

Gestion de plusieurs robots aériens vers plusieurs objectifs

*M. Barat, R. Cuisinier, F. Dietrich, J.L. Farges, G.
Infantes, A. Michel, S. Prudhomme, P. Taillandier*

ONERA

The ONERA logo consists of the word "ONERA" in a bold, sans-serif font. Below the text is a blue horizontal line that curves upwards at both ends, resembling a stylized wing or a bridge.

Plan

- Introduction
- Hypothèses sur le système commandé
- Architecture proposée
 - Décomposition
 - Structure
 - Commande de robot
 - Commande d'objet
 - Commande de zone
- Problèmes spécifiques
 - Gestion de base de données
 - Gestion des observations
 - Planification
 - Exécution, réaction aux aléas et gestion des communication
- Simulation
 - Cadre de travail
 - Acteurs
 - Métriques
- Conclusion

Introduction (1/2)

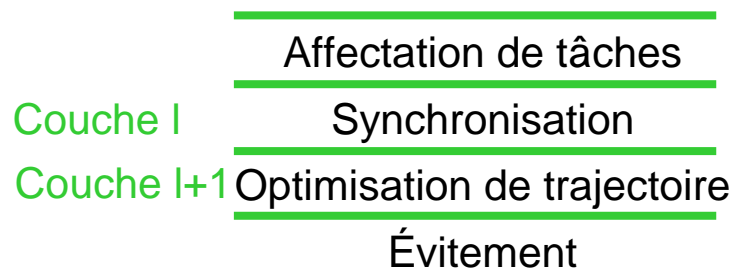
- Développement d'un système aéroporté d'orientation et de décision
 - Systèmes communicants entre eux
 - Architecture de commande multi-robots
 - Tâches de :
 - Détection
 - Reconnaissance
 - Identification
 - Frappe
- Travaux sur les architectures de commande multi-robots:
 - Réception de buts, incrémentation de plans locaux cohérente avec les contraintes globales (Alami, Ingrand, Qutub 97)
 - Module central d'affectation effectuant des requêtes en recevant en réponse un coût, gestion réactive des conflits (Brumitt, Stentz 98)
 - Affectation par règles, synchronisation par propositions (Beard et al. 02)
 - Proposition de chemins vers les points de tâche, affectation, ordonnancement et synchronisation centrale sur cette base (Kuwata 03)

Introduction (2/2)

- Définition d'architectures de commande de systèmes :
 - (Findeisen, Lefkowitz 69)
 - Distinction sur la première décomposition entre :

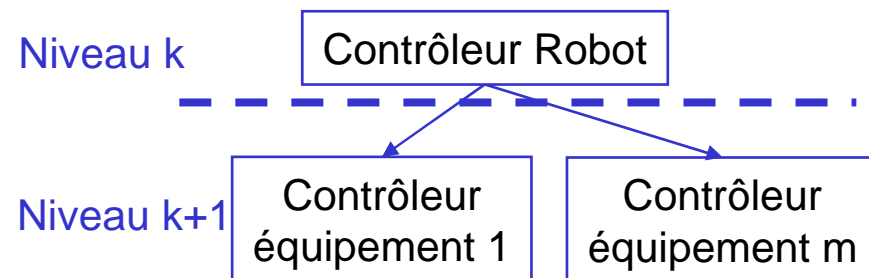
- Le multi couche

- Des sous problèmes
- Des modules de commande pour eux



- Le multi niveaux

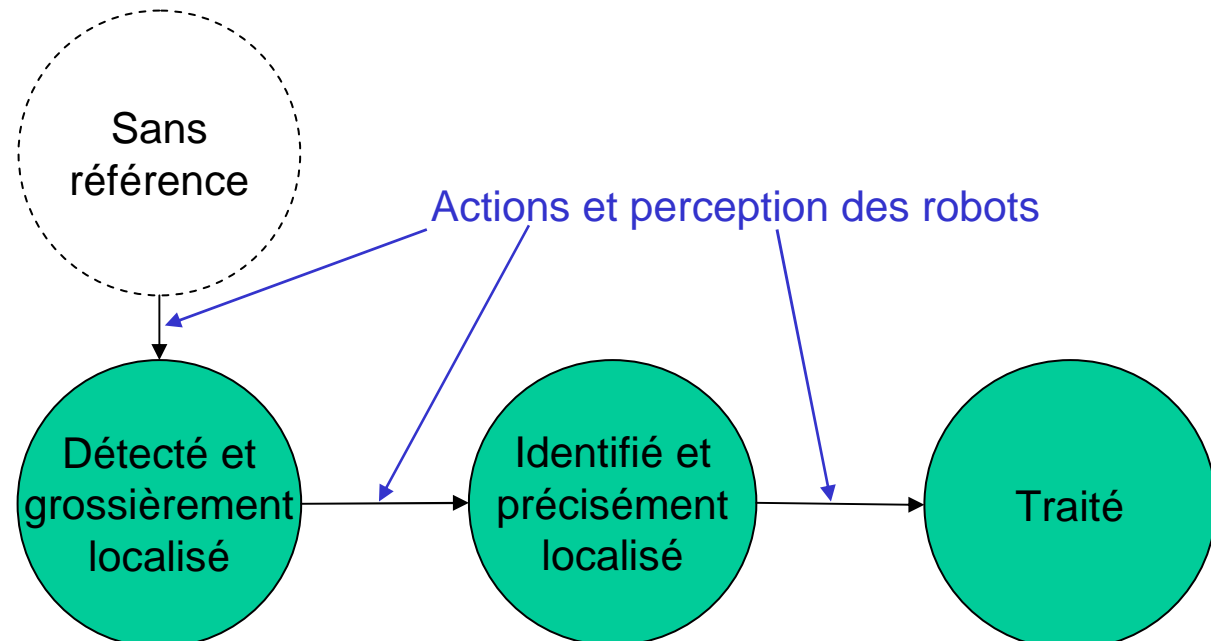
- Des sous systèmes
- Des modules de commande pour eux
- Des modules de mise en cohérence



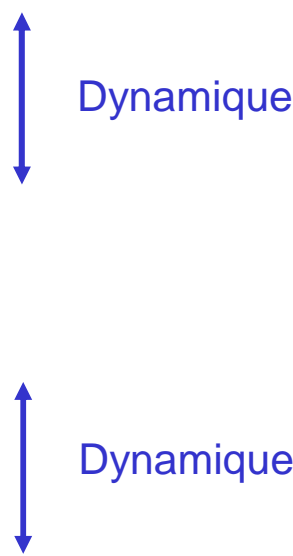
- Approche multi niveaux :
 - Pour un groupe de robots
 - Dans un environnement partiellement inconnu

Hypothèses sur le système commandé

- Les robots
 - Capteurs et actionneurs
 - Actions possibles et perception dépendantes de la position et de l'attitude
 - Commande des senseurs
 - Traitement de l'information senseur
 - Communications
- L'environnement
 - Zones d'intérêt
 - Objets d'intérêt

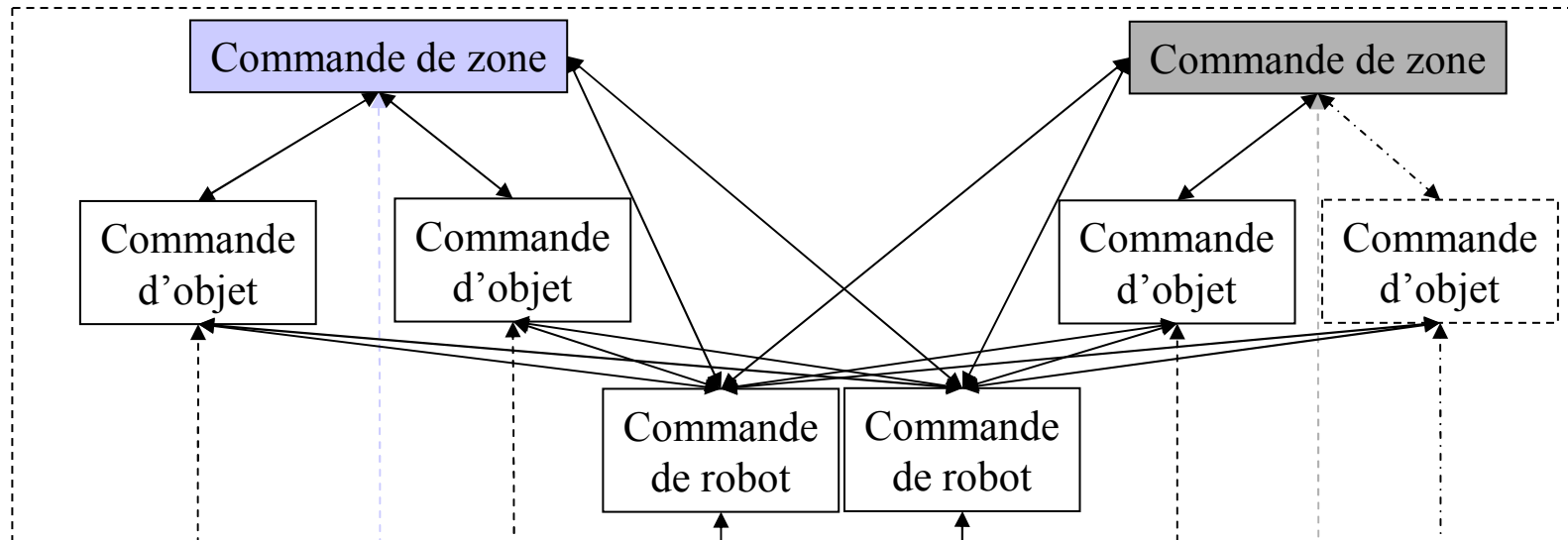


Architecture proposée - Décomposition

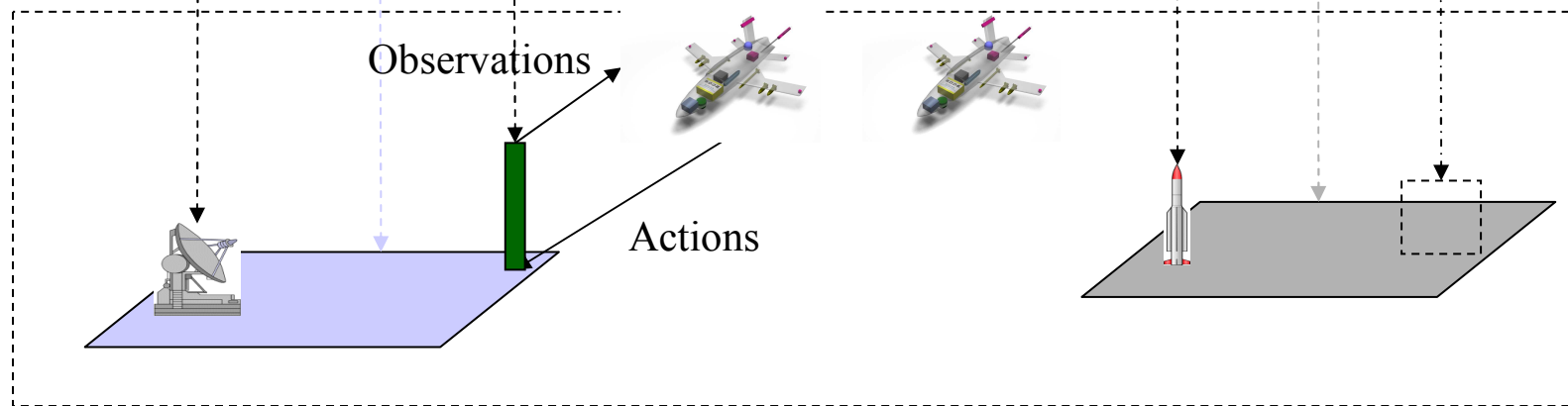
- Décomposition du système en sous-systèmes
 - Robot 1
 - ...
 - Robot m
 - Zone 1
 - Objet d'intérêt 1 de la zone 1
 - ...
 - Objet d'intérêt k_1 de la zone 1
 - ...
 - Zone n
 - Objet d'intérêt 1 de la zone n
 - ...
 - Objet d'intérêt k_n de la zone n
- 

Architecture proposée – Structure (1/2)

- Architecture

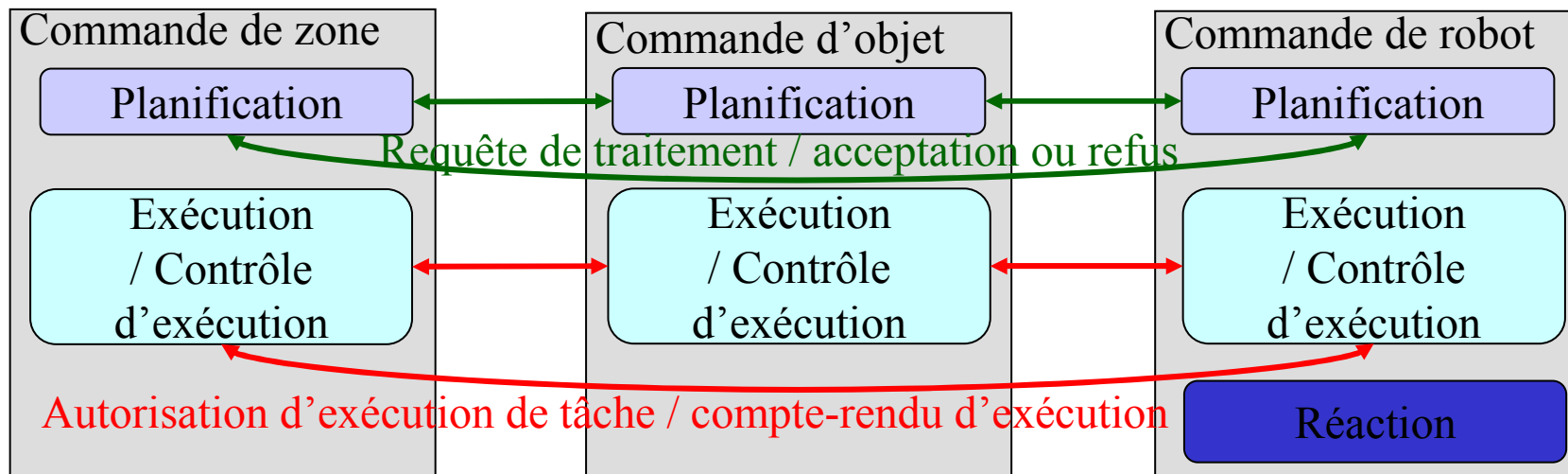


- Système



Architecture proposée – Structure (2/2)

- Conséquences
 - Modules de commande d'objets créés lors des découvertes d'objets
 - Modules de commande de zones et d'objets reliés indirectement aux senseurs et actionneurs => lien entre paires :
 - module de commande de robot
 - module de commande de zone ou d'objet
- Seconde décomposition
 - Recherche d'une autonomie décisionnelle de niveau gestion d'objectif



Architecture proposée - Commande de robot

- Planification
 - Soumis à des requêtes éventuellement incompatibles
 - Certaines tâches peuvent être absentes du plan solution
 - Requêtes pour déviation à l'exécution ou changement de l'environnement
 - Asynchronisme => Gestionnaire de requêtes + algorithme de planification
 - Requête liée à d'autres requêtes au niveau de l'objet ou de la zone
 - Attente de validation par l'émetteur après calcul du plan
- Exécution et contrôle d'exécution
 - Soumis à des autorisation de la commande de l'objet ou de la zone
 - Expression de comportements d'attente en cas de non réception
- Réaction
 - Deux types :
 - Risque à terme : requête de planification
 - Risque courant : exécution d'un comportement substituant le plan

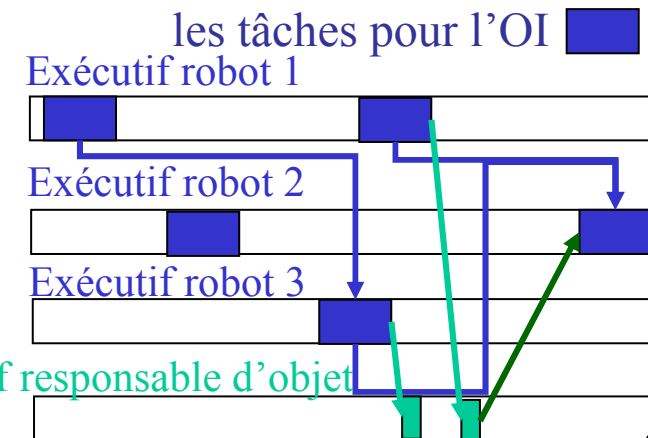
Architecture proposée – Commande d’objet

• Planification

- Buts : Obtenir de l’information sur l’objet puis traiter l’objet
 - => au moins deux phases de planification
- Solution : requêtes de tâches soumises aux commandes de robots:
 - Affectation traitée
 - La faisabilité dépend de la réponse du robot => Modèle de réponse pour éviter une recherche aveugle
- L’engagement d’un robot ne peut être total et inconditionnel:
 - Aléas et compétition des autres modules de commande d’objet
 - => Capacité de planifier à nouveau

• Exécution et contrôle d’exécution

- Coordination entre tâches des différents robots
 - **Précédence** et synchronisation
 - Recueil des **CR** et génération des **autorisations**
- Production de la requête de traitement de l’objet

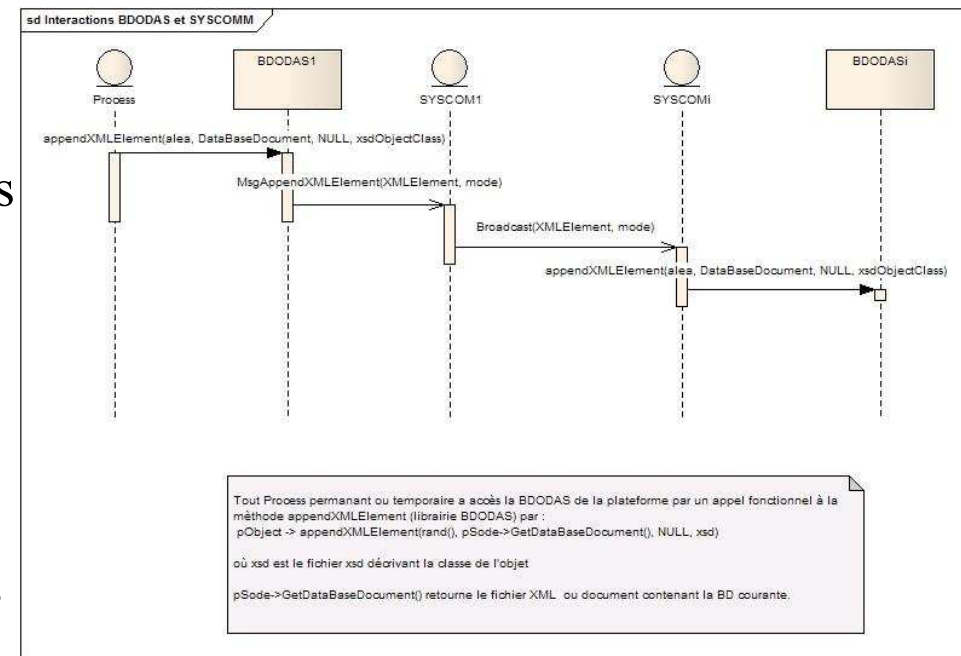


Architecture proposée – Commande de zone

- **Planification**
 - Deux phases entremêlées
 - Exploration de la zone pour détecter les objets
 - Synchronisation des indentifications, localisations et traitements d'objets
 - Affectation des robots aux tâches d'exploration
 - Faisabilité des plans :
 - Acceptation des tâches d'exploration par les robots
 - Acceptation des fenêtres temporelles par les responsables d'objets
 - Pas de compétition de commande de zone au niveau des responsables d'objets
- **Exécution et contrôle d'exécution**
 - Toutes les fonctionnalités d'une commande d'objet
 - Pour les précédence et synchronisation des robots
 - Et en plus, pour les synchronisation d'objets
 - Prise de contrôle des commandes d'objets à leur création

Problèmes spécifiques – Gestion de base de données

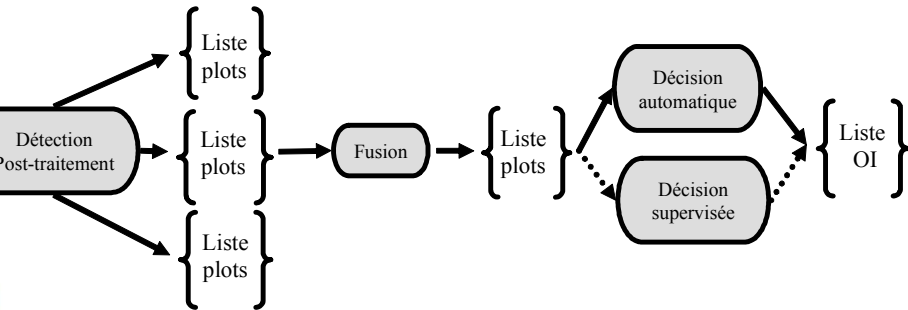
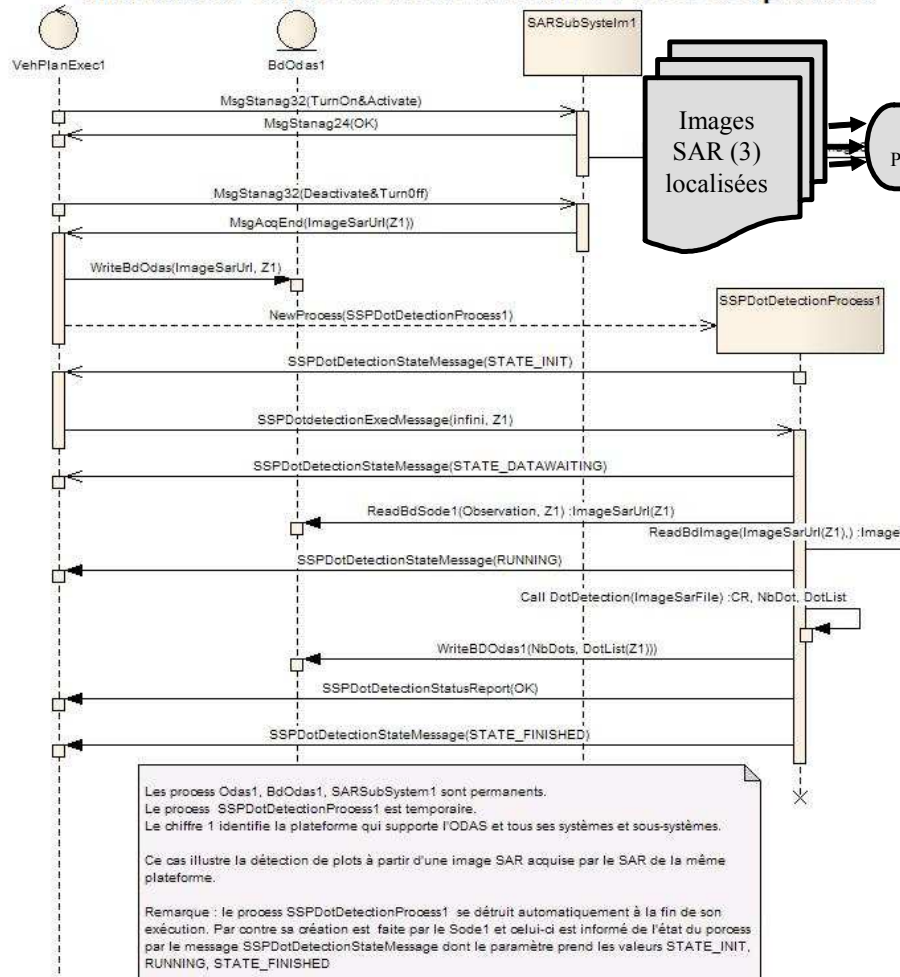
- But de la base de données
 - Stockage des données à dynamique lente
 - Partage des données entre robots
- Domaines
 - Environnement
 - Mission
 - Équipement des robots
 - Spécification de comportements
 - Impact prévu des plans
 - Perception
 - Image tactique : suivi de situation
- Génération automatique:
 - A partir de diagramme de classes



Problèmes spécifiques – Gestion d'observations (1/2)

sd Interactions Sode

Interactions du ODAS de la Plateforme 1 avec ses process

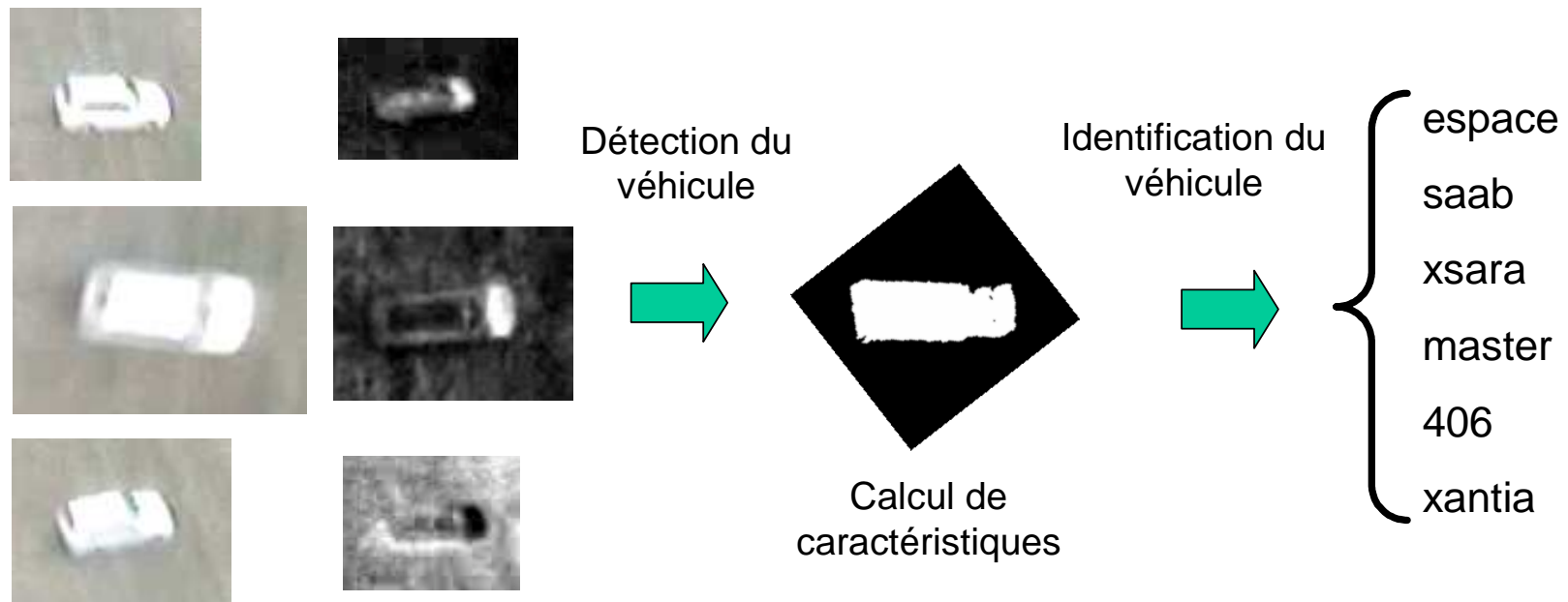


• Tâches

- Détection
 - Suppression du fouillis d'échos
- Reconnaissance
- Identification
- Fusion
- Décision
 - Automatique
 - Assistée

Problèmes spécifiques – Gestion d’observations (2/2)

- Reconnaissance et identification
 - Plusieurs angles de prise de vue
 - Visible + infrarouge
 - Indice de plausibilité



Problèmes spécifiques - Planification

- **Convergence**

- Problème de blocage lorsque deux contrôleurs d'objets attendent des réponses de deux contrôleurs de robots
- Solution
 - Interruption du processus de planification et confirmation par une requête plus prioritaire
 - Définition d'un ordre strict sur les priorités
 - Type de contexte d'objet ou de zone
 - Numéro de processus, de nœud

- **Optimalité**

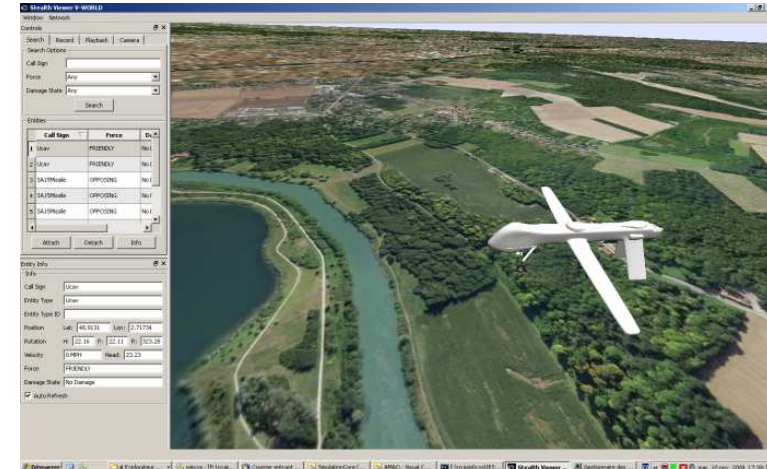
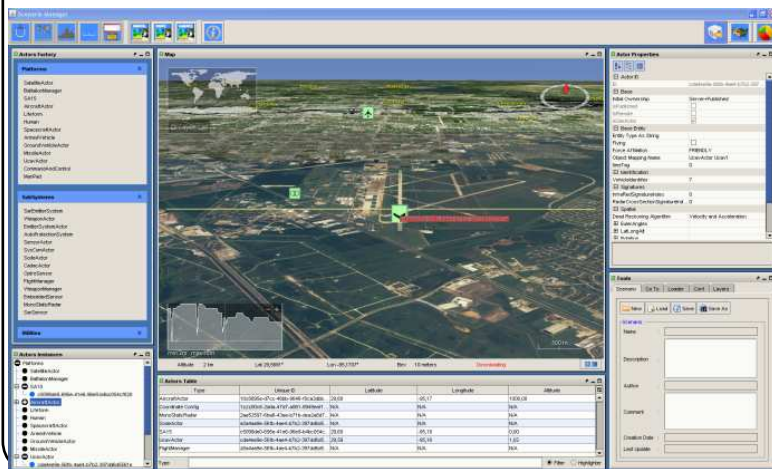
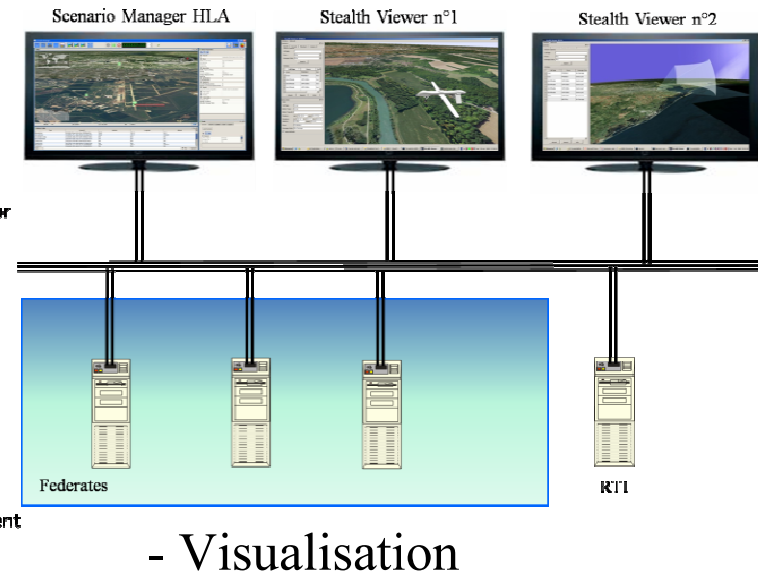
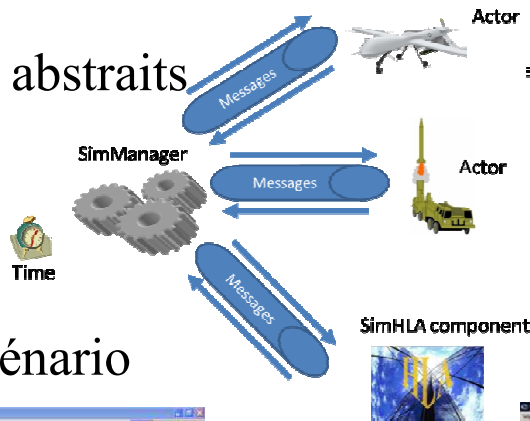
- Problème global non formalisé => Pas d'optimalité globale
- Optimalité locale : ne pas rejeter une tâche pour un grand nombre de tâches moins prioritaires
- Maximisation par A* de : $J = \sum_{i=0}^{i=N} 2^{-i} T_i$ $T_i \in \{0,1\}$ – La tâche i est réalisée
- Heuristique d'insertion par ordre de priorité

Problèmes spécifiques – Autres

- Exécution et réaction aux aléas
 - A un instant donné chaque contrôleur de robot n'exécute qu'une tâche pour un contrôleur d'objet ou de zone => Pas de blocage
 - Aléa :
 - Abandon de tâche par le robot
 - Interruption par le contrôleur d'objet ou de zone sur les autres robots concernés
 - Planification d'objet ou de zone
- Gestion des communications
 - Messages
 - Ordres, comptes rendus, requêtes, réponses
 - Mise à jour de base de données
 - Modes
 - Diffusion
 - Point à point

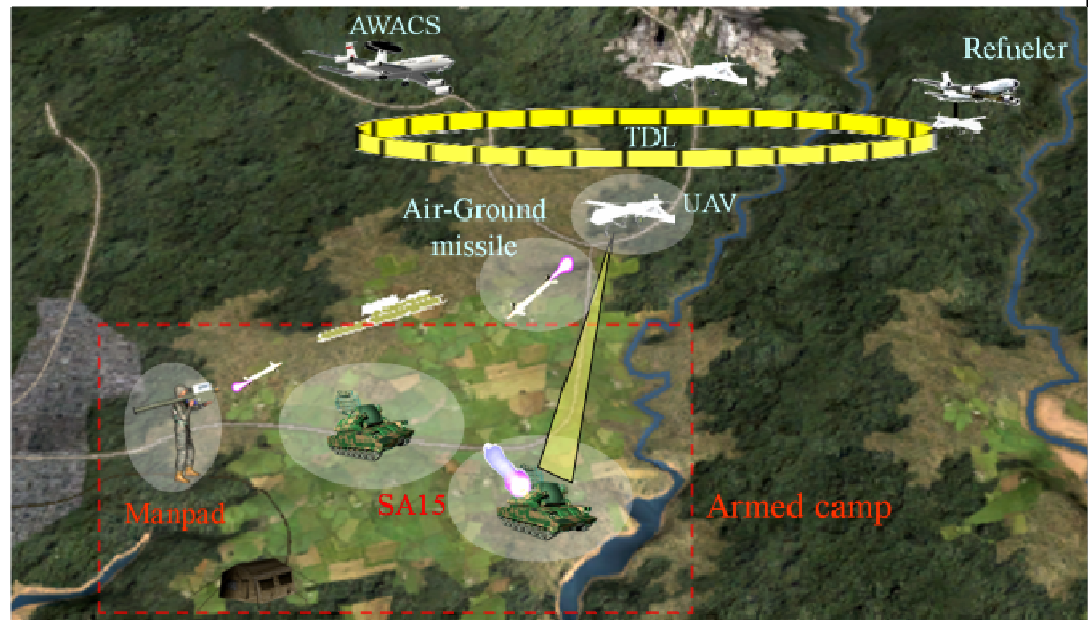
Simulation – Cadre de travail

- Possibilité de distribuer par HLA
- Moteur de simulation
 - Gère des acteurs
 - Héritent d'acteurs abstraits
- Outils
 - Préparation de scénario



Simulation - Acteurs

- Robots
 - Juste le mobile et son système de gestion du vol
 - Modèle CADAC
- Capteurs et actionneurs
 - Acteurs séparés embarqués
- Environnement
 - Amis
 - AWACS
 - Ravitailleur
 - Ennemis
 - Cibles
 - Missiles
- Nœuds de l'architecture
 - Communication standard avec la gestion de vol, les capteurs et les actionneurs
 - Processus permanents et temporaires



Simulation - Métriques

- Spécifiques aux fonctions
 - Planification, exécution et contrôle d'exécution
 - % Requetes conduisant à une tâche dans un plan robot
 - % Requetes conduisant à une tâche dans le plan mais éliminées ensuite
 - % Requetes conduisant à une tâche dans un plan robot et effectivement exécutées
 - Perception
 - % Objets non détectés / % fausses détections
 - % Objets correctement classifiés
 - Communication
 - Charge
 - Délai de transmission
- Relatives à la mission
 - Réactivité
 - Survie
 - Efficacité

Conclusion

- Spécification et conception d'une architecture multi-robot
 - Hiérarchique à trois niveaux
 - Structure dynamique ne se réduisant pas à un arbre
 - Problèmes de conflits réglés par priorités
- Preuve de fonctionnement correct
 - Difficile à obtenir
 - => Conception en parallèle d'un outil de simulation
- Suite des travaux
 - Mise en œuvre des processus et acteurs
 - Intégration
 - Étude expérimentale des avantages et inconvénients de l'approche