

Systeme de gestion de mission d'une patrouille de drones de combat

*J. Baltié, E. Bensana, P. Fabiani, J.L. Farges, S. Millet, P.
Morignot, B. Patin, G. Petitjean, G. Pitois, J.C. Poncet*



PEA SYSUCAV



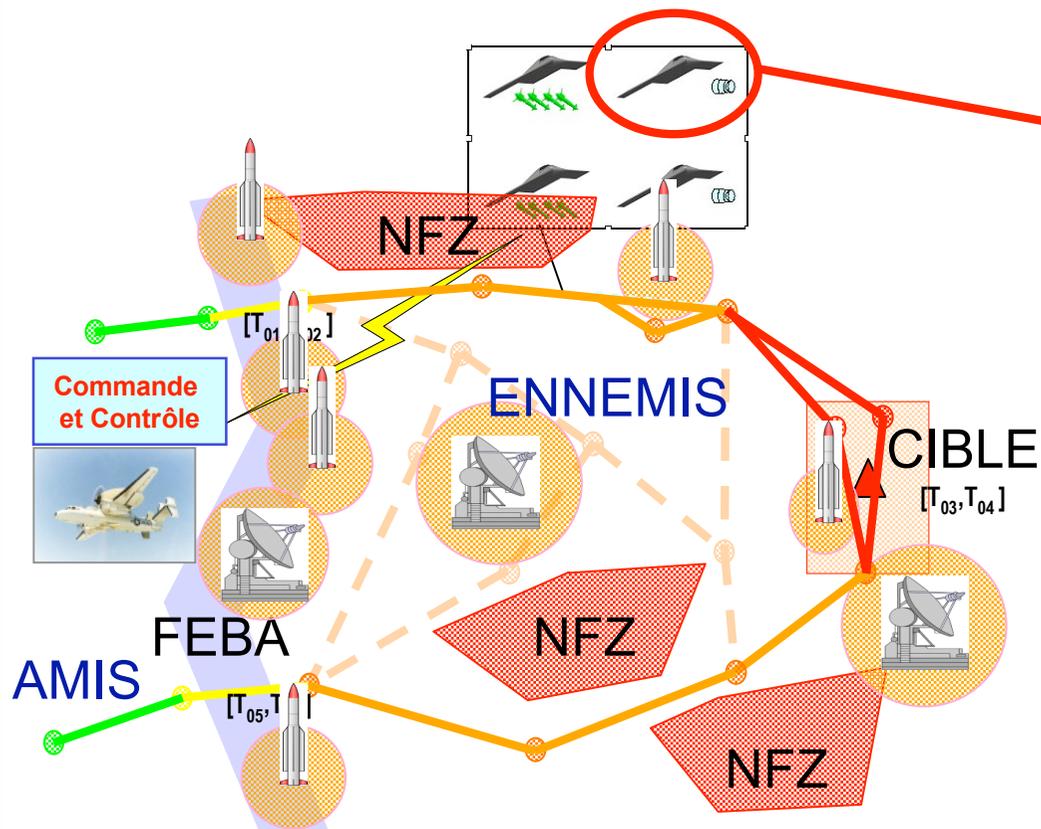
Plan

- Introduction
- Patrouille d'UCAV
- Choix d'architecture
- Couche réactive
- Couche délibérative
- Aspects relatifs au calcul
- Tests
- Conclusion

Introduction

- Fin des années 60: Délivrer des armes avec un avion sans pilote
- Années 80: Concept d'UCAV - drone de combat
 - Développement de démonstrateurs (Neuron...)
 - Autonomie des UCAV
 - Patrouilles d 'UCAV
- Domaines pertinents
 - Planification de chemin et génération de trajectoire
 - Maintien de formation, synchronisation
 - Sélection et affectation de cible
 - Choix des capteurs et des armes
- Et l'**architecture** pour le réaliser

Patrouille d'UCAV (1/2) Le système



- Moyens
 - de localisation
 - de vol
 - d'auto-protection
 - d'observation
 - de frappe
 - de communication

NFZ : zone interdite de vol

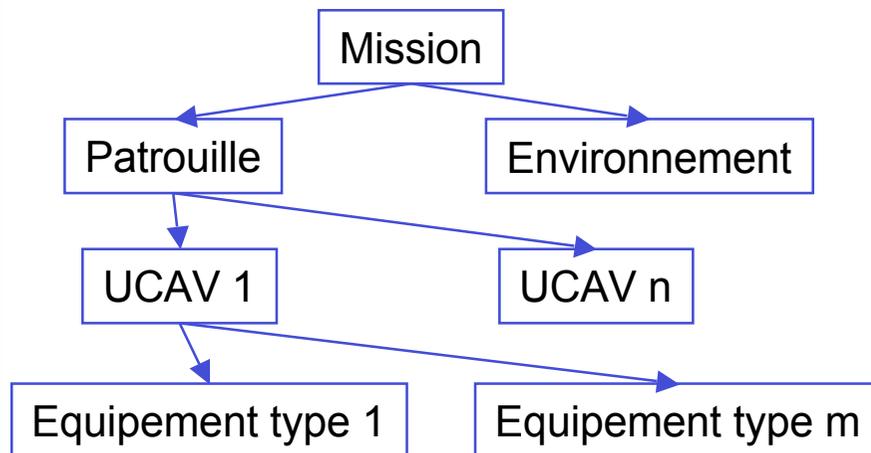
Patrouille d'UCAV (2/2) Le problème

- Préparation de mission TM Plan initial
 - Suivre le plan
 - Assurer la sécurité et la survie des UCAV
 - Assurer la réussite de la mission
 - Respecter la dynamique du vol
- Exigences
 - Exécution du plan
 - Détection et analyse d'aléas
 - Si besoin, réaction
 - Si besoin, nouveau calcul du plan

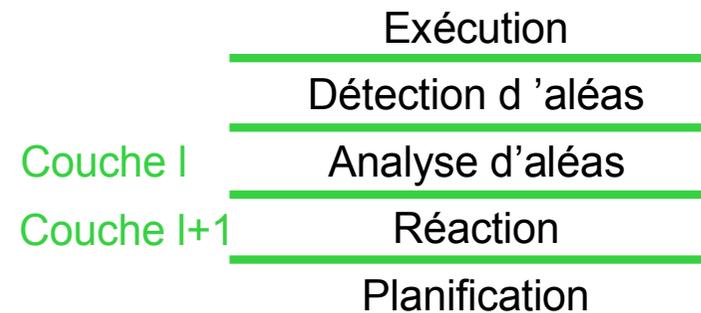
Choix d'architecture (1/3) Généralités

(Findeinsein et Lefkowitz, 1969)

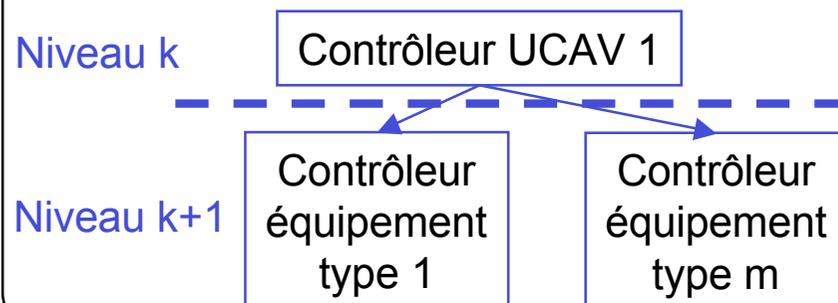
- Le système TM des sous-systèmes



- Le problème TM des sous-problèmes

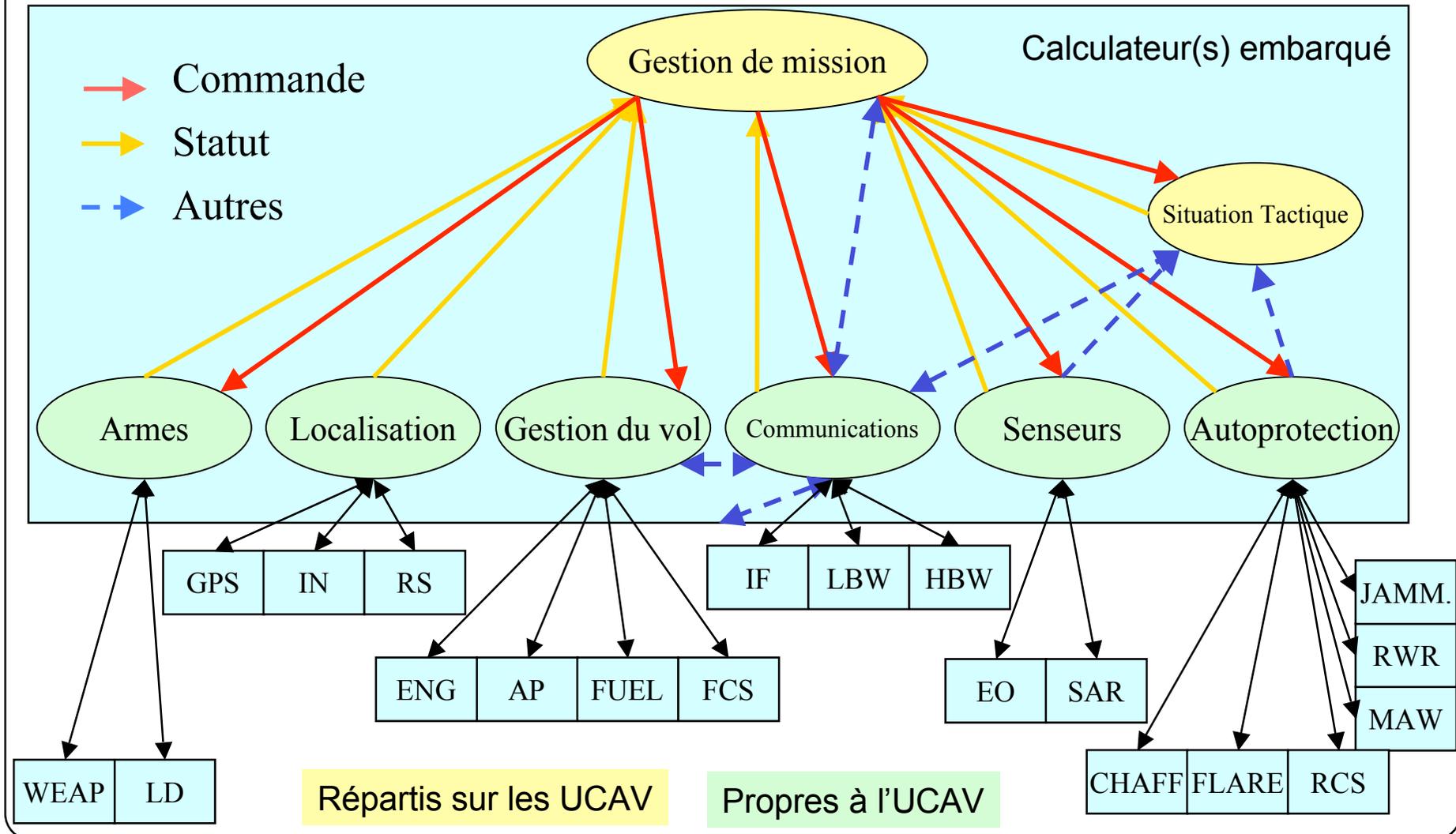


- Des contrôleurs des sous-systèmes
 - Des contrôleurs mettant en cohérence



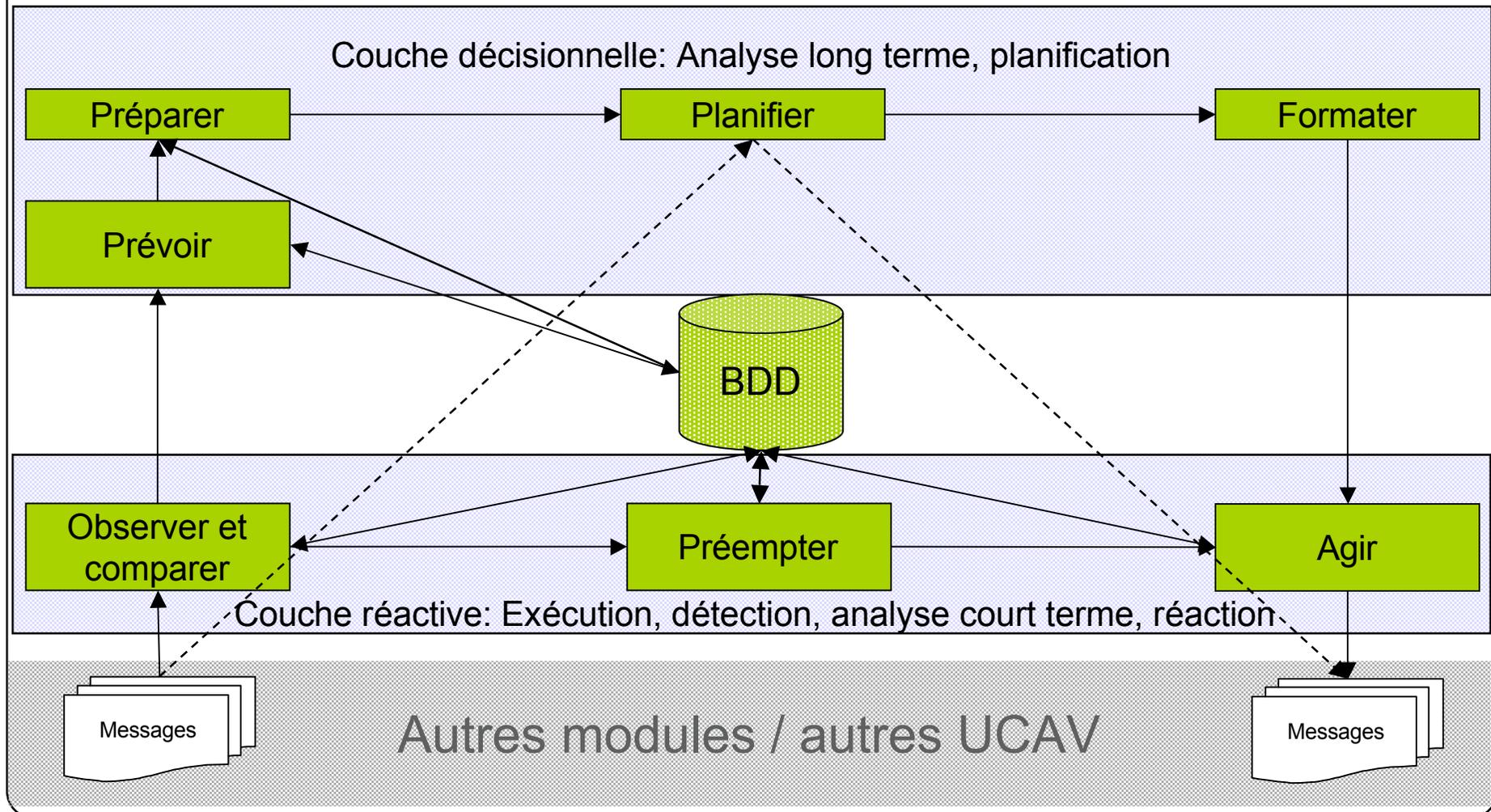
- Ou un peu des deux
- Et
 - Les calculateurs embarqués
 - Les communications entre eux

Choix d'architecture (2/3) Trois niveaux



Choix d'architecture (3/3) Deux couches

- Pour la gestion de mission



Couche réactive (1/3) - Observer et comparer

- Réception des messages:
 - de la plate-forme
 - des autres plate-formes
 - du centre de commande et contrôle
- Mise à jour de la base de données
- Tests de situation à court terme
 - exposition aux menaces
 - approche missile
 - zone interdite de vol
 - perte de communication
 - équipements,
- Message envoyés
 - alerte vers préempter
 - vers prédire

Couche réactive (2/3) - Préempter

- Vérifie la situation de l'UCAV
- Si nécessaire, calcule et active un comportement contingent
- Calcul les actions des comportements contingents
- Description des comportements
 - ce qui est fait en termes de traitement de l'information
 - ce qui est fait en termes d'auto-protection
 - ce qui est fait en termes de navigation
 - les conditions de terminaison
- Comportements contingents
 - nouvelle menace radar
 - missile en approche
 - perte de communication non planifiée
 - évitement de zone interdite

Couche réactive (3/3) - Agir

- Exécute les actions du plan de l'UCAV
 - couples d'actions de navigation pour les virages
 - ordonnancement suivant
 - l'instant
 - le lieu
 - une autre action
 - simultanément
 - immédiatement après
 - après un intervalle de temps
- Reçoit les messages de statut des systèmes via la base de données
- Détermine lorsqu'une action a été effectuée correctement ou a échoué
 - analyse des statuts
- Exécute les actions envoyées par *Preempt* en place ou en superposition à celles du plan
 - mécanisme de suppression
- Transmet les messages à la plate-forme

Couche délibérative (1/4) - Prévoir

- Calcul la faisabilité du plan courant

- ps

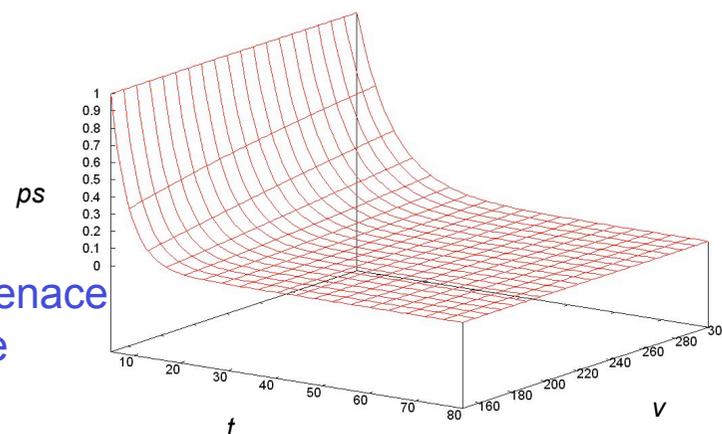
$$ps = e^{-\left(\frac{K(t-T)}{vT}\right)}$$

t = temps passé dans la menace

v = vitesse dans la menace

T = temps d'accrochage

K = coefficient associé à la menace



- PK

PK brut d'une cible : $pk_b(Cible) = \begin{cases} 1 & \text{si les ressources requises sont correctes} \\ 0 & \text{autrement} \end{cases}$

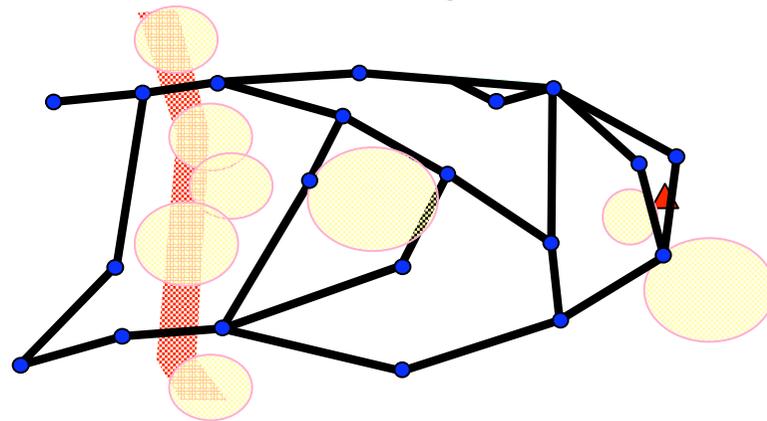
PK réel d'une cible : $pk(Cible) = ps(navigation) \times pk_b(Cible)$

- plan de vol
- temps de vol
- consommation
- etc

- Prend la décision de planifier à nouveau (seuils / priorités)

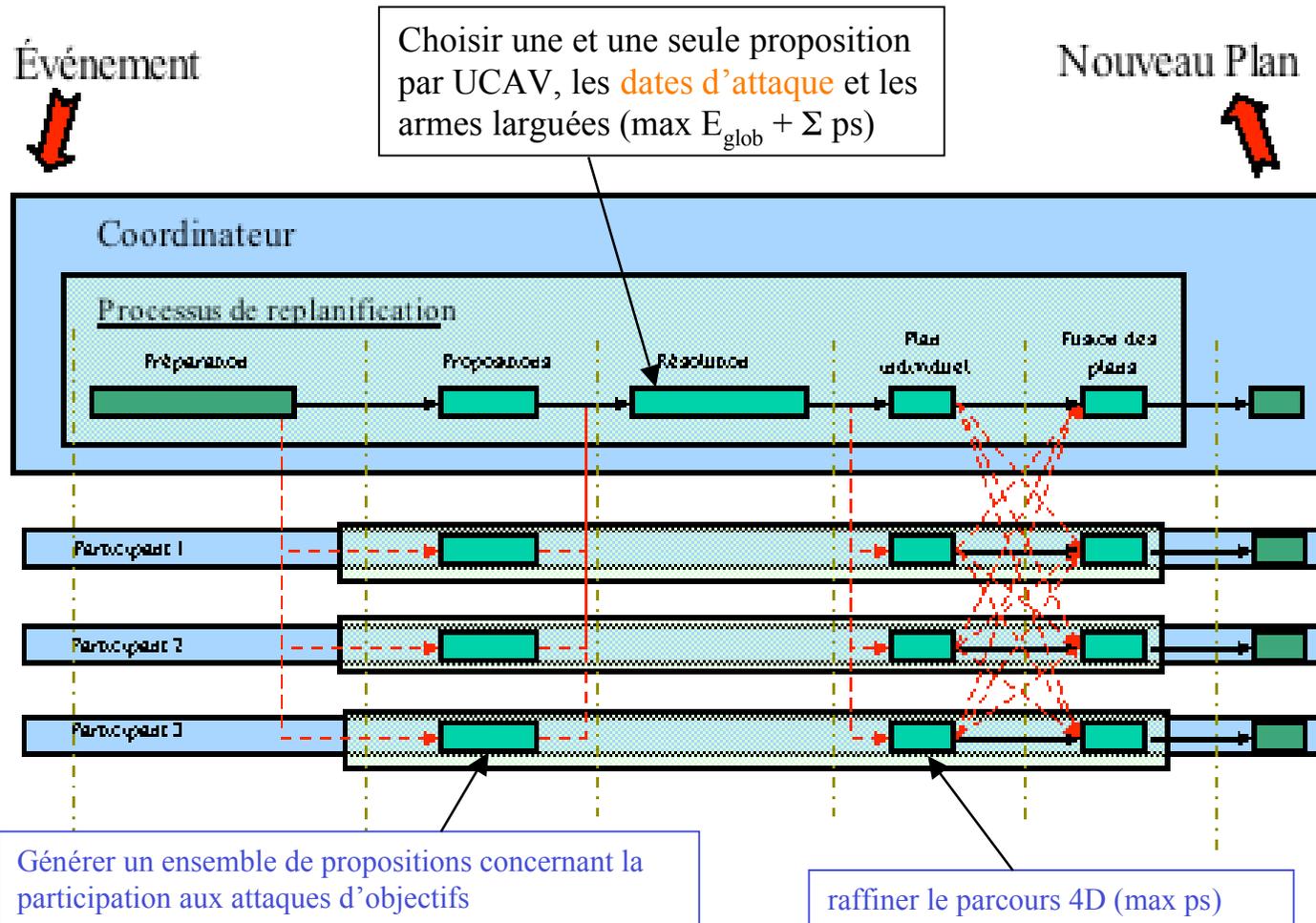
Couche délibérative (2/4) - Préparer

- Prépare les données pour la planification
 - UCAV participants
 - Ressources disponibles selon les participants
 - Environnement (Menaces, cibles, zones interdites de vol)
 - Chemins possibles (graphe support) pour l'attaque, le retour à la base et l'acquisition
 - méthode des potentiels
 - Intervalles de temps de passage



Couche délibérative (3/4) - Plannifier

Problèmes de programmation par contraintes



Couche délibérative (4/4) - Formater

- Actions du plan
 - Récupère la liste des *macro*-actions de chaqueUCAV générées par le planificateur
 - Décompose chaque *macro*-action en une séquence d'actions *unitaires*

Exemple.

Macro:

t_n "*tir bomb1 sur cible 101*"

Actions unitaires:

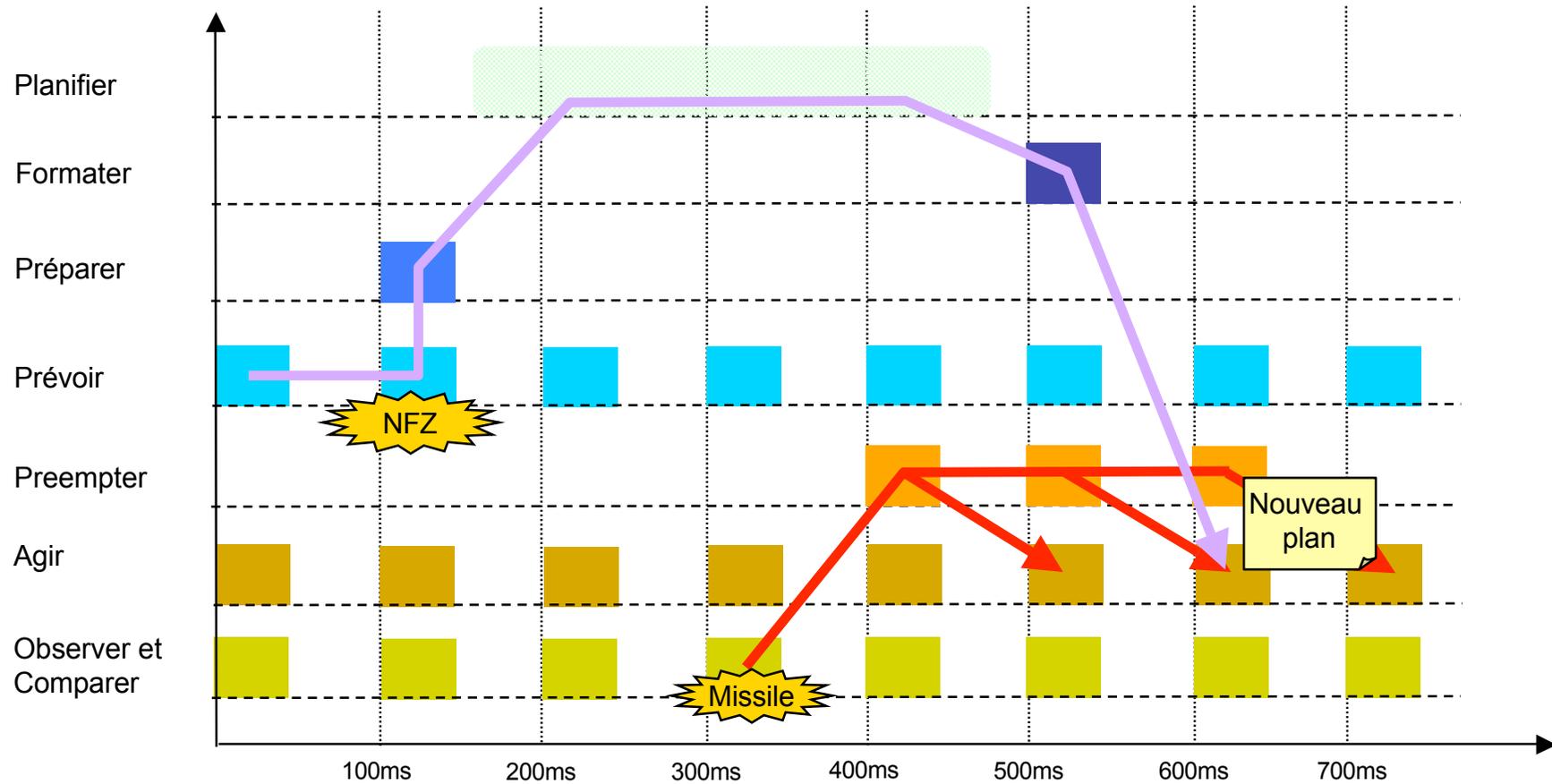
t_{n-p} "*Sélectionner ressource type bomb1*"

t_{n-p} "*Initialiser ressource bomb1*"

t_{n-k} "*Demander C2 go / no go*"

t_n "*Si C2 = go tirer bomb1*"

Aspects relatifs au calcul (1/2) Logique d'activation



Aspects relatifs au calcul (2/2) Temps contraint

Limitation du nombre de messages traités pour chaque activation du composant.
Traitement selon les priorités des messages.

Traitements courts (quelques millisecondes) ;
Répartition des traitements longs sur plusieurs cycles ou dans une *Thread* en parallèle.

Quelques millisecondes



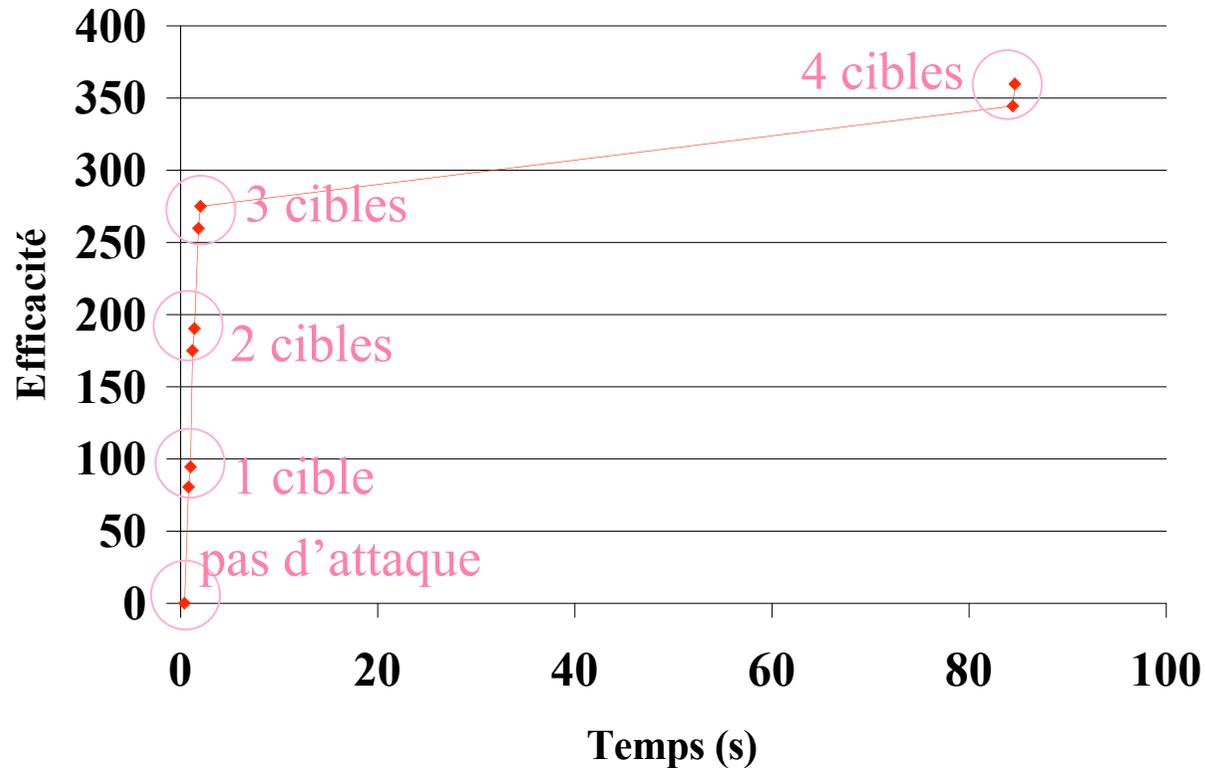
Activation d'un composant dans un cycle du MMS

Un cycle du MMS se fait dans un temps maximum déterminé (~40ms)

Tests (1/2) Module de planification

4 UCAVS : 46 prop en 1,0 s - 46 prop en 1,6 s - 46 prop en 1,7 s - 138 prop en 2,4 s

Résolution :



Plan individuel en : 0,05 s - 0,09 s - 0,14 s - 0,24 s

Machine : Sun Blade 1500

Temps écoulé (pseudo parallélisme pour propositions et plan individuel)

Tests (2/2) En simulation

Sur l'ensemble des scénarios traités, le MMS réalisé a été capable de:

- dérouler les missions nominales telles que spécifiées.
- déclencher lors de l'introduction d'un aléas les comportements réactifs spécifiés.
- décider de la nécessité de replanifier la mission puis replanifier si nécessaire.
- de fonctionner en temps contraint.

Conclusion

- **Logiciel de gestion de mission**

- Prototype de logiciel de gestion de mission temps contraint et distribué assurant la mission considérée et ayant la capacité de replanifier la mission

- **Perspectives**

- Traitement des problèmes de planification d'action et de déplacement
- Prise en compte des mondes possibles pour la planification multi-agent en environnement dangereux
- Méthodes pour le calcul distribué de plans
- Relation homme système autonome
- Maintien de la cohérence par rapport à la mission
- Preuves sur l'architecture
 - Fréquence d'actions préemptives et de replanification
 - Sûreté de fonctionnement