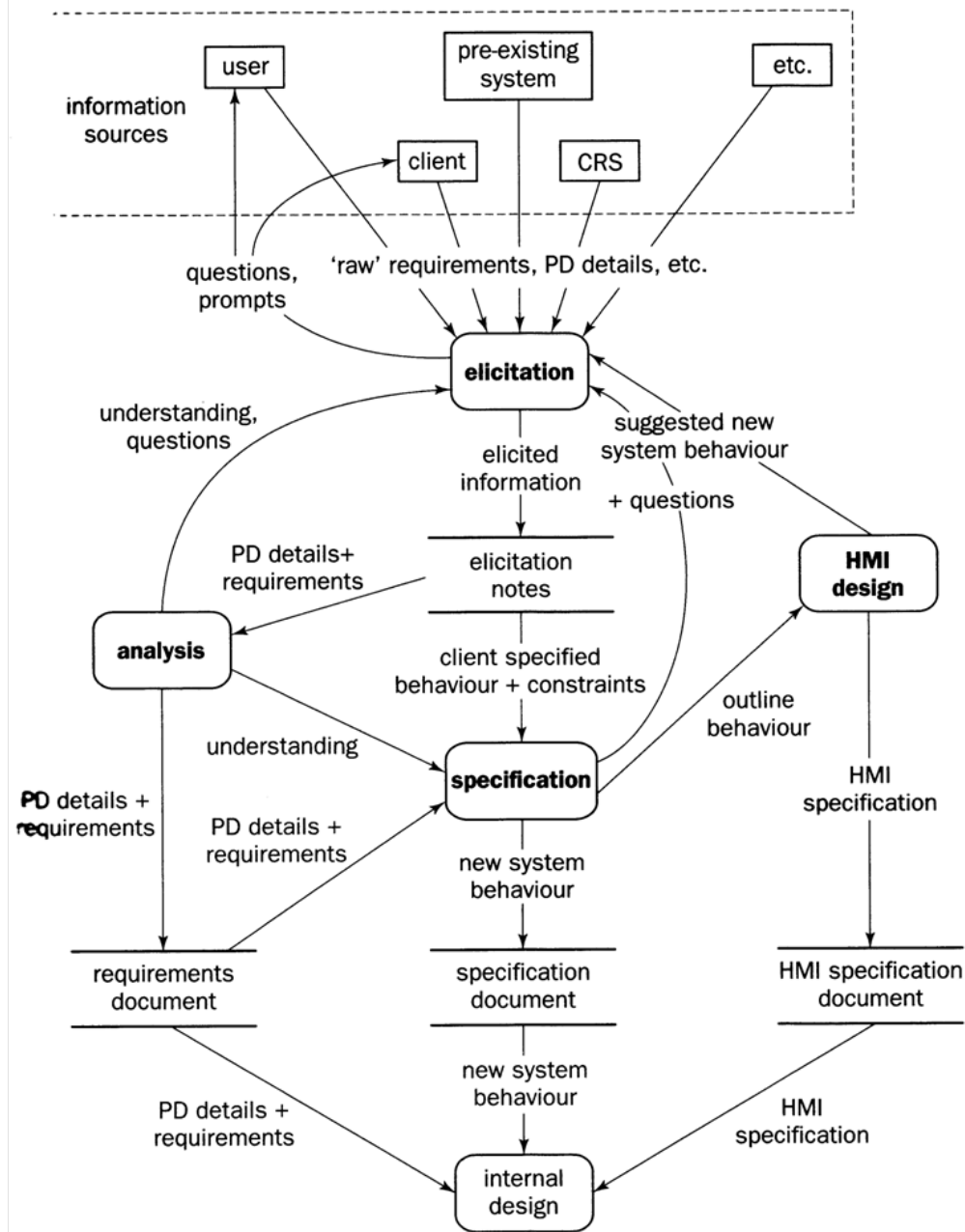


Figure 2.1

Note: CRS – client requirements specification

source : Bray, chap. 1

PROCÉDÉS D'IE PROCÉDÉ DE BRAY (ANALYTIQUE)

Caractéristiques

- Classique
- Éprouvé
- Déterministe

Requiert

- Expertise
- Expérience
- Séparation claire entre IE et développement

Optimise

- Utilisation de la connaissance préalable du problème
- Coût de développement de la solution

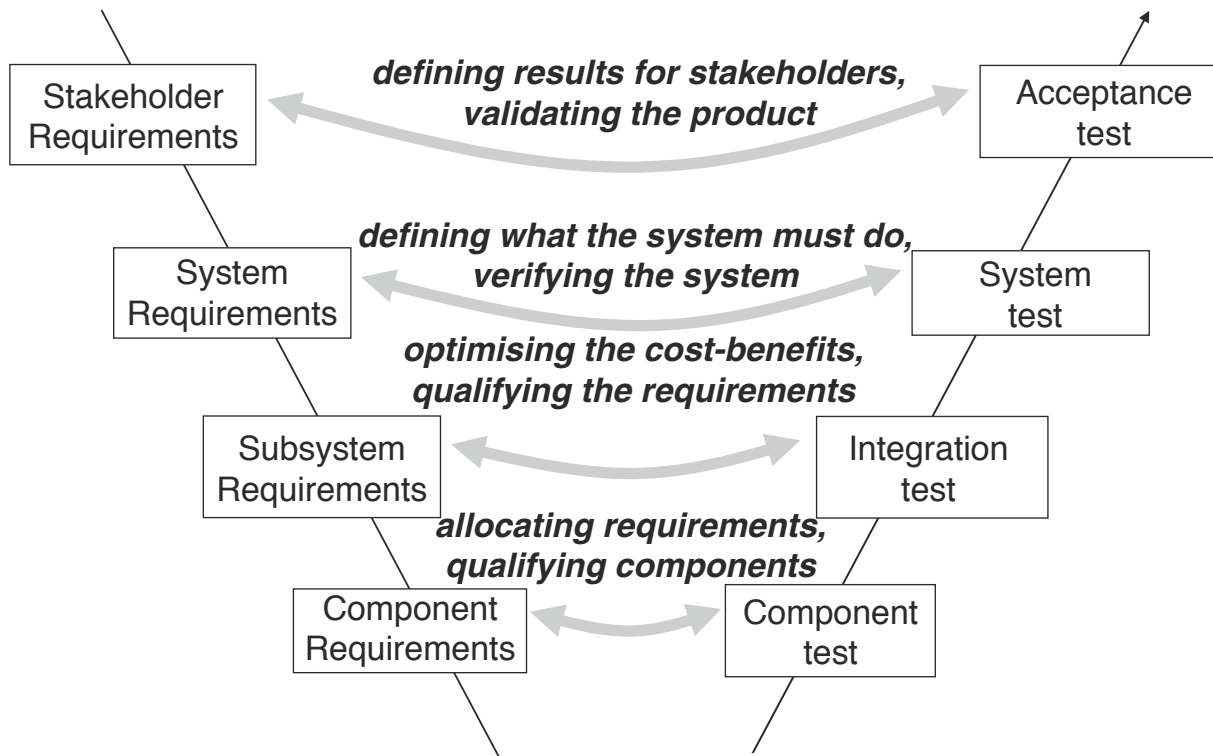
Compatible

- avec plusieurs procédés de développement

Défini

- vers 2002
- utilisé depuis

L'IE AU SEIN DU PROCÉDÉ EN V (HULL)



Caractéristiques

- Classique
- Éprouvé
- Déterministe

Requiert

- Expertise
- Expérience
- Séparation claire entre IE et développement

Optimise

- Assurance et le contrôle de qualité

Impose

- un procédé de développement unique et rigide

Défini

- vers 1968
- utilisé depuis
- normalisé 1981 par OTAN

source : Hull et coll., chap. 1

QUELS SONT LES ARTEFACTS DE L'IE?

○ Intrants

- EDB – Étude des besoins
- EDF – Étude de faisabilité
- EDO – Étude d'opportunité
- DDV – Document de vision

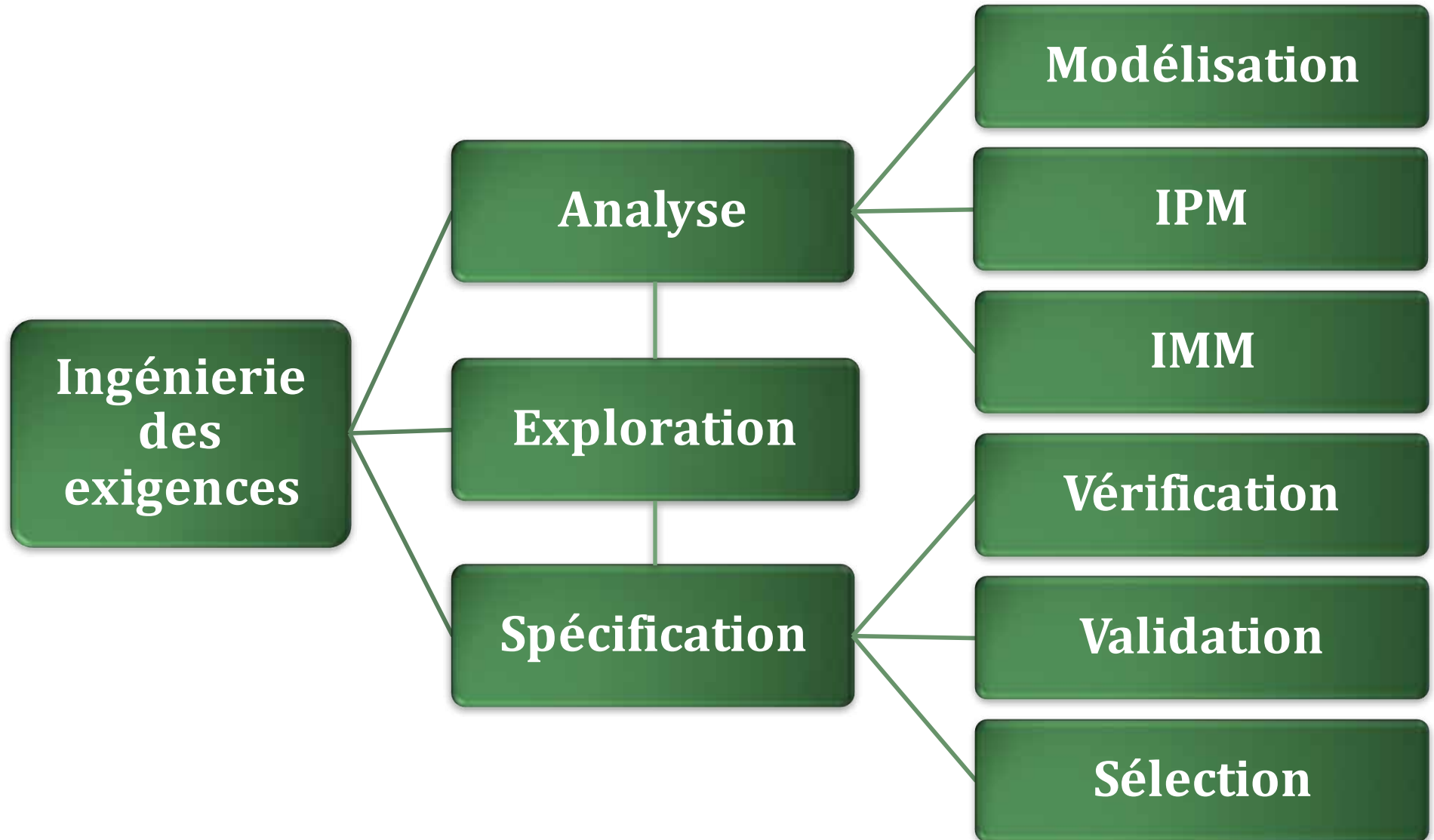
○ Extrants

- SES – Spécification des exigences *du système*
- SEL – Spécification des exigences *du logiciel*
- SIMM – Spécification des interfaces *machine-machine*
- SIPM – Spécification des interfaces *personne-machine*

○ *mais...*

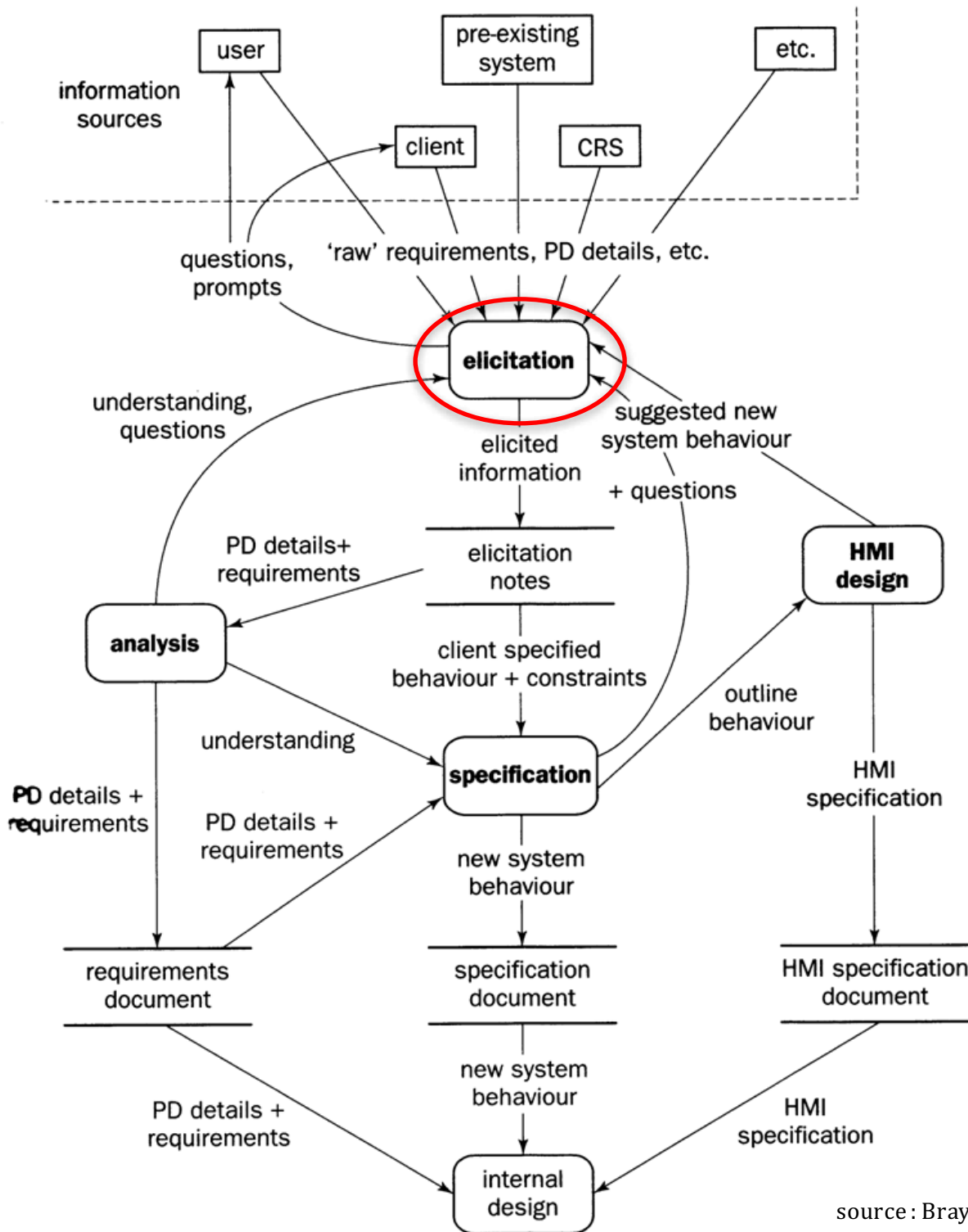
SURVOL DU PROCESSUS

SYNTHÈSE



L'EXPLORATION





source : Bray, chap. 1

PROCÉDÉ ANALYTIQUE (BRAY)

Caractéristiques

- Classique
- Éprouvé
- Déterministe

Requiert

- Expertise
- Expérience
- Séparation claire entre IE et développement

Optimise

- Utilisation de la connaissance préalable du problème
- Cout de développement de la solution

Défini

- vers 2002
- utilisé depuis

STRATÉGIE D'EXPLORATION

CIRCONSCRIRE LE DOMAINE

- Les premières informations acquises doivent permettre de circonscrire le domaine du problème et servent de guide dans la suite de l'activité.
- Il est primordial de distinguer rapidement les frontières du domaine utile au sein du domaine général.
- *Note : le domaine utile est parfois composé de sous-ensembles de plusieurs domaines généraux!*

STRATÉGIE D'EXPLORATION

IDENTIFIER LES INFORMATIONS

- Toute information contribuant à identifier, cerner ou définir :
 - attentes,
 - parties prenantes,
 - objectifs organisationnels,
 - objectifs du produit,
 - environnement du produit,
 - domaine d'application utile,
 - besoins,
 - contraintes,
 - modèles déjà existants...

En déduire :

- Glossaire
 - Médiagraphie
- et les maintenir

STRATÉGIE D'EXPLORATION

SOURCES D'INFORMATIONS

- Principales sources d'informations :
 - les parties prenantes (confirmées et potentielles);
 - la documentation fournie par les parties prenantes;
 - le système existant éventuel et sa documentation;
 - les produits antérieurs disponibles qui exécutent des fonctions similaires à celles du produit à développer;
 - les produits des concurrents;
 - les experts du domaine d'application;
 - la documentation du domaine;
 - normes et réglementation techniques appropriées.

STRATÉGIE D'EXPLORATION

CHOISIR LES TECHNIQUES

- La sélection dépend
 - des informations à obtenir,
 - des sources disponibles,
 - de la disponibilité des sources,
 - du cout,
 - des conflits entre
 - sources et
 - modèles.

TECHNIQUES D'EXPLORATION

- Il existe plusieurs techniques qui permettent de recueillir les informations auprès des parties prenantes dont
 - les cartes d'acteurs
 - les entrevues
 - les questionnaires
 - les ateliers
 - le remue-méninges (*brain storming*)
 - la cartographie conceptuelle (*mind mapping*)
 - la scénarisation (*story boarding*)
 - l'analyse experte (*Delphi*)
 - la documentation existante...
- Voir IE021 – Techniques d'exploration

SYNTHÈSE - GRILLE

méthodes	contexte			contrainte sans sous-traitant?	délais de réalisation	objectifs
	analyse	conception	évaluation			
[1] Carte d'acteurs	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques jours	identifier les acteurs concernés par un projet
[2] Observation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4 à 5 semaines	capter les situations et les comportements réels sans intermédiaires
[3] Questionnaire	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques semaines	rassembler des opinions ou valider des hypothèses émises
[4] Interview	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques semaines	rassembler des informations détaillées sur un sujet précis
[5] Brainstorming	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques jours	générer un maximum d'idées et de propositions sur un sujet
[6] Focus groupe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques semaines	appréhender la diversité de points de vue autour d'un sujet
[7] Ingénierie des exigences	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	1 à quelques mois	définir clairement les exigences imposées à l'application
[8] Analyse experte - Delphi	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	1 à quelques mois	organiser la consultation d'experts sur un sujet précis
[9] Conférence de consensus	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques mois	fournir une information nuancée sur un sujet controversé
[10] Méthode participative	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques mois	établir un protocole formel de participation des utilisateurs
[11] Tri par cartes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	quelques jours	structurer logiquement le contenu d'une application
[12] Prototypage		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques jours	tester l'application rapidement et à moindre coût
[13] Test d'utilisabilité		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2 à 3 semaines	relever les erreurs d'utilisabilité d'une application
[14] Évaluation experte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	quelques jours	repérer rapidement les principales fautes d'utilisabilité d'une application
[15] Données d'usage			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	en continu	utiliser les données d'usage qualitatives et quantitatives

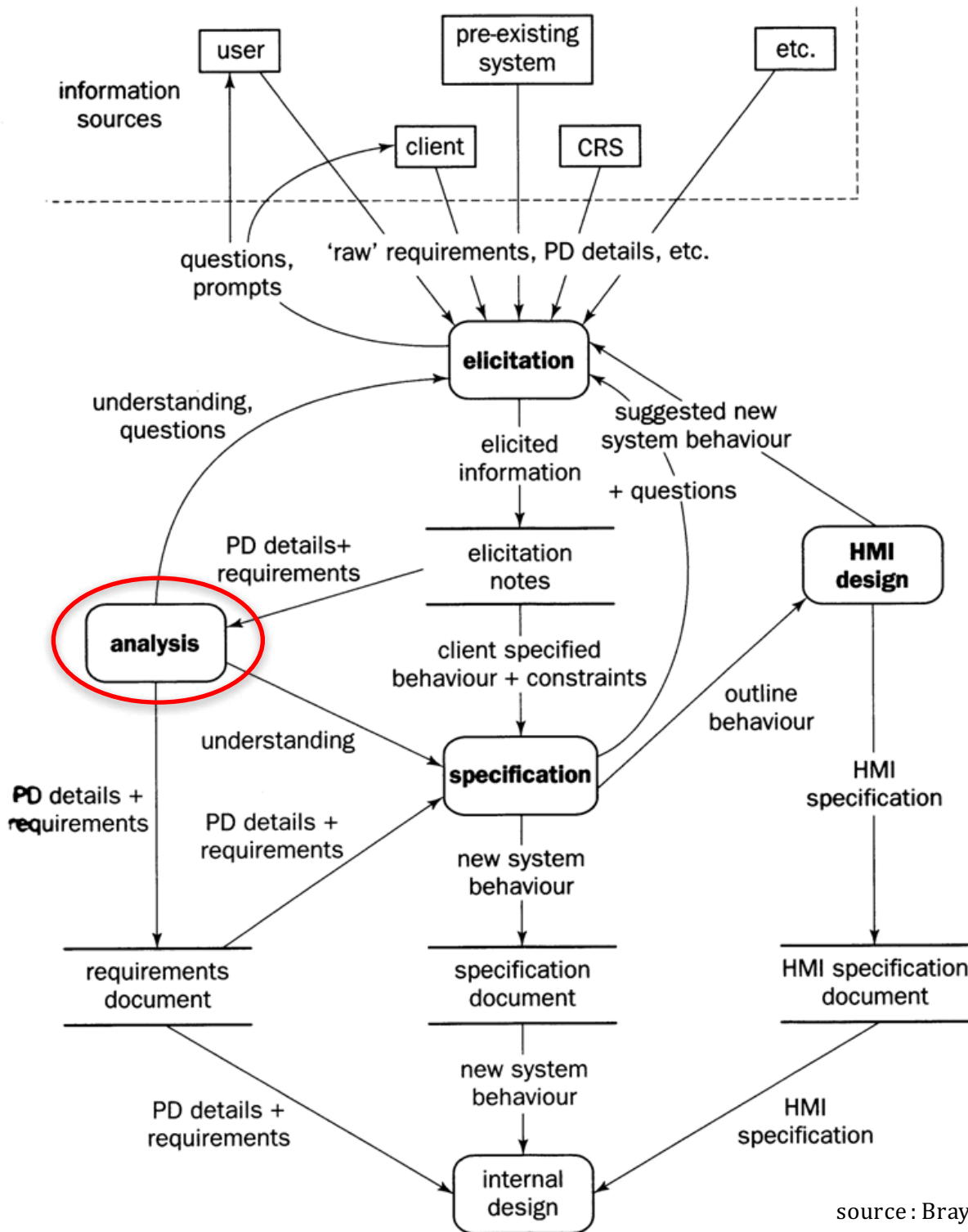
Légende

- | | | |
|--|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> s'applique parfaitement | <input checked="" type="checkbox"/> contrainte légère | ✓ peut se faire sans sous-traitant |
| <input type="checkbox"/> s'applique dans certains cas | <input checked="" type="checkbox"/> contrainte légère à moyenne | ✗ peut se faire sans sous-traitant à certaines conditions |
| <input type="checkbox"/> méthodes « de base »
ne s'applique pas | <input checked="" type="checkbox"/> contrainte moyenne | ♦ sous-traitant conseillé |
| | <input checked="" type="checkbox"/> contrainte moyenne à lourde | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> contrainte lourde | |

source : WOL

L'ANALYSE





source : Bray, chap. 1

PROCÉDÉ ANALYTIQUE (BRAY)

Caractéristiques

- Classique
- Éprouvé
- Déterministe

Requiert

- Expertise
- Expérience
- Séparation claire entre IE et développement

Optimise

- Utilisation de la connaissance préalable du problème
- Cout de développement de la solution

Défini

- vers 2002
- utilisé depuis

APERÇU

SYNONYMES ET QUASI SYNONYMES

- Analyse d'affaires (*business modeling*)
- Analyse des besoins

- Analyse du problème
- Analyse métier
- Analyse des exigences
- Analyse (du) système

APERÇU

SYNONYMES ET QUASI SYNONYMES

- Analyse d'affaires (*business modeling*)
- Analyse des besoins

- Analyse du problème
- Analyse métier
- Analyse des exigences
- Analyse (du) système

ANALYSE STRUCTURÉE

APERÇU

- Documentation des processus désirés (le plus souvent préexistants).
- Recentrage sur le modèle abstrait du domaine d'application.
- Utilisation de représentations graphiques dans une tentative de réduire la quantité et l'ambigüité de l'information textuelle.

ANALYSE STRUCTURÉE

DESCRIPTION

- Établissement du diagramme de contexte
- Modélisation des processus
- Modélisation des informations
- Modélisation des traitements
- Constitution du dictionnaire
- Inventaire des références

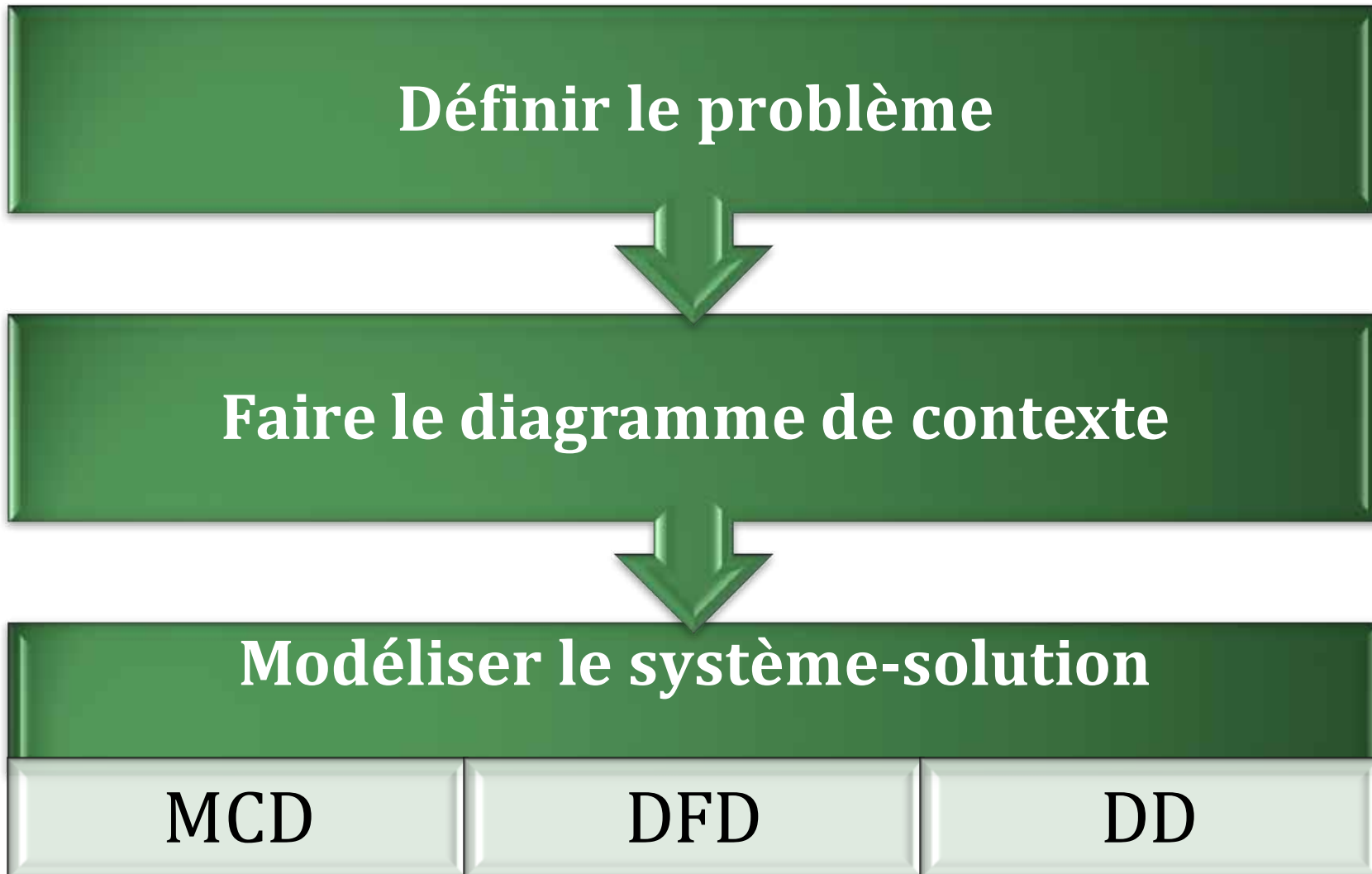
ANALYSE STRUCTURÉE

TECHNIQUES UTILISÉES

- Diagramme de contexte (DC)
- Diagramme de flux de données (DFD)
- Modèle conceptuel de données (MCD)
 - Entité-association (EA; ER : *entity-relationship*)
 - Entité-association étendu (EAE; ERE : *extended ER*)
- Dictionnaire de données (DD)
- Texte
- Table de décision (TD)
- Machine à états (MEF)
- Grammaire formelle (BNF, GC)
- ...

ANALYSE STRUCTURÉE

DÉMARCHE



TECHNIQUES DE MODÉLISATION



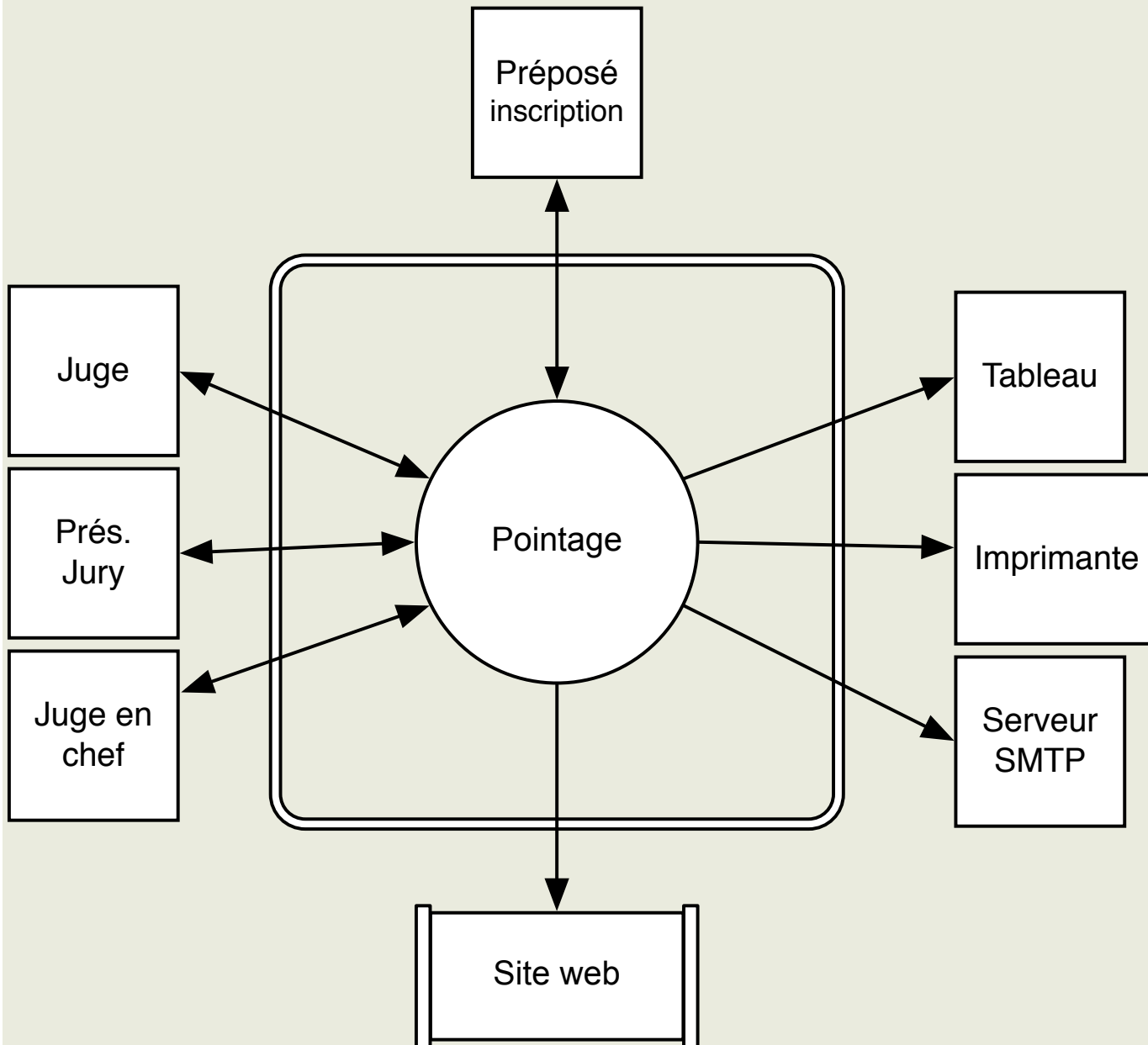
APERÇU

DC ET DFD

- Un diagramme de flux de données représente graphiquement le cheminement des données à travers les processus d'un système.
- Il permet de déterminer :
 - les frontières du système,
 - les processus du système,
 - les traitements (activités),
 - les données en circulation,
 - les dépôts de données.
- Il donne une vue concrète du système à construire.

ÉTAPES DE CONSTRUCTION

1. Identifier les entités externes.
2. Identifier et nommer les entrées et sorties du système (flux).
3. Définir ce que fait le processus en terme de sous-processus.
4. Identifier les dépôts de données.
5. Identifier les flux entre entité externe, sous-processus et dépôts de données.
6. Tracer le diagramme.
7. Remplir le dictionnaire de données.
8. Passer au niveau inférieur jusqu'à l'obtention de sous-processus élémentaires (processus atomiques).
9. Décrire les processus atomiques à l'aide de techniques appropriées.
10. Décrire les dépôts de données, leurs entités et leurs attributs.



EXEMPLE 0 - POINTAGE

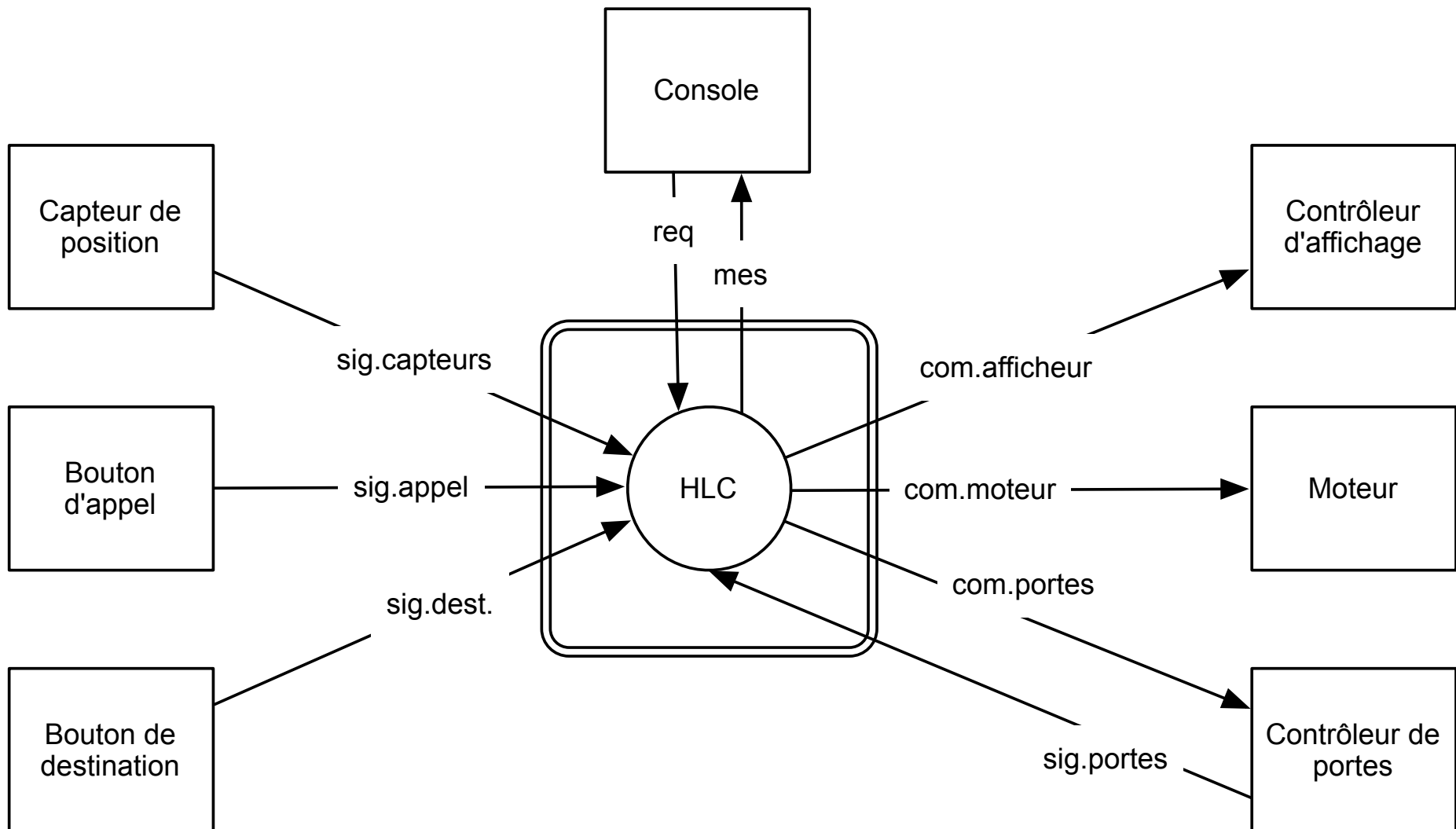
Diagramme de
contexte
(DC)

**Composante
compilation,
gestion et
exploitation des
feuilles de pointage
uniquement**

EXEMPLE 1 – ASCENSEUR (LL)

DIAGRAMME DE CONTEXTE (DC — TER)

HLC_FIG.graffle [DC] (Wed May 08 2013)



COMPOSANTS ET NOTATIONS

COMPLÉMENTS TEXTUELS MINIMAUX

- Définitions textuelles des composants
 - flux de données,
 - entités externes,
 - processus atomique (ou non),
 - dépôts de données.
- Ces définitions doivent suivre immédiatement le diagramme.
- Un diagramme sans texte est incomplet, voire nuisible.

DESCRIPTION DU DC

BOUTONS D'APPEL ET BOUTONS DE DESTINATION

- Lorsqu'un bouton est pressé, il émet un signal haut. Lorsqu'il est relâché, il émet un signal bas et reste dans cet état jusqu'à ce qu'il soit pressé à nouveau.
- À chaque palier, à l'exception du plus bas et du plus haut, il y a deux boutons d'appels : un pour la montée et l'autre pour la descente. Au palier le plus bas, il n'y a qu'un bouton pour la montée; au palier le plus haut, il n'y a qu'un bouton pour la descente.
- Dans chaque ascenseur, les boutons de destination sont regroupés sur un panneau à raison d'un bouton par palier.
- Formellement, il faudrait plutôt écrire « un signal dont la valeur est haut ». Toutefois, nous nous permettrons cet abus de langage afin d'alléger le texte dans la mesure où aucune ambiguïté n'en découle.

DESCRIPTION DU DC MOTEUR

Tableau 1 - Commande du moteur

Signal	lent		haut				bas			
	rapide	sens	haut		bas		haut		bas	
			haut	bas	haut	bas	haut	bas	haut	bas
Mode										
remontée rapide	✓					✓				
descente rapide		✓					✓			
remontée lente				✓						
descente lente					✓					
arrêt								✓	✓	

DESCRIPTION DU DC MOTEUR

AHLC_FIG.graffle [AEF - sens] (Thu Feb 21 2013)

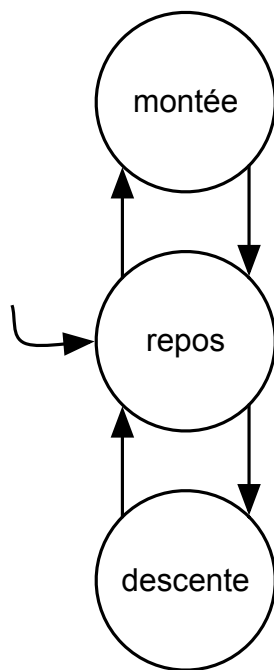


Figure 1 - Contraintes sur le changement de sens

AHLC_FIG.graffle [AEF - vitesse] (Thu Feb 21 2013)

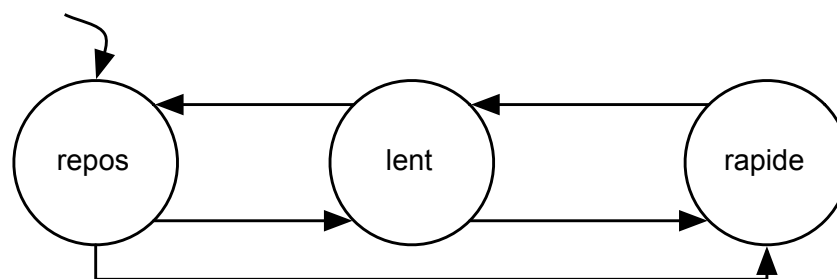
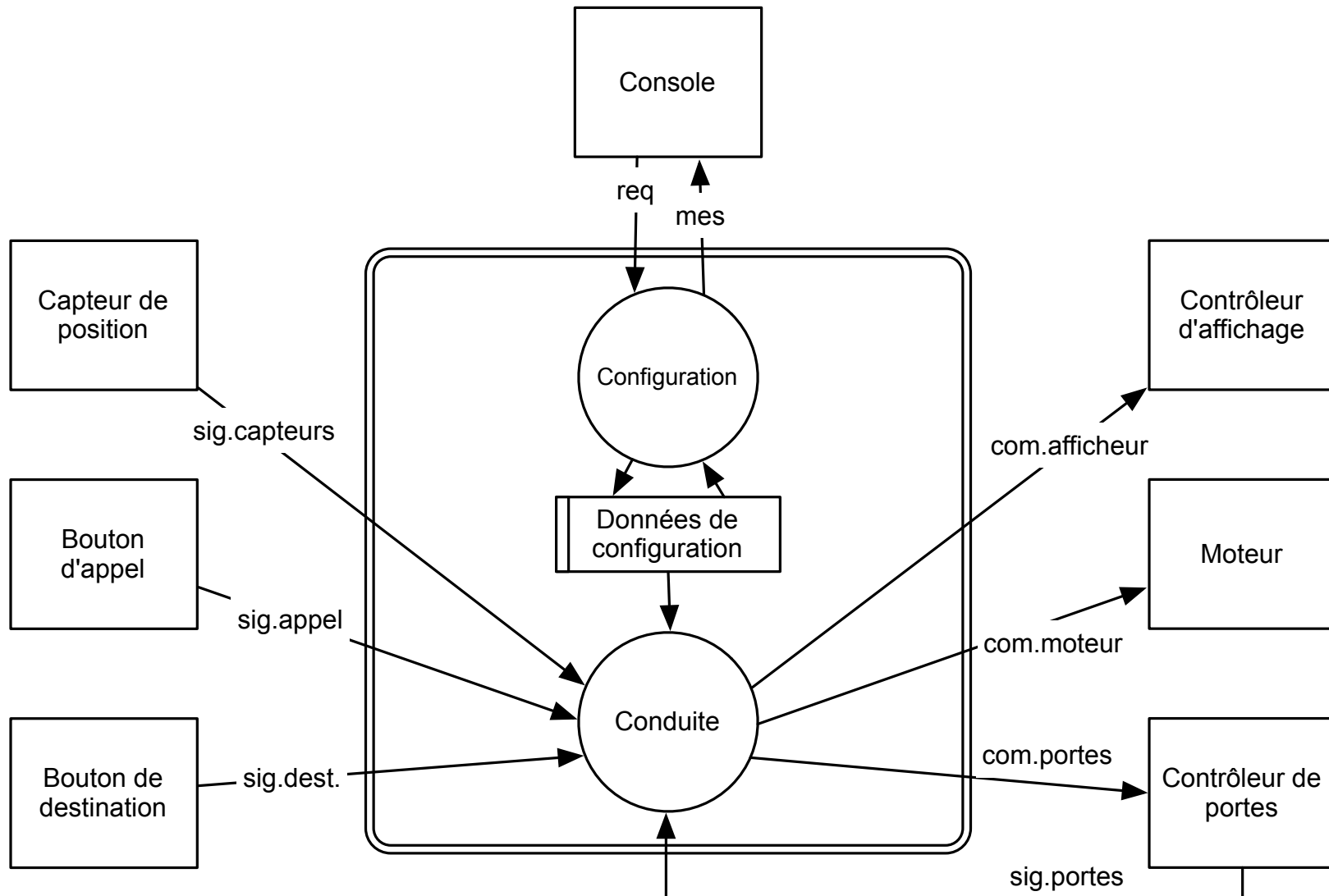


Figure 1 - Contraintes sur le changement de vitesse

EXEMPLE 1 – ASCENSEUR (LL)

DIAGRAMME DE FLUX DE DONNÉES (DFD-1)

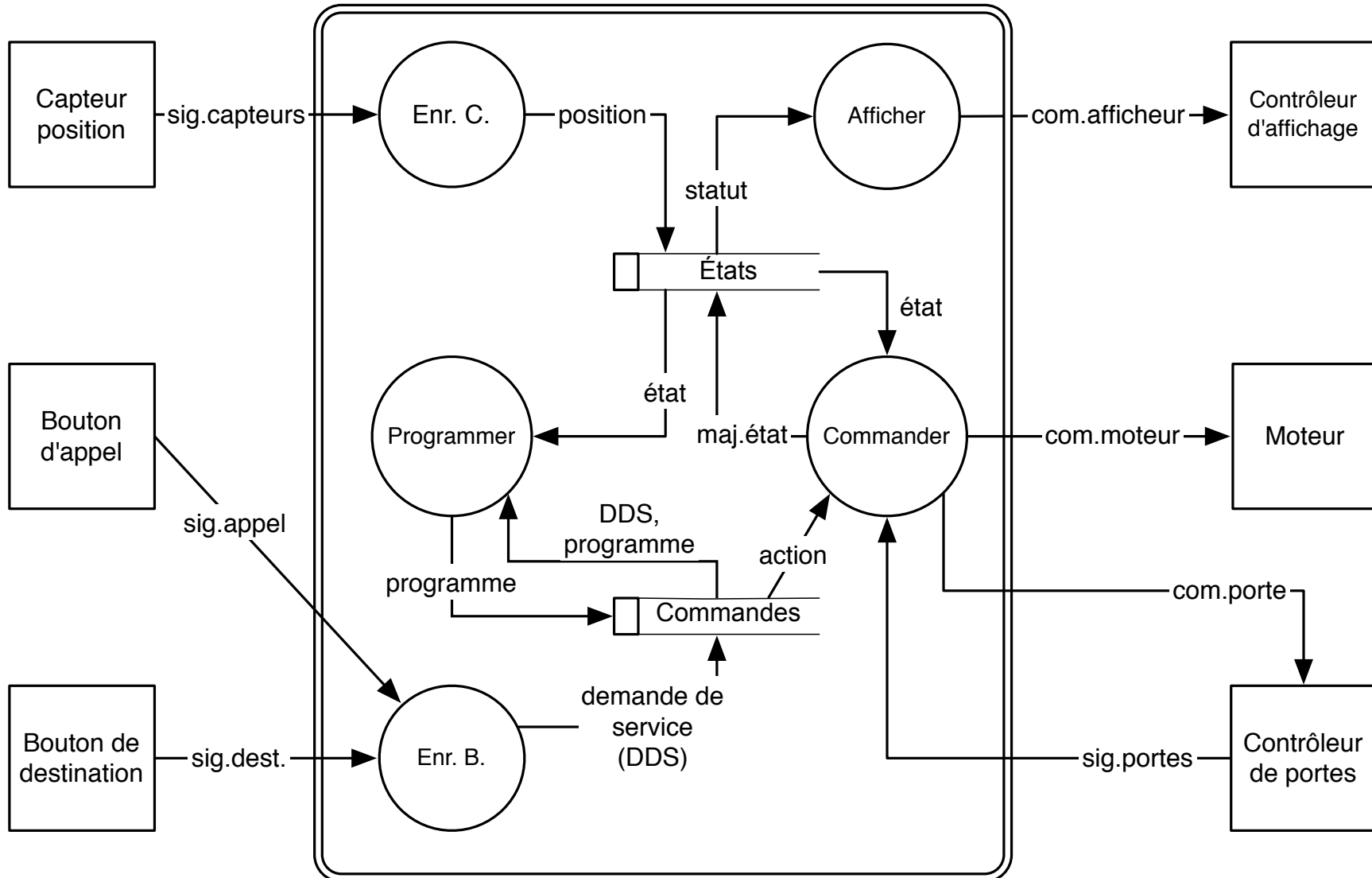
HLC_FIG.graffle [DFD] (Wed May 08 2013)



EXEMPLE 1 – ASCENSEUR (LL)

DIAGRAMME DE FLUX DE DONNÉES (DFD-1)

HLC_FIG.graffle [DFD2 - Conduite] (Wed May 08 2013)



RÉFÉRENCES



○ Essentielles

- Hull, chapitre 1, 2
- Bray, chapitre 1 – 3, 9, 12
- WOL
- IAAT

○ Vocabulaire

- GLOGUS : Glossaire
- GDT
- Termium