

Soutenance de thèse  
pour obtenir le grade de Docteur de l'ENSAM-ParisTech  
Spécialité "Informatique"

# Approche spatiale pour la caractérisation du contexte d'exécution d'un système d'information ubiquitaire

Mathieu Petit

`mathieu.petit@imag.fr`

Ecole Doctorale 432, "Sciences et Métiers de l'Ingénieur"  
Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers - ParisTech  
Institut de Recherche de l'Ecole Navale

14 juin 2010



# Problématique des SI mobiles

## Evolution de la mobilité

- les clients mobiles sont plus nombreux, hétérogènes et contraints
- utilisation initiée → grand public
- la mobilité combine des moments d'utilisation autrefois distincts [KL99]

## Evolution du support

- les réseaux s'interconnectent à tous niveaux (domicile, ville, pays, etc.)
- les plates-formes sont distribuées et évolutives
- richesse de services et large volume d'information disponible



## Problématique des SI mobiles

### Evolution de la mobilité

- les clients mobiles sont plus nombreux, hétérogènes et contraints
- utilisation initiée → grand public
- la mobilité combine des moments d'utilisation autrefois distincts [KL99]

↑ Besoins d'adaptation des SI mobiles ↓

### Evolution du support

- les réseaux s'interconnectent à tous niveaux (domicile, ville, pays, etc.)
- les plates-formes sont distribuées et évolutives
- richesse de services et large volume d'information disponible



## Problématique des SI mobiles

### Evolution à l'exécution de la mobilité

- les clients mobiles sont plus nombreux, hétérogènes et contraints
- utilisation initiée → grand public
- la mobilité combine des moments d'utilisation autrefois distincts [KL99]

↑ Besoins d'adaptation **contextuelle** des SI mobiles ↓

### Evolution à l'exécution du support

- les réseaux s'interconnectent à tous niveaux (domicile, ville, pays, etc.)
- les plates-formes sont distribuées et évolutives
- richesse de services et large volume d'information disponible



## Adaptation contextuelle des SI mobiles

Les adaptations contextuelles peuvent être vues selon différents niveaux :

① description : Modélisation

- but → catégoriser différentes situations d'exécution
- moyen → modèle du contexte et de ses dimensions

② mise en oeuvre : Conception

- but → intégrer des situations à une approche conceptuelle
- moyen → modèle/patron de conception de SI mobiles

③ exécution : Instanciation

- but → améliorer dynamiquement la valeur du système
- moyen → règles/algorithmes d'adaptation au contexte



## Proposition de recherche

“Étudier la modélisation, la conception et l’instanciation d’un système mobile par l’analyse de ses situations/contextes d’exécution”

Approche spatiale pour le modèle des contextes d’exécution

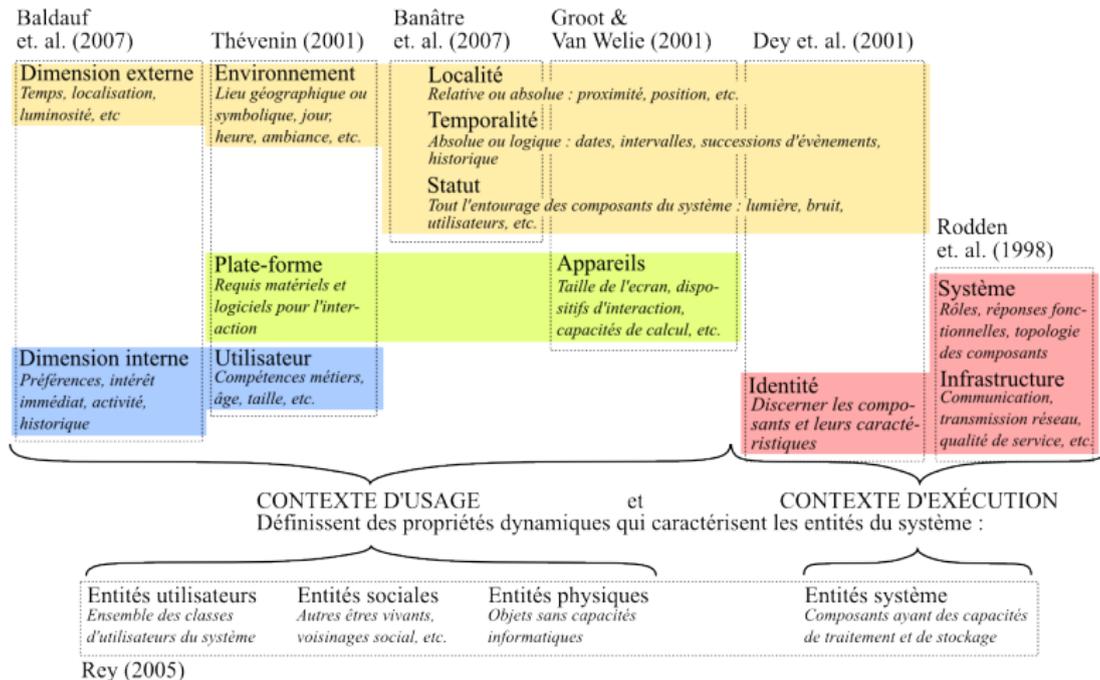
Une approche spatiale dans la conception de SI :

- se justifie par la nature spatiale de l’exécution d’un système mobile
- applique une lecture de la mobilité des composants lors de la conception

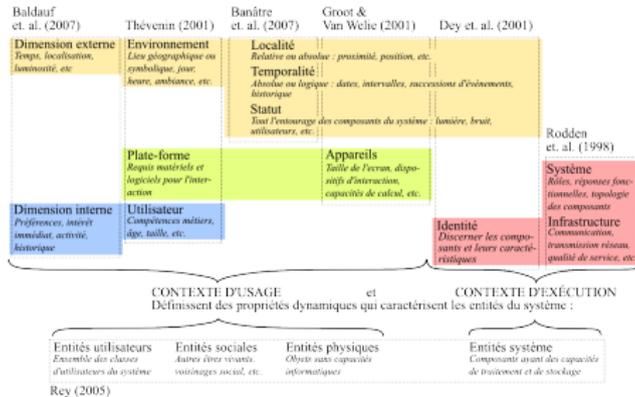
Un modèle de contexte d’exécution :

- fait le lien entre la modélisation, la conception et l’instanciation
- concrétise l’apport de l’approche spatiale par des méthodes et outils

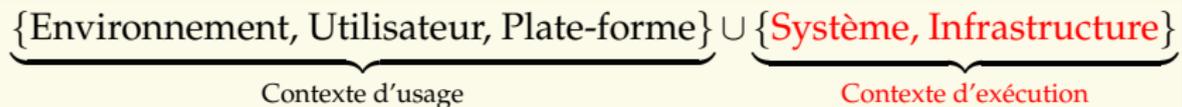
# Modélisation : dimensions et modèles du contexte



# Modélisation : dimensions et modèles du contexte



## Synthèse des modèles du contexte :



**SI mobiles : importance de l'évolution spatiale et temporelle pour caractériser des situations d'exécution**



## Conception : cadres de travail, démarches d'analyse

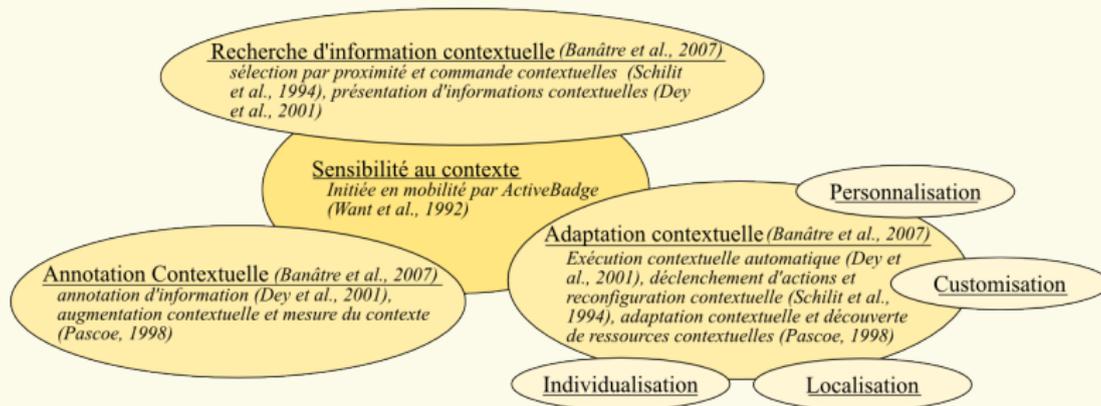
Co-existence de nombreux cadres de conception de systèmes mobiles :

- démarches centrées sur la **mobilité des clients**  
[GKS00, GNSW06, WS05, MWYN07, RS04, HB07]
- démarches orientées vers les **interactions en mobilité**  
[Mar05, Bre02, HL03, ZGSL07]
- démarches intégrant une **population hétérogène**  
[ES05, NG00]
- démarches tenant compte d'un **environnement dynamique**  
[LKAA96, DSAF99, YS00, CK00]

**SI mobiles : importance de la prise en compte des situations spatiales d'exécution lors de la conception**

# Instantiation : exploitation du contexte à l'exécution

## Typologie de l'exploitation du contexte



**SI mobiles** : importance de la situation d'exécution courante et de l'approche spatiale dans un processus d'adaptation/personnalisation



## Systèmes d'information mobiles

# Bilan des approches existantes

### Modélisation : dimensions et modèles du contexte

importance de l'évolution spatiale et temporelle pour caractériser des **situations d'exécution**

### Conception : cadres de travail, démarches d'analyse

importance de la prise en compte des **situations d'exécution** lors de la conception

### Instanciation : exploitation du contexte à l'exécution

importance de la **situation d'exécution** courante dans un processus d'adaptation/personnalisation



## 1 Modélisation : Approche spatiale du contexte

Systèmes mobiles et distribués  
Modèle du contexte d'exécution  
Réduction de complexité

## 2 Conception : contexte et cadre développement

Cadre de conception unifié  
Cadre de conception étendu  
Cas d'étude : Suivi de régates

## 3 Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Instanciation : personnalisation d'un client mobile  
Construction de profils paramétrés  
Cas d'étude : Assistant de visite

## Modélisation

### Approche spatiale du contexte d'exécution

#### 1) Systèmes mobiles et distribués

Plate-forme, rôles et composants

#### 2) Modèle du contexte

Régions d'un système  
Relation de régions  
Définition du contexte

#### 3) Réduction de complexité

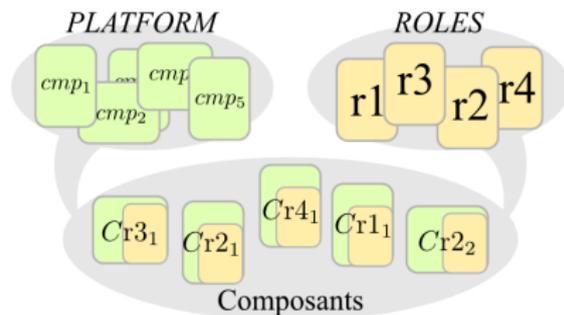
Familles de régions  
Cas d'inclusion/exclusion  
Ensemble des contextes

*"évolution spatiale et temporelle pour caractériser des situations d'exécution"*

## Composant d'un système mobile & distribué

### Système d'information distribué :

- découplage matériel  
(*PLATFORM*)
- découplage logiciel (*ROLES*)
- redistribution



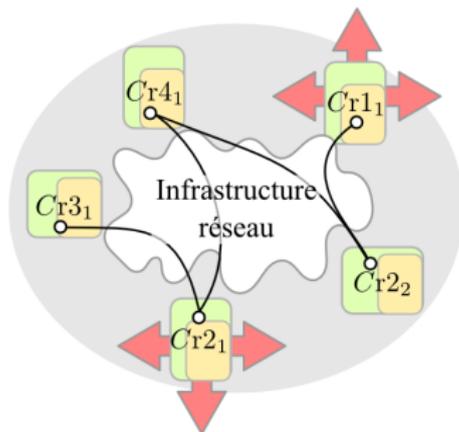
## Composant d'un système mobile & distribué

### Système d'information distribué :

- découplage matériel  
(*PLATFORM*)
- découplage logiciel (*ROLES*)
- redistribution

### Système d'information mobile :

- mobilité des composants
- infrastructure dynamique



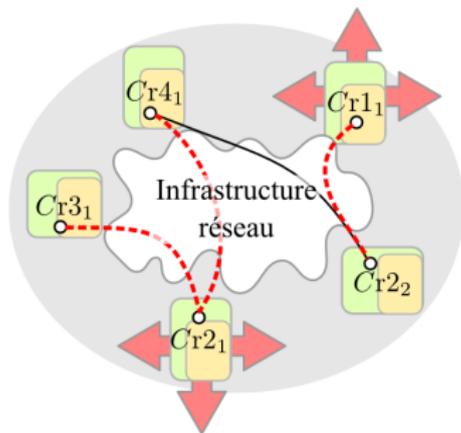
## Composant d'un système mobile & distribué

### Système d'information distribué :

- découplage matériel  
(*PLATFORM*)
- découplage logiciel (*ROLES*)
- redistribution

### Système d'information mobile :

- mobilité des composants
- infrastructure dynamique
- espace d'exécution situé



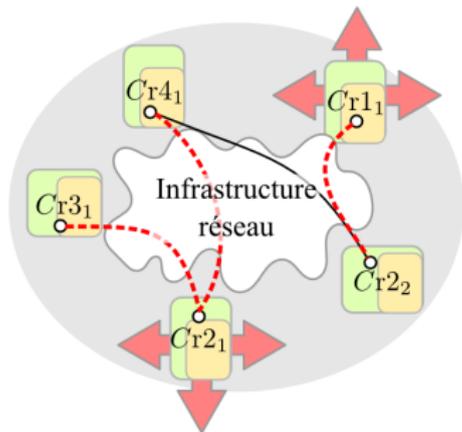
## Composant d'un système mobile & distribué

### Système d'information distribué :

- découplage matériel  
 (*PLATFORM*)
- découplage logiciel (*ROLES*)
- redistribution

### Système d'information mobile :

- **mobilité** des composants
- infrastructure **dynamique**
- espace d'exécution **situé**



Modéliser un comportement mobile dynamique :

Proposer un modèle des situations/contextes d'exécution



## Notion de contexte d'exécution

QUOI ? Un contexte d'exécution caractérise ...

... { l'architecture mobile & distribuée  
les échanges d'informations entre composants }

POURQUOI ? Décrire des *contraintes dynamiques* par un contexte d'exécution :

- faciliter la modélisation de systèmes mobiles et distribués
- introduire des capacités d'adaptation à l'exécution
- améliorer la valeur d'utilité du système

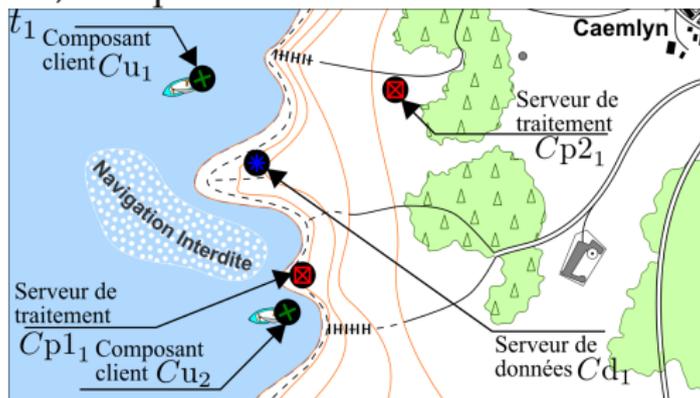
COMMENT ? Construire les contextes d'exécution par une approche spatiale :

- détermination de régions caractéristiques
- étude des mobilités et des relations de régions
- analyse de l'ensemble des contextes et simplification

## Exemple de système mobile et distribué

Objectif : aide à la navigation de plaisance

Moyen : SI côtier, à disposition des marins.



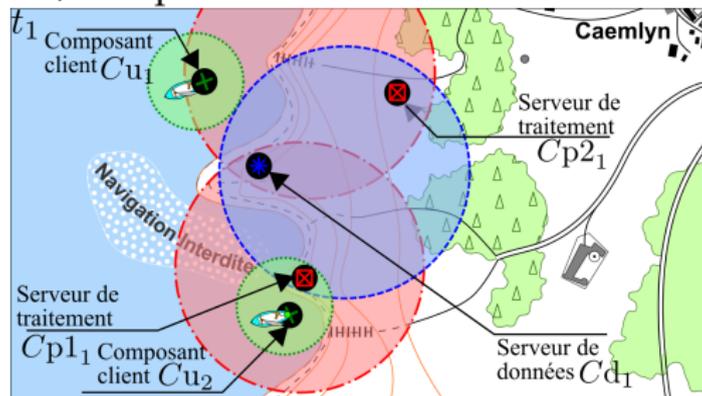
$ROLES = \{u, d, p1, p2\}$  : user, data, process1 et process2

$PLATFORM = \{Cu_1, Cu_2, Cd_1, Cp1_1, Cp2_1\}$

## Exemple de système mobile et distribué

Objectif : aide à la navigation de plaisance

Moyen : SI côtier, à disposition des marins.

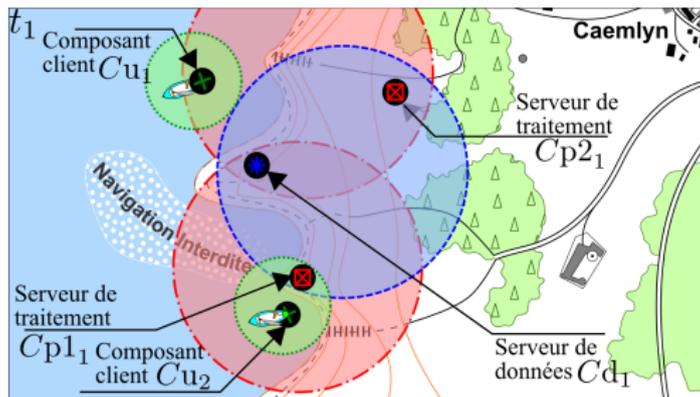


Composants mobiles : utilisateurs ( $Cu_1$ ,  $Cu_2$ ) et serv. données ( $Cd_1$ )  
 Infrastructure non filaire en mode pair à pair → *aires de diffusion*

## Exemple de système mobile et distribué

Objectif : aide à la navigation de plaisance

Moyen : SI côtier, à disposition des marins.



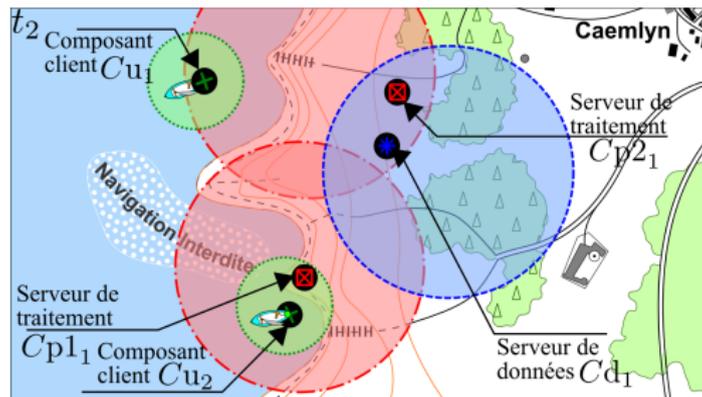
Approche du contexte d'exécution : dialogues entre composants

- à  $t_1$  :  $\{(Cu_2, Cp1_1), (Cp1_1, Cd_1), (Cd_1, Cp2_1)\}$

## Exemple de système mobile et distribué

Objectif : aide à la navigation de plaisance

Moyen : SI côtier, à disposition des marins.



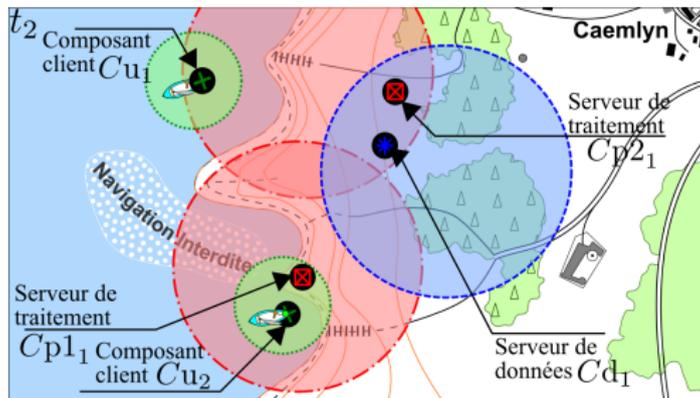
Approche du contexte d'exécution : dialogues entre composants

- à  $t_1$  :  $\{(Cu_2, Cp1_1), (Cp1_1, Cd_1), (Cd_1, Cp2_1)\}$
- à  $t_2$  :  $\{(Cu_2, Cp1_1), (Cp1_1, Cd_1)\}$

## Exemple de système mobile et distribué

Objectif : aide à la navigation de plaisance

Moyen : SI côtier, à disposition des marins.



Approche du contexte d'exécution : dialogues entre composants

- à  $t_1$  :  $\{(Cu_2, Cp1_1), (Cp1_1, Cd_1), (Cd_1, Cp2_1)\}$
- à  $t_2$  :  $\{(Cu_2, Cp1_1), (Cp1_1, Cd_1)\}$

→ vers une approche plus riche du contexte



Modélisation : Approche spatiale du contexte  
Conception : contexte et cadre développement  
Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Systèmes mobiles et distribués  
Modèle du contexte d'exécution  
Réduction de complexité



## Régions d'exécution et régions d'intérêt

*“Désignation d'une sous-partie de l'espace d'exécution disposant d'une couverture spatiale”*



## Régions d'exécution et régions d'intérêt

*“Désignation d'une sous-partie de l'espace d'exécution disposant d'une couverture spatiale”*

### Région d'exécution :

- couverture opérationnelle et localisation d'un composant
- notation :  $R_{\text{role}}_{\langle \text{indice} \rangle}$

### Région d'intérêt :

- informations sur des lieux ou aires de l'environnement
- notation :  $R_{\text{type}}_{\langle \text{indice} \rangle}$



## Régions d'exécution et régions d'intérêt

*“Désignation d'une sous-partie de l'espace d'exécution disposant d'une couverture spatiale”*

### Région d'exécution :

- couverture opérationnelle et localisation d'un composant
- notation :  $R_{\text{role}}_{\langle \text{indice} \rangle}$

### Environnement d'exécution :

- ensemble des régions d'exécution (ENVEXEC)

### Région d'intérêt :

- informations sur des lieux ou aires de l'environnement
- notation :  $R_{\text{type}}_{\langle \text{indice} \rangle}$

### Environnement d'intérêt :

- ensemble des régions d'intérêt (ENVINT)



## Régions d'exécution et régions d'intérêt

*"Désignation d'une sous-partie de l'espace d'exécution disposant d'une couverture spatiale"*

### Région d'exécution :

- couverture opérationnelle et localisation d'un composant
- notation :  $R_{\text{role}}_{\langle \text{indice} \rangle}$

### Environnement d'exécution :

- ensemble des régions d'exécution ( $ENVEXEC$ )

### Région d'intérêt :

- informations sur des lieux ou aires de l'environnement
- notation :  $R_{\text{type}}_{\langle \text{indice} \rangle}$

### Environnement d'intérêt :

- ensemble des régions d'intérêt ( $ENVINT$ )

### Environnement géographique :

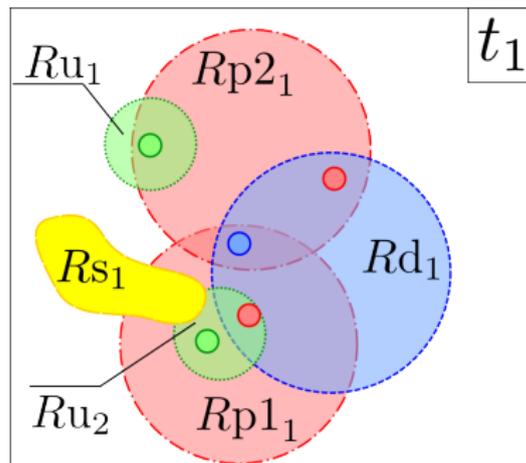
Union des environnements d'intérêt et d'exécution

$$ENVGEO = ENVEXEC \cup ENVINT = \{reg_1, reg_2, \dots, reg_n\}$$

## Régions d'exécution et régions d'intérêt

Exemple du SI côtier :

- 5 régions d'exécution : une par composant
- 1 région d'intérêt : type "restricted"



Environnement géographique ENVGEO du SI à  $t_1$  :

$$(ENVEXEC = \{Ru_1, Ru_2, Rd_1, Rp1_1, Rp2_1\}) \cup (ENVINT = \{Rs_1\})$$



## Relations entre régions de l'environnement

Expriment les interactions de deux régions de *ENVGEO* à un instant donné

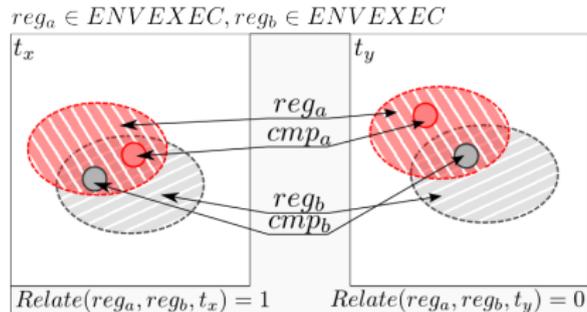
Nature Booléene ( $Relate(reg_a, reg_b, tx) \in \{1, 0\}$ ) ; trois relations :

## Relations entre régions de l'environnement

Expriment les interactions de deux régions de *ENVGEO* à un instant donné

Nature Booléenne ( $Relate(reg_a, reg_b, tx) \in \{1, 0\}$ ) ; trois relations :

- $reg_a, reg_b \in ENVEXEC$  : relation vérifiée ssi appartenance équivoque du composant support de  $reg_a$  à la couverture de  $reg_b$

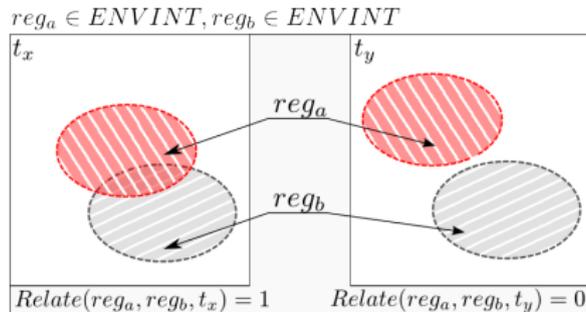


## Relations entre régions de l'environnement

Expriment les interactions de deux régions de *ENVGEO* à un instant donné

Nature Booléenne ( $Relate(reg_a, reg_b, tx) \in \{1, 0\}$ ) ; trois relations :

- $reg_a, reg_b \in ENVEXEC$  : relation vérifiée *ssi* appartenance équivoque du composant support de  $reg_a$  à la couverture de  $reg_b$
- $reg_a, reg_b \in ENVINT$  : relation *ssi* intersection des couvertures spatiales

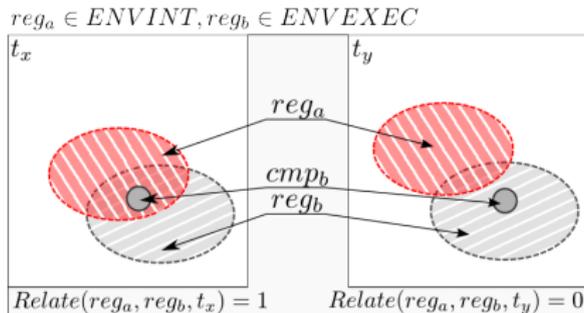


## Relations entre régions de l'environnement

Expriment les interactions de deux régions de *ENVGEO* à un instant donné

Nature Booléenne ( $Relate(reg_a, reg_b, tx) \in \{1, 0\}$ ) ; trois relations :

- $reg_a, reg_b \in ENVEXEC$  : relation vérifiée *ssi* appartenance équivoque du composant support de  $reg_a$  à la couverture de  $reg_b$
- $reg_a, reg_b \in ENVINT$  : relation *ssi* intersection des couvertures spatiales
- $reg_a \in ENVINT, reg_b \in ENVEXEC$  : relation vérifiée *ssi* le composant support de  $reg_b$  appartient à la couverture de  $reg_a$





## Définition du contexte d'exécution

### Contexte d'exécution :

Ensemble des paires de régions d'un environnement géographique en relation à un instant donné

$$State(t_x) = \{ (reg_a, reg_b) \in ENVGEO^2 \mid Relate(reg_a, reg_b, t_x) = 1 \}$$

## Définition du contexte d'exécution

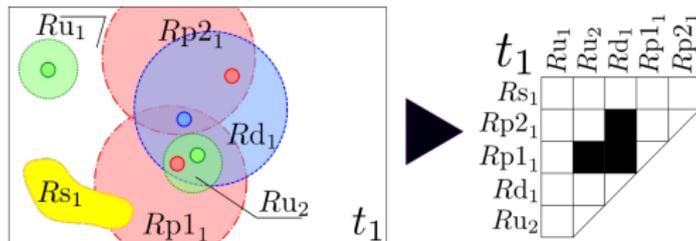
### Contexte d'exécution :

Ensemble des paires de régions d'un environnement géographique en relation à un instant donné

$$State(t_x) = \{(reg_a, reg_b) \in ENVGEO^2 \mid Relate(reg_a, reg_b, t_x) = 1\}$$

Exemple du SI côtier à  $t_1$ :

$$State(t_1) = \{(Ru_2, Rp1_1), (Rd_1, Rp2_1), (Rd_1, Rp1_1)\}$$





## Définition du contexte d'exécution

### Contexte d'exécution :

Ensemble des paires de régions d'un environnement géographique en relation à un instant donné

$$State(t_x) = \{(reg_a, reg_b) \in ENVGEO^2 \mid Relate(reg_a, reg_b, t_x) = 1\}$$

Exemple du SI côtier à  $t_1$ :

$$State(t_1) = \{(Ru_2, Rp1_1), (Rd_1, Rp2_1), (Rd_1, Rp1_1)\}$$

### Problématique conceptuelle

- décrire des contextes  $\Leftrightarrow$  caractériser des niveaux de service ;
- niveaux de service  $\Rightarrow$  processus de conception ;
- description complexe de l'ensemble des contextes
  - SI côtier :  $2^{C_2^{ENVGEO}} = 32000+$  contextes

## Définition du contexte d'exécution

### Contexte d'exécution :

Ensemble des paires de régions d'un environnement géographique en relation à un instant donné

$$State(t_x) = \{ (reg_a, reg_b) \in ENVGEO^2 \mid Relate(reg_a, reg_b, t_x) = 1 \}$$

Exemple du SI côtier à  $t_1$ :

$$State(t_1) = \{ (Ru_2, Rp1_1), (Rd_1, Rp2_1), (Rd_1, Rp1_1) \}$$

### Problématique conceptuelle

- décrire des contextes  $\Leftrightarrow$  caractériser des niveaux de service ;
- niveaux de service  $\Rightarrow$  processus de conception ;
- description complexe de l'ensemble des contextes

$\rightarrow$  Démarche de réduction de la complexité



## Réduction 1) : régions de rôles et types génériques

### Choix d'un point de vue conceptuel :

- les composants d'un rôle sont échangeables et assument les mêmes fonctions
- les régions d'intérêt d'un type impliquent des conséquences contextuelles identiques
- modélisation spatiale par des composants et régions génériques
  - notation :  $Crole_*$  et  $Rrole_*$



## Réduction 1) : régions de rôles et types génériques

### Choix d'un point de vue conceptuel :

- les composants d'un rôle sont échangeables et assument les mêmes fonctions
- les régions d'intérêt d'un type impliquent des conséquences contextuelles identiques
- modélisation spatiale par des composants et régions génériques
  - notation :  $Crole_*$  et  $Rrole_*$

### Exemple du SI côtier :

- tous les clients sont associés au rôle "u";
- modélisation du comportement des clients par un composant  $Cu_*$  et une région  $Ru_*$  génériques.



## Réduction 1) : régions de rôles et types génériques

### Choix d'un point de vue conceptuel :

- les composants d'un rôle sont échangeables et assument les mêmes fonctions
- les régions d'intérêt d'un type impliquent des conséquences contextuelles identiques
- modélisation spatiale par des composants et régions génériques
  - notation :  $C_{role_*}$  et  $R_{role_*}$

### Réduction 1) → description de l'ensemble des contextes :

- réduction de cardinalité  $ssi |ENVGEO| < |ROLES| + |TYPES|$ 
  - SI côtier :  $2^{C_2^{|ROLES|+|TYPES|}} \simeq 1000+$  contextes  $\ll 32000+$



## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

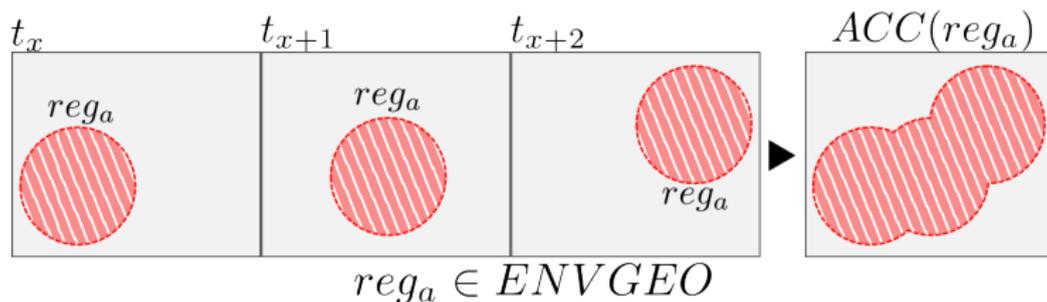
- 1 décrire les limites de mobilité des composants et régions par des aires de mobilité
- 2 déterminer les relations "forcées" de régions à partir des intersections de leurs aires de mobilité.

## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

- décrire les limites de mobilité des composants et régions par des aires de mobilité

espace accessible ACC d'une région de *ENVGEO*

- union des couvertures spatiales à l'exécution

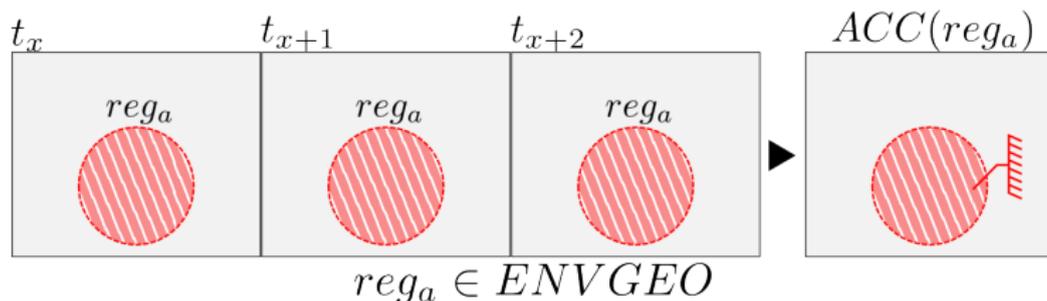


## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

- décrire les limites de mobilité des composants et régions par des aires de mobilité

espace accessible ACC d'une région de *ENVGEO*

- fixe lorsque  
 $\forall t_x, ACC(reg_x) = reg_x$



## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

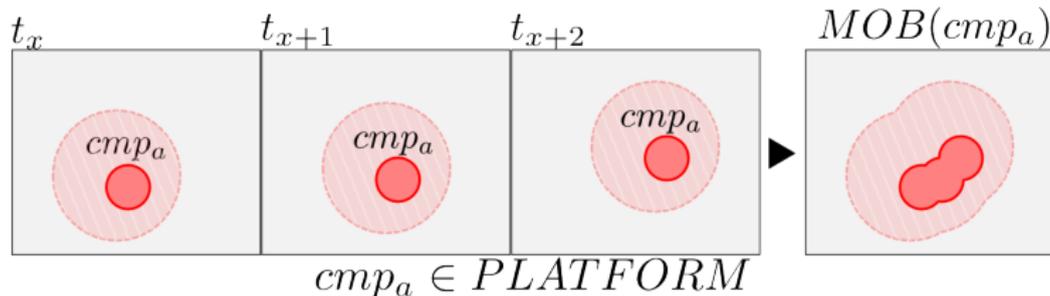
- décrire les limites de mobilité des composants et régions par des aires de mobilité

espace accessible ACC d'une région de ENVGEO

- union des couvertures spatiales à l'exécution

espace de mobilité MOB d'un composant de PLATFORM

- union des localisations d'un composant à l'exécution



## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

- décrire les limites de mobilité des composants et régions par des aires de mobilité

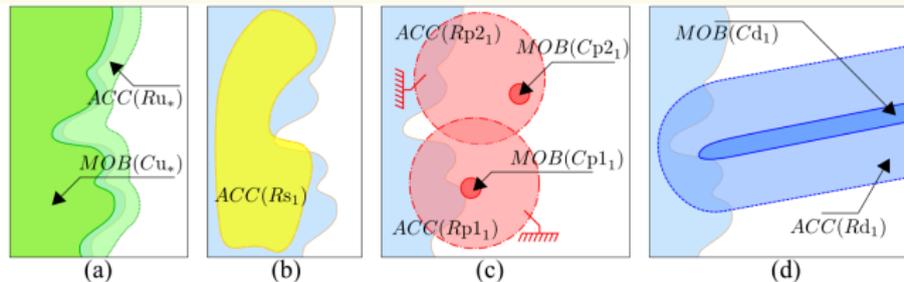
espace accessible  $ACC$  d'une région de  $ENVGEO$

- union des couvertures spatiales à l'exécution

espace de mobilité  $MOB$  d'un composant de  $PLATFORM$

- union des localisations d'un composant à l'exécution

### Exemple du SI côtier :

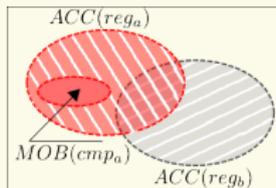


## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

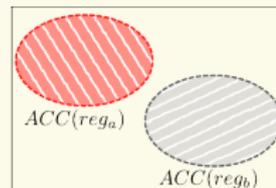
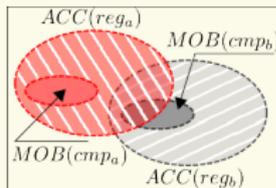
- déterminer les relations "forcées" de régions à partir des intersections de leurs aires de mobilité

### Relations entre $reg_a$ et $reg_b$ impossibles à l'exécution :

description de l'ensemble des paires de régions qui ne sont jamais liées (*EXCLUDED*)



$reg_a \in ENVEXEC$ ,  $reg_b \in ENVGEO$



$reg_a, reg_b \in ENVGEO$

## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

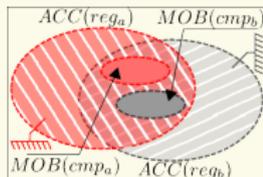
- déterminer les relations "forcées" de régions à partir des intersections de leurs aires de mobilité

### Relations entre $reg_a$ et $reg_b$ impossibles à l'exécution :

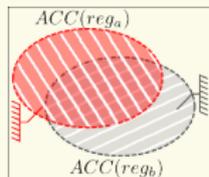
description de l'ensemble des paires de régions qui ne sont jamais liées (*EXCLUDED*)

### Relations entre $reg_a$ et $reg_b$ permanentes à l'exécution :

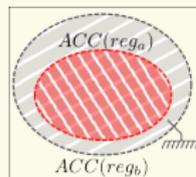
description de l'ensemble des paires de régions qui sont toujours liées (*INCLUDED*)



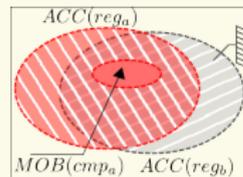
$reg_a, reg_b \in ENVEXEC$



$reg_a, reg_b \in ENVINT$



$reg_a, reg_b \in ENVINT$



$reg_a \in ENVEXEC,$   
 $reg_b \in ENVINT$

## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

- déterminer les relations "forcées" de régions à partir des intersections de leurs aires de mobilité

### Relations entre $reg_a$ et $reg_b$ impossibles à l'exécution :

description de l'ensemble des paires de régions qui ne sont jamais liées (*EXCLUDED*)

### Relations entre $reg_a$ et $reg_b$ permanentes à l'exécution :

description de l'ensemble des paires de régions qui sont toujours liées (*INCLUDED*)

### Réduction 2) → description de l'ensemble des contextes :

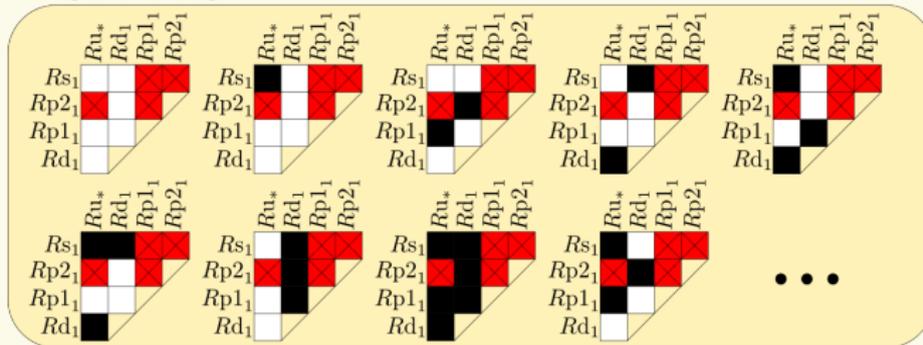
- réduction de cardinalité *ssi*  $INCLUDED \cup EXCLUDED \neq \emptyset$

## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

### Exemple du SI côtier

$$EXCLUDED = \{(Rp1_1, Rs_1), (Rp2_1, Rs_1), (Rp2_1, Ru_*), (Rp1_1, Rp2_1)\}$$

#### STATES



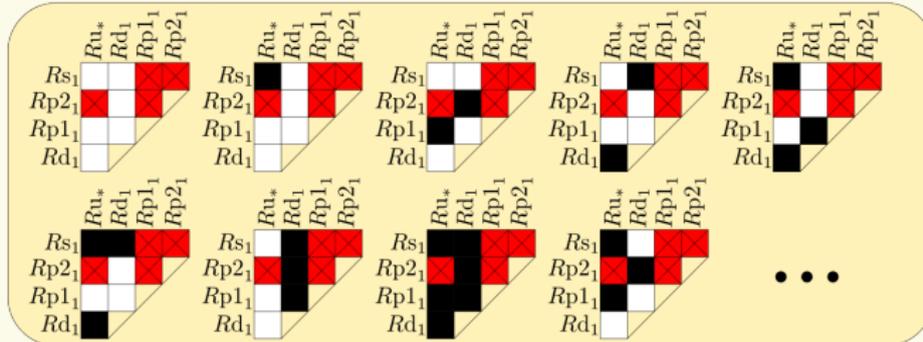
Passage de  $\simeq 1000+$  à  $2^{C_2^{(|ROLES|+|TYPES|)} - (|INCLUDED|+|EXCLUDED|)}$  contextes.

## Réduction 2) : relations exclues ou forcées

### Exemple du SI côtier

$$EXCLUDED = \{(Rp1_1, Rs_1), (Rp2_1, Rs_1), (Rp2_1, Ru_*), (Rp1_1, Rp2_1)\}$$

*STATES*



Passage de  $\simeq 1000+$  à  $2^{C_2^{4+1}-4} = 64$  contextes.  $\rightarrow$  Intégration de ces situations dans un cadre de conception



Modélisation : Approche spatiale du contexte  
Conception : contexte et cadre développement  
Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Cadre de conception unifié  
Cadre de conception étendu  
Cas d'étude : Suivi de régates



## 1 Modélisation : Approche spatiale du contexte

Systemes mobiles et distribués  
Modèle du contexte d'exécution  
Réduction de complexité

## 2 Conception : contexte et cadre développement

Cadre de conception unifié  
Cadre de conception étendu  
Cas d'étude : Suivi de régates

## 3 Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Instanciation : personnalisation d'un client mobile  
Construction de profils paramétrés  
Cas d'étude : Assistant de visite

## Conception

Méthode d'intégration pour des systèmes interactifs

### 1) Cadre de référence unifié

Démarche de modélisation d'un SI interactif & contextuel

### 2) Cadre de référence étendu

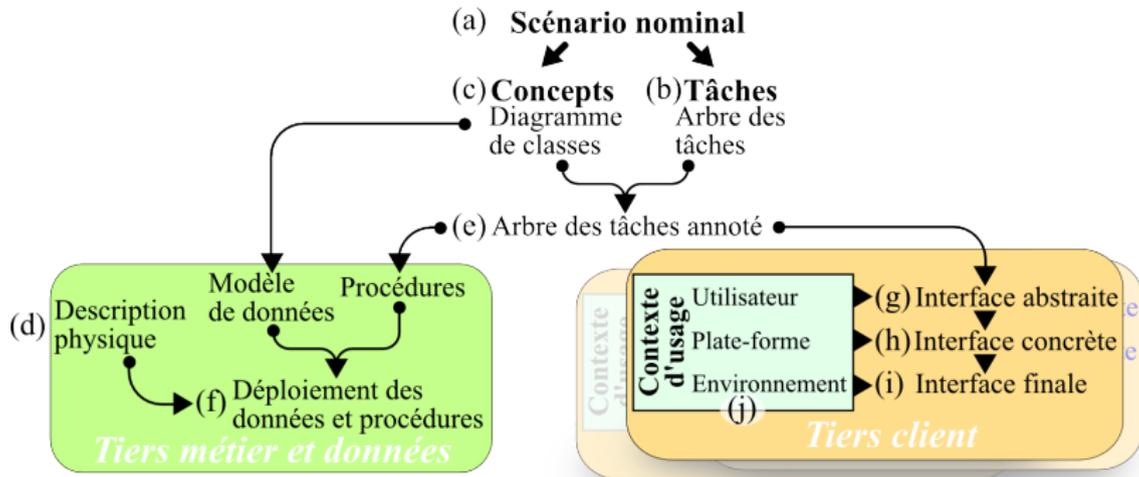
Association contextes - modèle  
Equivalences fonctionnelles  
Arbre des tâches situé

### 3) Cas 1 : suivi de régates

*"prendre en compte les situations d'exécution lors de la conception"*

# Cadre de conception de référence : système interactif

## Approche générale de modélisation d'un système interactif





# Cadre de conception de référence : système interactif

## Approche générale de modélisation d'un système interactif

### Premières étapes de modélisation

Rédaction de scénarios d'utilisation ; extraction des **tâches** et **concepts** du domaine

#### Scénario "Poste de navigation"

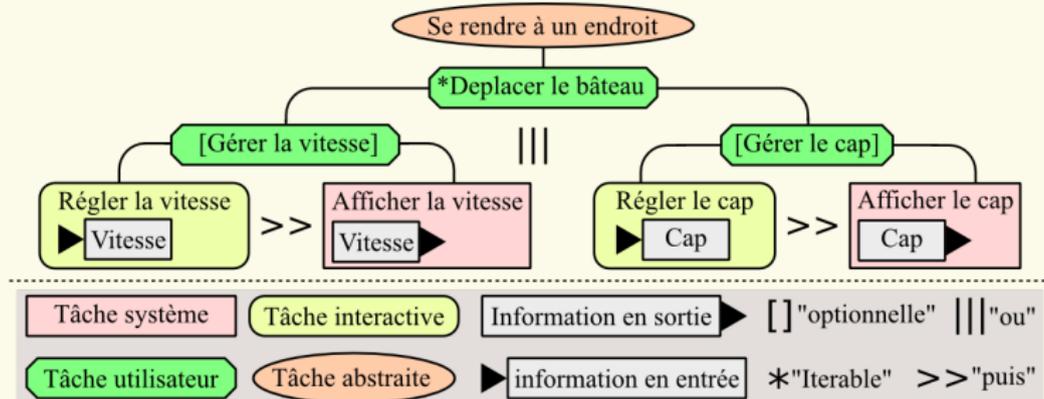
Pour **se rendre à un endroit** donné, le marin va devoir **déplacer son bateau**. Cette tâche consiste en deux opérations : d'une part **régler le cap** et d'autre part **régler la vitesse**. Le marin règle le cap en l'augmentant ou en le diminuant et, de la même façon, il augmente ou diminue la vitesse. Sur ces embarcations, la **vitesse maximale** atteinte est de 25 noeuds.

# Cadre de conception de référence : système interactif

Approche générale de modélisation d'un système interactif

## Premières étapes de modélisation

Organisation logique tâches/concepts

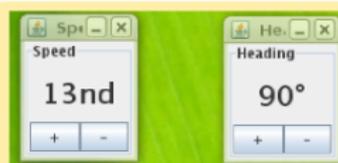
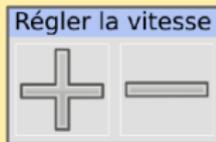


# Cadre de conception de référence : système interactif

Approche générale de modélisation d'un système interactif

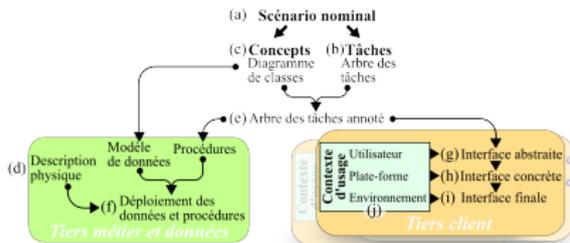
## Premières étapes de modélisation

Dialogue, présentation, présentation concrète → déploiement  
d'une plate-forme



# Cadre de conception de référence : système interactif

## Approche générale de modélisation d'un système interactif



## Pour les systèmes mobiles

- Situation dégradée ?
- Universalité des scénarios ?
- Plate-forme comme conséquence ?

## Premières étapes de modélisation

- Rédaction de scénarios d'utilisation ;
- Extraction des tâches et concepts du domaine ;
- Dialogue, présentation, présentation concrète → déploiement d'une plate-forme.



## Notion de modèle de conception étendu

**QUOI ?** Un cadre de travail pour construire des systèmes interactifs mobiles et distribués

- s'appuyant sur le modèle de référence unifié [CCT<sup>+</sup>03]
- outil de conception menant au développement

**POURQUOI ?** Intégrer les contextes d'exécution dans une démarche conceptuelle

- enrichir les scénarios d'utilisation
- associer un comportement fonctionnel à un maximum de situations
- rendre explicite les dépendances entre tâches et contextes

**COMMENT ?** Pont entre modélisation du contexte et cadre de conception étendu

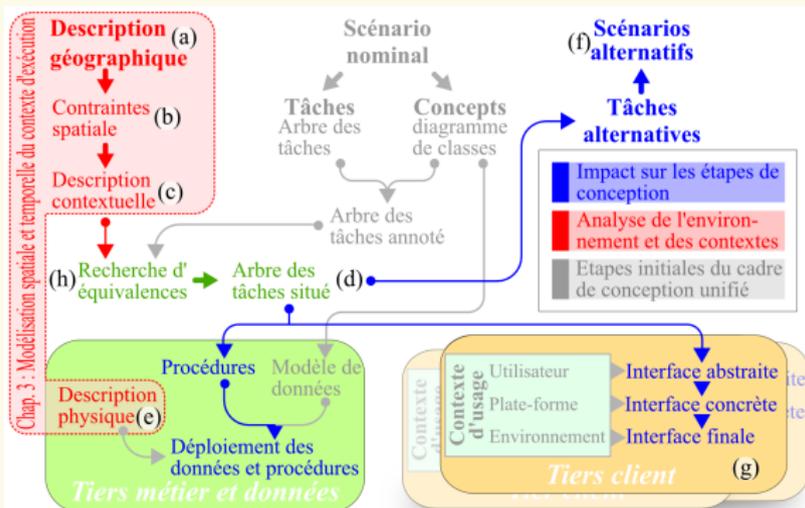
- recherche d'équivalences du point de vue fonctionnel
- contextualisation des tâches des utilisateurs

## Cadre de conception étendu

Objectif : cadre de développement capable d'intégrer un environnement dynamique

Moyen : description contextuelle des situations d'exécution  $\Rightarrow$  modèle de référence

### Étapes du cadre de conception étendu

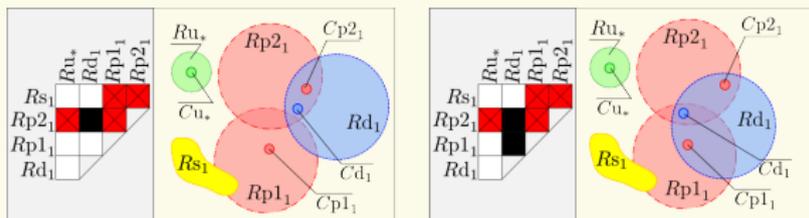


## Recherche d'équivalences fonctionnelles

Description de propriétés pour exprimer des équivalences fonctionnelles de contextes (p.ex.: "Région d'intérêt indéfinie", "Contextes locaux identiques", "Région d'intérêt distante", etc.)

### Exemple du SI côtier ; deux contextes $\neq$ issus de STATES

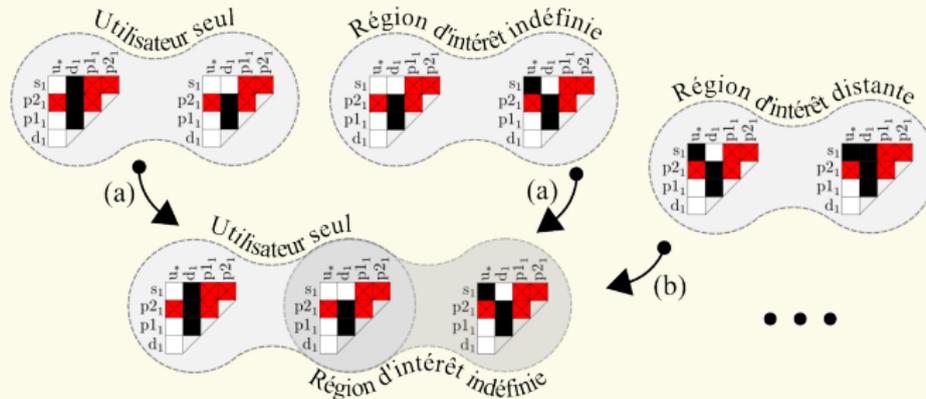
Propriété "Utilisateur isolé/seul": "Deux contextes présentant des régions d'utilisateurs isolés (c-à-d. sans relations avec d'autres composants) sont fonctionnellement équivalents"



## Recherche de chaînes d'équivalence

L'équivalence fonctionnelle est transitive : chaînage de paires en groupes d'équivalence

### Exemple du SI côtier



## Recherche de chaînes d'équivalence

L'équivalence fonctionnelle est transitive : chaînage de paires en groupes d'équivalence

### Exemple du SI côtier

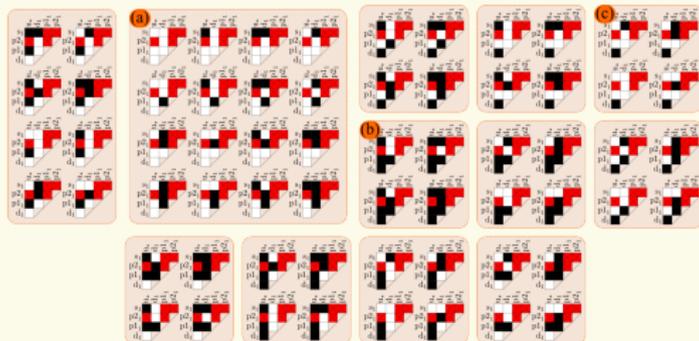


Passage de 64 contextes à 12 chaînes de contextes équivalents

## Recherche de chaînes d'équivalence

L'équivalence fonctionnelle est transitive : chaînage de paires en groupes d'équivalence

### Exemple du SI côtier

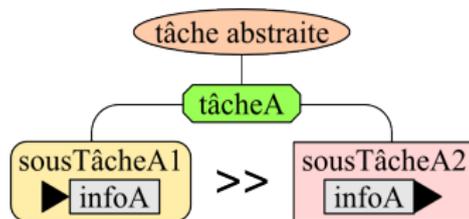


Passage de 64 contextes à 12 chaînes de contextes équivalents

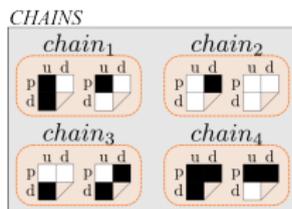
→ Vers l'intégration des groupes au modèle de tâches

## Construction d'un arbre des tâches situé

Ingrédients :



(a) Arbre des tâches annoté



(b) Chaînes de contextes

Méthode :

- ① répartir les données et procédures sur les composants
- ② contextualiser les feuilles de l'arbre
- ③ factoriser les chaînes (grammaire de règles)
- ④ associer des comportements alternatifs



## Construction d'un arbre des tâches situé

### Procédures :

- "sousTâcheA1"  $\rightarrow$  Cp
- "sousTâcheA2"  $\rightarrow$  Cp

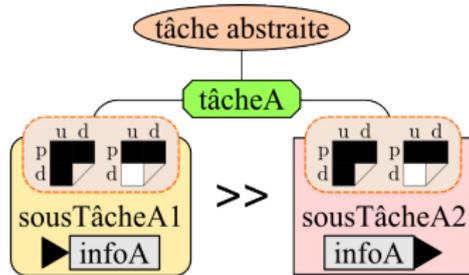
### Concepts :

- "infoA"  $\rightarrow$  Cd

### Méthode :

- ① répartir les données et procédures sur les composants

## Construction d'un arbre des tâches situé



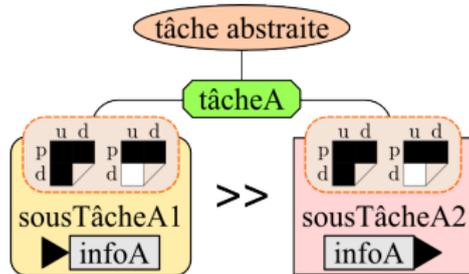
### Méthode :

- ① répartir les données et procédures sur les composants
- ② contextualiser les feuilles de l'arbre

### Contextualiser les feuilles de l'arbre :

Annotation d'une sous-tâche " $task_x$ " par une chaîne d'équivalence  $ssi$  elle valide les conditions d'exécution (ie.:  $Exec(task_x, chain_y) = 1$ )

## Construction d'un arbre des tâches situé



### Méthode :

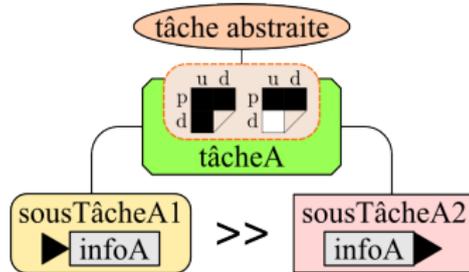
- ① répartir les données et procédures sur les composants
- ② contextualiser les feuilles de l'arbre
- ③ factoriser les chaînes (grammaire de règles)

### Factoriser les chaînes (grammaire de règles) :

Factorisation de contraintes pour faire remonter les annotations vers la racine.

Tâche exécutable ssi la racine est annotée après factorisation.

## Construction d'un arbre des tâches situé



### Méthode :

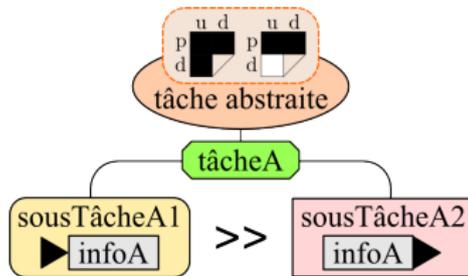
- ① répartir les données et procédures sur les composants
- ② contextualiser les feuilles de l'arbre
- ③ factoriser les chaînes (grammaire de règles)

### Factoriser les chaînes (grammaire de règles) :

Factorisation de contraintes pour faire remonter les annotations vers la racine.

Tâche exécutable ssi la racine est annotée après factorisation.

## Construction d'un arbre des tâches situé



### Méthode :

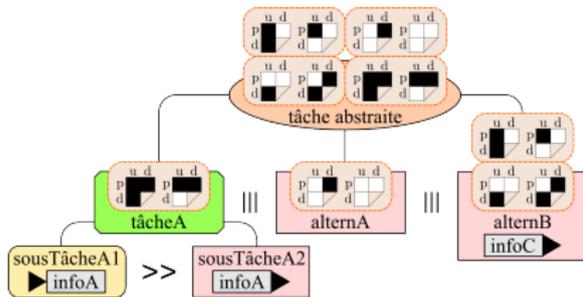
- ① répartir les données et procédures sur les composants
- ② contextualiser les feuilles de l'arbre
- ③ factoriser les chaînes (grammaire de règles)

### Factoriser les chaînes (grammaire de règles) :

Factorisation de contraintes pour faire remonter les annotations vers la racine.

Tâche exécutable ssi la racine est annotée après factorisation.

## Construction d'un arbre des tâches situé



### Méthode :

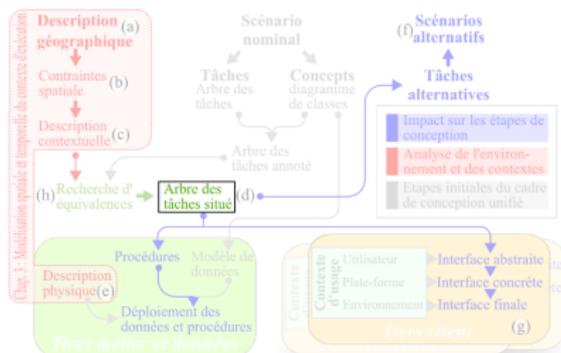
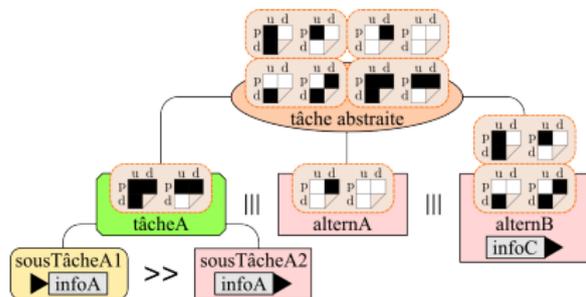
- ① répartir les données et procédures sur les composants
- ② contextualiser les feuilles de l'arbre
- ③ factoriser les chaînes (grammaire de règles)
- ④ associer des comportements alternatifs

### Associer des comportements alternatifs :

Chaînes n'annotant pas l'arbre :

- Il existe des situations imprévues
- Imaginer des scénarios alternatifs pour les ajouter à l'arbre

## Construction d'un arbre des tâches situé



### Suite de la démarche de conception :

- Spécifications → implémentation → tests → corrections
- Cas d'application : système de suivi de régates

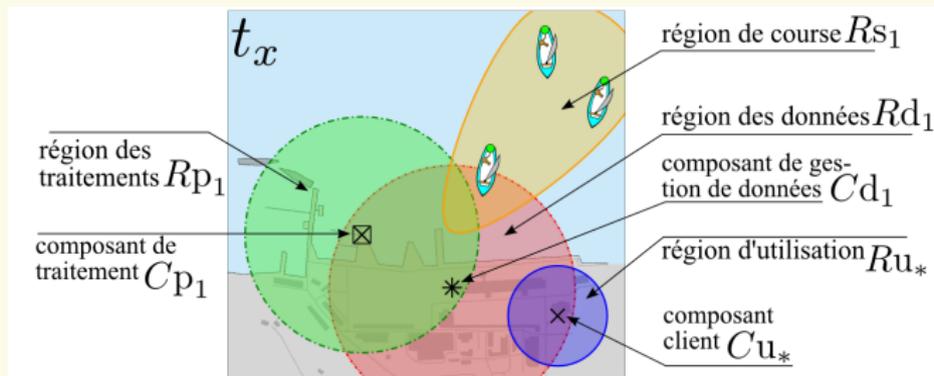
## Suivi de régata 1) : mise en situation ; plate-forme

- championnat annuel de voile organisé à l'Ecole Navale ;
- ronds de course au large (7-12km), public sur la côte ;
- **besoins d'un système d'information et de documentation.**



## Suivi de régates 2) : régions, contraintes, contextes

### Régions de l'environnement géographique



$$ENVGEO = \{R_{u*}, R_{d1}, R_{p1}, R_{s1}\}$$

$$ENVEXEC = \{R_{u*}, R_{d1}, R_{p1}\}$$

$$ENVINT = \{R_{s1}\}$$



## Suivi de régates 2) : régions, contraintes, contextes

### Régions de l'environnement géographique

$$ENVGEO = \{Ru_*, Rd_1, Rp_1, Rs_1\}$$

### Contraintes de mobilité :

$$EXCLUDED = \{(Rd_1, Rs_1)\} ; INCLUDED = \{(Rd_1, Rp_1)\}$$

## Suivi de régates 2) : régions, contraintes, contextes

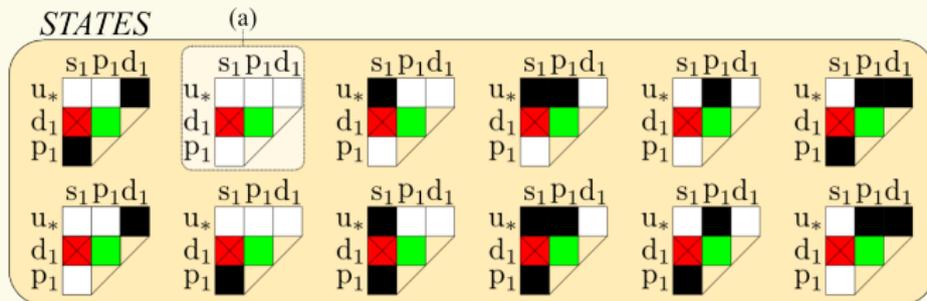
### Régions de l'environnement géographique

$$ENVGEO = \{Ru_*, Rd_1, Rp_1, Rs_1\}$$

### Contraintes de mobilité :

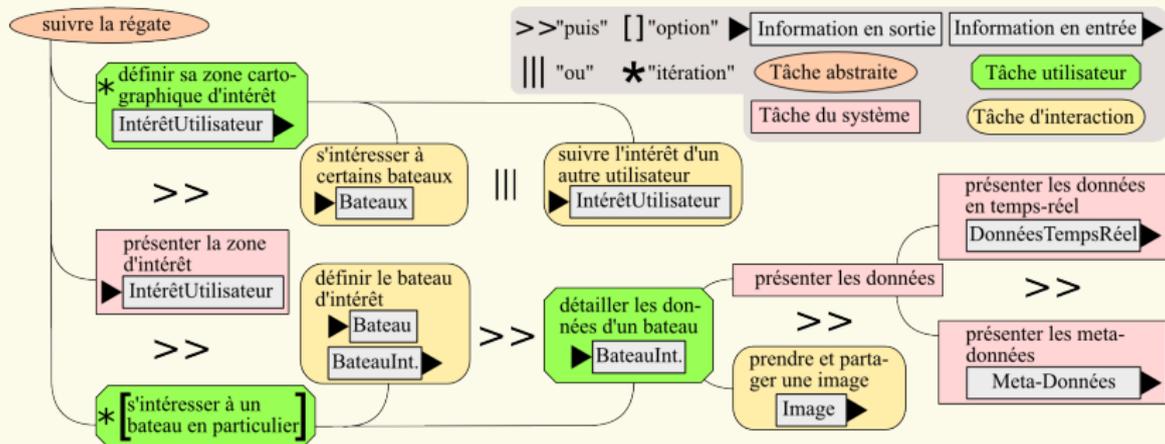
$$EXCLUDED = \{(Rd_1, Rs_1)\} ; INCLUDED = \{(Rd_1, Rp_1)\}$$

### Ensemble des contextes observables :



# Suivi de régate 3) : UCD, Chaines d'équiv., arbre situé

## Primitives de conception :



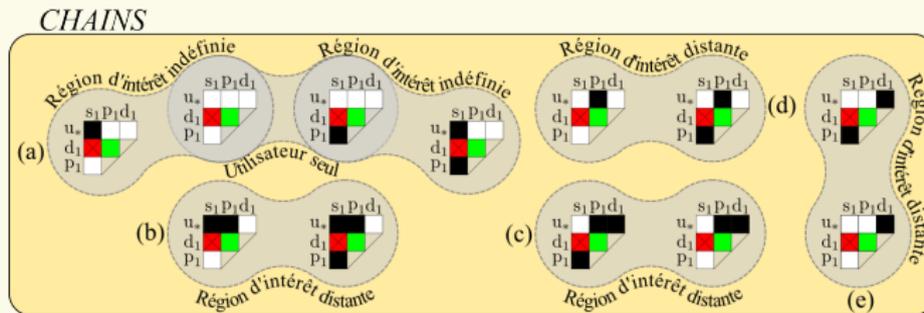
Scénario nominal → arbre des tâches annoté.

## Suivi de régates 3) : UCD, Chaines d'équiv., arbre situé

Primitives de conception :

Scénario nominal → arbre des tâches annoté.

Chaînes de contextes équivalents :



Application de propriétés sur *STATES* → 5 chaînes d'équivalences.

# Suivi de régates 3) : UCD, Chaines d'équiv., arbre situé

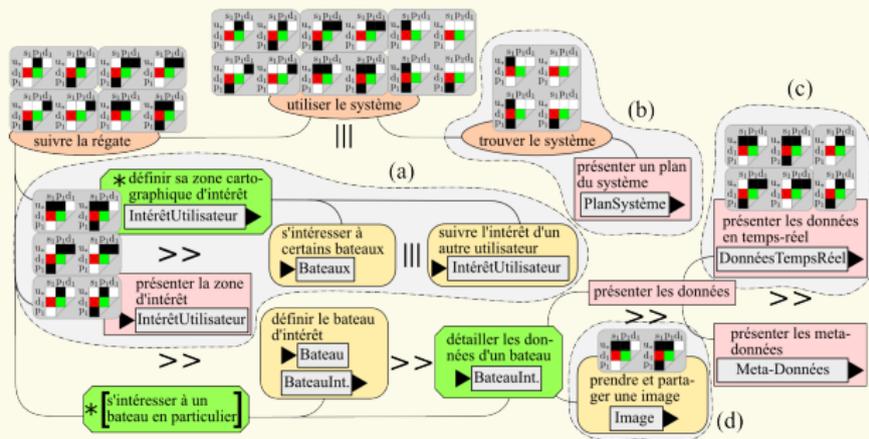
## Primitives de conception :

Scénario nominal → arbre des tâches annoté.

## Chaînes de contextes équivalents :

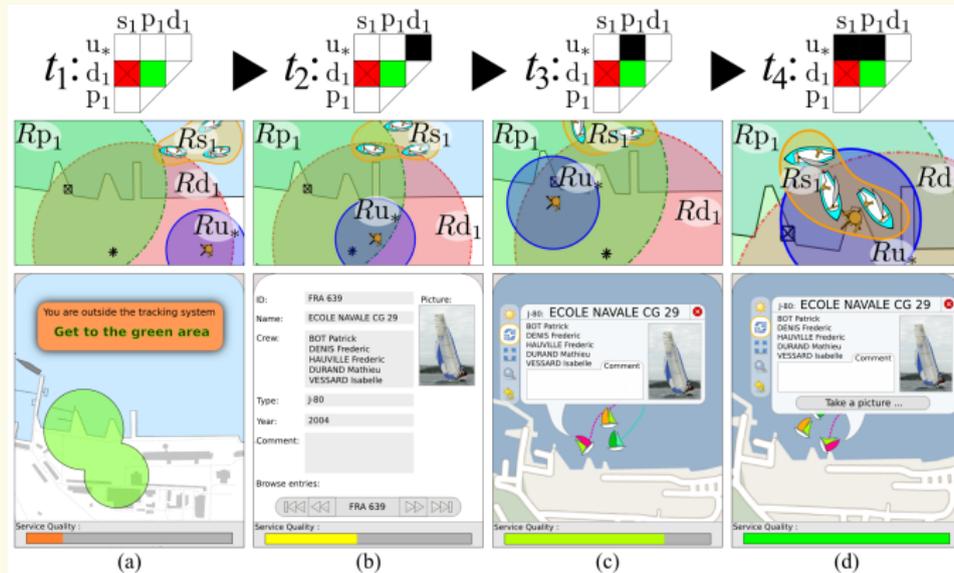
Application de propriétés sur STATES → 5 chaînes d'équivalences.

## Arbre des tâches situé



# Suivi de régates 4) : maquettes des adaptations du client

## Proposition d'un scénario d'utilisation :



Adaptation du niveau fonctionnel en cours d'exécution.



Modélisation : Approche spatiale du contexte  
Conception : contexte et cadre développement  
Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Instanciation : personnalisation d'un client  
Construction de profils paramétrés  
Cas d'étude : Assistant de visite



## 1 Modélisation : Approche spatiale du contexte

Systemes mobiles et distribués  
Modèle du contexte d'exécution  
Réduction de complexité

## 2 Conception : contexte et cadre développement

Cadre de conception unifié  
Cadre de conception étendu  
Cas d'étude : Suivi de régates

## 3 Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Instanciation : personnalisation d'un client mobile  
Construction de profils paramétrés  
Cas d'étude : Assistant de visite

### Instanciation

Utilisation des situations pour adapter des clients mobile

#### 1) Personnalisation du client

Démarches existantes, avantages, inconvénients en mobilité

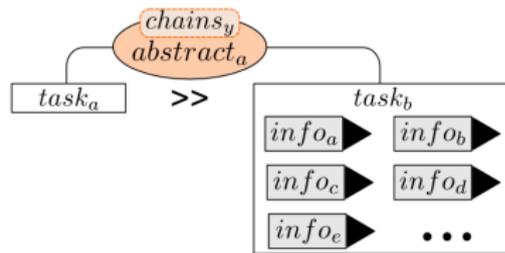
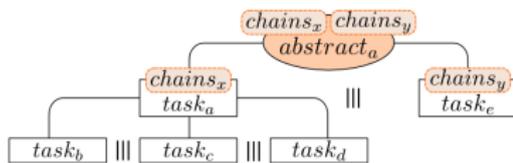
#### 2) Construction de profil paramétrés

Groupements par contexte  
Construction de profils  
Propriétés de l'algorithme

#### 3) Cas 2 : assistant de visite

*"importance d'une situation d'exécution dans un processus d'adaptation"*

# Nature des adaptations d'un client mobile



## Utilisateurs concernés, services et information riches

Conséquences des évolutions de la mobilité et du support :

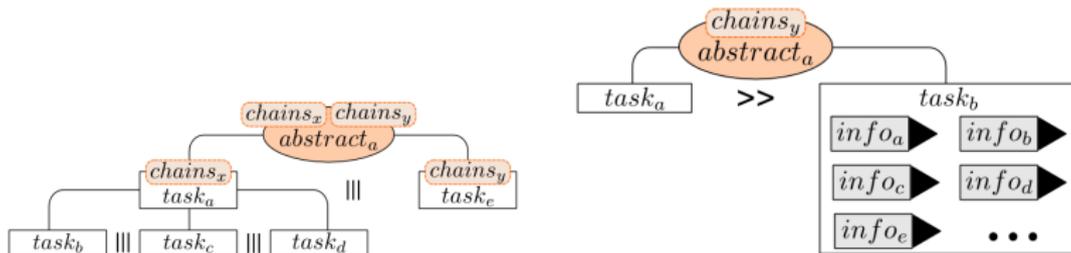
- multitude d'informations associées à une tâche
- alternatives pour une même tâche

## Objectifs de la personnalisation des clients :

*"Améliorer la valeur interactive en guidant les choix de présentation, de dialogue, d'outils du client"*[PRC10]

Approche non-intrusive, sans perturber les tâches et la mobilité des utilisateurs [MABW08]

# Nature des adaptations d'un client mobile



Utilisateurs concernés, services et information riches

Conséquences des évolutions de la mobilité et du support :

- multitude d'informations associées à une tâche
- alternatives pour une même tâche

Objectifs de la personnalisation des clients :

*"Améliorer la valeur interactive en guidant les choix de présentation, de dialogue, d'outils du client"*[PRC10]

Approche non-intrusive, sans perturber les tâches et la mobilité des utilisateurs [MABW08]

→ méthode de perception implicite d'usages et inférence de préférences



## Perception implicite, préférences inférées

### Approches habituelles de construction de profil [BS97]:

- analytiques → *analyse statistique sur des séries temporelles*
- collaboratives → *analyse des comportements d'individus groupés*
- hybrides → *mélange des deux méthodes précédentes*

#### Approches analytiques :

- ⊕ grain de la personne
- ⊖ démarrage à froid [SPU02]
- ⊖ inertie du contenu [LMMP96]

#### Approches collaboratives :

- ⊕ peu d'inertie et de démarrage à froid
- ⊖ grain du groupe [Ric83]
- ⊖ critère de regroupement

#### Approches hybrides :

- ⊕ "associer les avantages de ces techniques de mesure [*approche analytique ou approche collaborative*] sans hériter de leurs inconvénients" [BS97]
- ⊖ solutions appliquées, parfois difficilement généralisables [Paz99, MR00, TC00]



## Notion de profil situé d'un système mobile

**QUOI ?** Système de recommandation tenant compte des situations et de la mobilité du système

- Implémenté sur un système mobile conçu d'après l'approche régionale
- réduisant les contraintes des techniques de "profiling"

**POURQUOI ?** Offrir aux utilisateurs un niveau d'adaptation à l'exécution :

- ordonner la présentation d'éléments
- classer les fonctionnalités offertes
- faciliter l'usage du système en mobilité

**COMMENT ?** Un algorithme paramétrable pour la construction de profils de préférences

- générant des profils localement à chaque contexte d'exécution
- distinguant différents niveaux de granularité



# Description de l'algorithme

Localement à un contexte d'exécution de *STATE*, calculs réguliers :

## Propriétés de l'algorithme

- Sources de mesures (interactions, localité)
- Niveaux de profils (individuel, groupe immédiat/renforcé)
- Influence des profils passés (entre  $t_0$  et  $t_{x-1}$ )
- Paramétrage dynamique à l'exécution ( $\omega_{hist}$ ,  $\omega_{score}$ ,  $\omega_{usr}$ ,  $\omega_{bal}$ )

## Répondre aux "biais" des méthodes de construction :

profils statistiques : ⊖ **démarrage à froid, inertie**

- profils renforcés, profils immédiats ( $\omega_{bal}(\dots)$ ,  $\omega_{usr}(\dots)$ )

profils collaboratifs : ⊖ **grain du groupe, critère de regroupement ?**

- granularité : tirer vers le profil personnel ( $\omega_{usr}(\dots)$ )
- regroupement : contexte d'exécution partagé entre utilisateurs

profils hybrides : ⊖ **solutions appliquées, parfois difficilement généralisables**

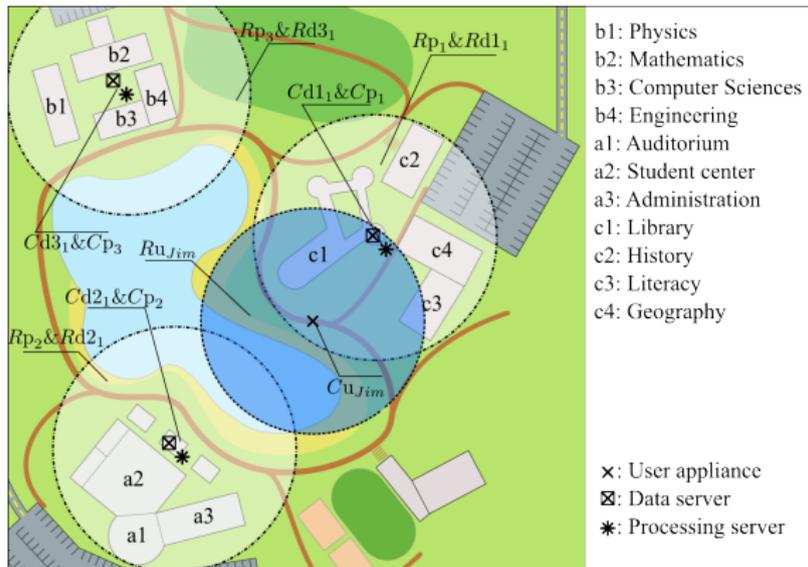
- instanciation particulière du modèle (pré-réglage des fonctions)

## Assistant de visite 1) : Plan du système

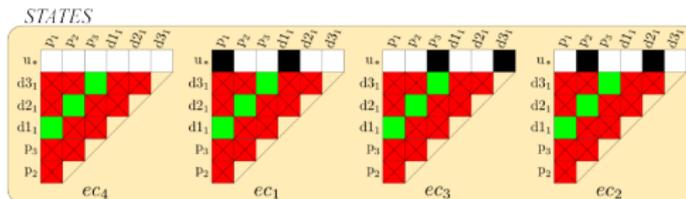
But : fournir un système de visite aux nouveaux étudiants

Moyen : système d'information distribué entre les départements et clients mobiles

Cadre d'application d'un projet EGIDE IRENav/UCD

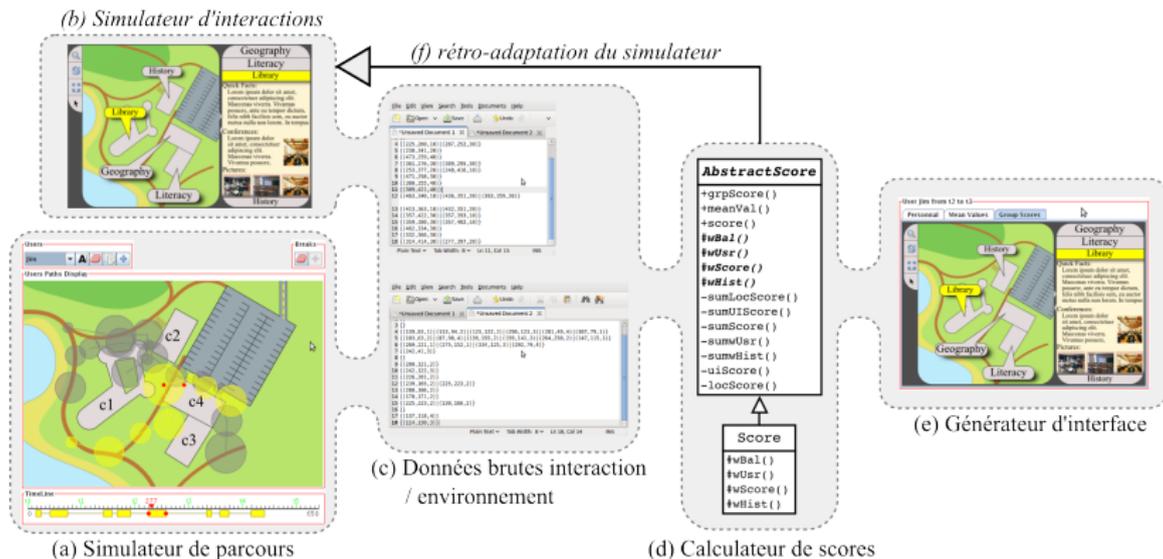


## Assistant de visite 2) : Contextes et fonctionnalités



- 4 contextes d'exécution sont discernables (alentour des départements + contexte vide)
- les utilisateurs passent de l'un vers l'autre
- des profils sont construits localement à chaque contexte

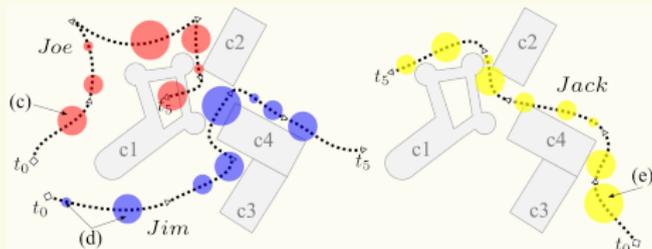
## Assistant de visite 3) : Chaîne de simulation



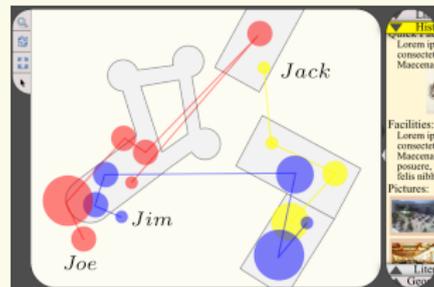
Permet de tester les adaptations du client à un profil et les réglages de l'algorithme de construction

## Assistant de visite 4) : exemple de 3 utilisateurs en $ec_1$ entre $t_0$ et $t_5$

### Primitives captées pour la construction des profils personnels



(e) Parcours et pauses des utilisateurs



(f) Interactions des utilisateurs

# Assistant de visite 4) : exemple de 3 utilisateurs en $ec_1$ entre $t_0$ et $t_5$

## Primitives captées pour la construction des profils personnels



## Application des profils calculés à $t_2$ : adaptations de la présentation





Modélisation : Approche spatiale du contexte  
Conception : contexte et cadre développement  
Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Instanciation : personnalisation d'un clien  
Construction de profils paramétrés  
Cas d'étude : Assistant de visite



## Synthèse

“Étudier la modélisation, la conception et l'instanciation d'un système mobile par l'analyse de ses situations/contextes d'exécution”

Approche spatiale pour le modèle des contextes d'exécution



## Synthèse

“Étudier la modélisation, la conception et l'instanciation d'un système mobile par l'analyse de ses situations/contextes d'exécution”

Double contribution scientifique :

- Point de vue des systèmes d'information géographique
- Point de vue des systèmes d'information mobiles

### Modélisation

#### Approche spatiale du contexte d'exécution

- 1) **Systèmes mobiles et distribués**  
Plate-forme, rôles et composants
- 2) **Modèle du contexte**  
Régions d'un système  
Relation de régions  
Définition du contexte
- 3) **Réduction de complexité**  
Familles de régions  
Cas d'inclusion/exclusion  
Ensemble des contextes

*“évolution spatiale et temporelle pour caractériser des situations d'exécution”*

### Conception

#### Méthode d'intégration pour des systèmes interactifs

- 1) **Cadre de référence unifié**  
Démarche de modélisation d'un SI interactif & contextuel
- 2) **Cadre de référence étendu**  
Association contextes - modèle  
Equivalences fonctionnelles  
Arbre des tâches situé
- 3) **Cas 1 : suivi de régate**

*“prendre en compte les situations d'exécution lors de la conception”*

### Instanciation

#### Utilisation des situations pour adapter des clients mobile

- 1) **Personnalisation du client**  
Plate-forme, rôles et composants
- 2) **Construction de profil paramétrés**  
Groupement d'utilisateurs  
Relation de régions  
Définition du contexte
- 3) **Cas 2 : assistant de visite**

*“importance d'une situation d'exécution dans un processus d'adaptation”*

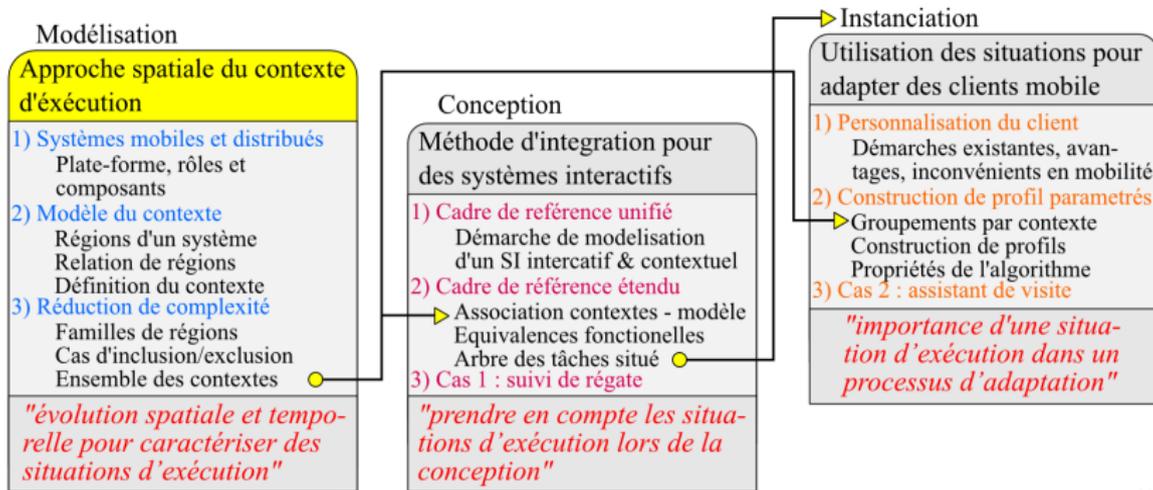


## Synthèse

“Étudier la modélisation, la conception et l'instanciation d'un système mobile par l'analyse de ses situations/contextes d'exécution”

Double contribution scientifique :

- Point de vue des systèmes d'information géographique
- Point de vue des systèmes d'information mobiles

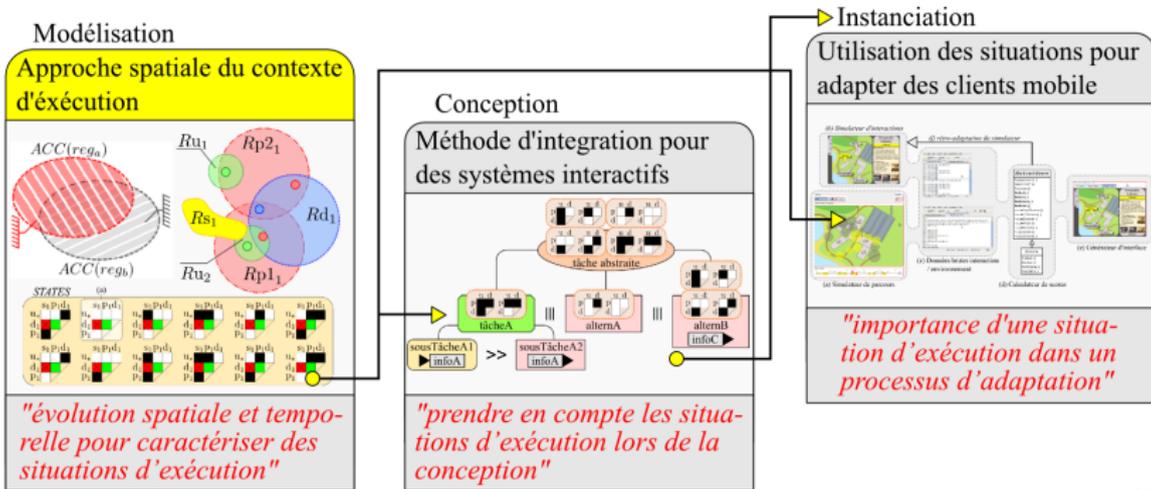


# Synthèse

“Étudier la modélisation, la conception et l'instanciation d'un système mobile par l'analyse de ses situations/contextes d'exécution”

Double contribution scientifique :

- Point de vue des systèmes d'information géographique
- Point de vue des systèmes d'information mobiles





## Perspectives scientifiques

### Modélisation du contexte par une approche spatiale

- extension des relations entre régions
- classification des contextes à partir d'une ontologie

### Démarche de conception intégratrice

- modéliser des équivalences de contextes selon les applications
- généralisation de l'influence du spatial à d'autres outils et méthodes

### Méthodes de personnalisation du client à l'exécution

- validations des mesures et adaptation de l'algorithme
- diffusion des profils dans l'espace du système



Modélisation : Approche spatiale du contexte  
Conception : contexte et cadre développement  
Adaptation d'un client mobile à l'exécution

Instanciation : personnalisation d'un client  
Construction de profils paramétrés  
Cas d'étude : Assistant de visite



Merci de votre attention

Commentaires, avis et questions.



# References

[1] S. Brewster, *Overcoming the lack of screen space on multi-computers*, Personal and Ubiquitous Computing 4 (2002), no. 3, 188–205.

[2] M. Balabanović and Y. Shoham, *Fish context-based collaborative recommendation*, Communications of the ACM (1997), no. 1, 64–72.

[3] G. Calvary, J. Costin, D. Thevenin, Q. Linbaug, L. Bouillon, and J. Vandenbroeck, *A usability reference framework for multi-target user interfaces*, Interacting with Computers 19 (2007), no. 3, 289–308.

[4] G. Chen and D. Katz, *A survey of context-aware mobile computing research*, Tech. report, Dept. of Computer Science, Dartmouth College, 2005.

[5] A. K. Dey, D. Selton, G.E. Abowd, and M. Finkbeiner, *The Context-Awareness enabling user interface with context-aware computing*, Proceedings of the 3rd International Symposium on Wearable Computers (Washington, DC, USA), IEEE, October 1999, pp. 21–28.

[6] P.L. Emilian and C. Stephanidis, *Universal access to ambient intelligence environments: opportunities and challenges for people with disabilities*, IEEE Systems Journal 4 (2010), no. 1, 145–165.

[7] Antonietta Giamini, Alain Karawany, and Marco Sestini, *Augmenting paper to enhance community information sharing*, DIME'09 Proceedings of DIME 2009 on Designing augmented reality environments (New York, NY, USA, ACM, 2009), pp. 51–62.

[8] M. Gonenkhan, M.C. Noote, R. Sijpe, and N. Weibel, *Putting location-based context on the map: Proceedings of the 9th International Symposium Web and Wireless Geographic Information Systems, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 4295, Springer, December 2006, pp. 1–11.

[9] Eric Huggan and Stephen Brewster, *Designing audio-and tactile-mediated user for mobile devices*, CHI'07 Proceedings of the 9th international conference on Multimodal interfaces (New York, NY, USA), ACM, 2007, pp. 162–169.

[10] J. Häpälä and C. Lorke, *A Spatial Audio User Interface for Generating Music Playlists*, ICAD'05 Proceedings of the 9th International Conference on Auditory Display, Boston University Publications Production Department, 2005, pp. 267–273.

[11] S. Kraisslmaier and F. Ljungberg, *Mobile use of IT*, Proceedings of the 22nd Information Systems Research Seminar in Scandinavia: "Disruptive Architectures for Virtual Organizations" (E.K. Kallithraki, ed.), Computer Science and Information Systems Reports, vol. 2, Department of Computer Science and Information Systems, University of Jyväskylä, August 1999, pp. 275–284.

[12] S. Long, R. Kasper, G.D. Abowd, and C.G. Abowd, *Rapid prototyping of mobile context-aware applications: the spyzoo case study*, MobiCase'06 Proceedings of the 2nd annual international conference on Mobile computing and networking (New York, NY, USA, ACM, 1996), pp. 97–107.

[13] W. Lam, S. Mukhopadhyay, J. Mustafa, and M. Palubiak, *Detection of shifts in user interests for personalized information filtering*, SIGIR'06 Proceedings of the 18th international conference on Research and development in information retrieval (New York, NY, USA, ACM, August 1996), pp. 327–328.

[14] E. Mar, André, M. Bertolotto, and D.C. Wilson, *Understanding Contextual Intents by Visualizing Map Interaction Relations*, Information Visualization 7 (2008), no. 1–4, 257–268.

[15] B. Martin, *History: a virtual landscape explored with gesture interaction and visual feedback for mobile devices*, MMR4CHI'07 Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services (New York, NY, USA, ACM, 2008), pp. 99–106.

[16] R.L. Manthey and L. Ray, *Context-based hand recommendation using learning for text categorization*, DE'03 Proceedings of the 9th ACM conference on Digital Libraries (New York, NY, USA, ACM, June 2003), pp. 195–204.

[17] J. Moore, L. Wang, S. Yoo, and U. Neumann, *An Augmented Reality Interface for Mobile Information Delivery*, Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Multimedia and Expo (Washington, DC, USA), IEEE, July 2007, pp. 2228–2236.

[18] A.E. Newell and P. Grogan, *"user sensitive inclusive design" – in search of a new paradigm*, CUI'08 Proceedings on the 2008 conference on Universal Usability (New York, NY, USA, ACM, 2008), pp. 39–44.

[19] M.J. Peeters, *A framework for collaborative, context-based and demographic filtering*, Artificial Intelligence Review 19 (1999), no. 3, 163–188.

[20] M. Peuk, C. Ray, and C. Charamant, *Algorithmic recommendation adaptive user personalization of an online music*, Proceedings of the 22nd French speaking workshop on Mobile and Ubiquitous Computing (LHMM'08-Euro, France, 2010), p. 4pp.

[21] K. Rahn, *User use individuals: individualizing user models*, International journal of man-machine studies 41 (1995), no. 1, 199–224.

[22] G. Reismaner and D. Schmalstieg, *Collaborative augmented reality for outdoor navigation and information browsing*, In Proceedings of the 3rd Symposium on Location Based Services and Socio-Geography (LBS'05) in Paris, January 2004, pp. 33–45.

[23] A.L. Schein, A. Popowich, and L.H. Ungar, *Methods and Metrics for Cold-Start Recommendations*, SIGIR'05 Proceedings of the 28th international conference on Research and development in information retrieval (New York, NY, USA, ACM, August 2005), pp. 253–260.

[24] T. Sato and E. Cohen, *Hybrid recommender systems for electronic commerce*, Proceedings from the AAAI Workshop on Knowledge-Based Electronic Markets, vol. 4, AAAI Technical Reports, no. WS-01-04, AAAI Press, 2001, pp. 79–81.

[25] D. Wagner and D. Schmalstieg, *First steps towards handheld augmented reality*, IHMC'03 Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers (Washington, DC, USA), IEEE, 2003, pp. 127–135.

[26] H. Van and T. Selton, *Context-aware office assistant*, IJCI'00 Proceedings of the 5th international conference on Intelligent user interfaces (New York, NY, USA, ACM, 2000), pp. 276–276.

[27] M. Zlat, O. Cappanera, J. Stewart, and C. Luetj, *Hybrid recognition of objects at different scales: A comparison of two methods of interaction*, Interacting with Computers 19 (2007), no. 1, 125–132.