

Garanties de Performance

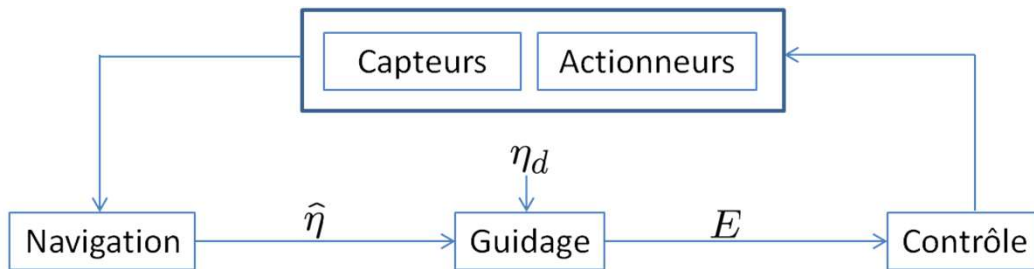
Architecture de commande de systèmes mobiles autonomes :
*de la recherche de **garanties de performance** comme guide vers
l'autonomie des robots*

Méthodologie PANORAMA : ordonnancement bas niveau pour l'allocation de ressources (matérielles et logicielles) pour piloter les redondances (structurelles et fonctionnelles) et garantir l'existence d'une marge positive sur certains critères relatifs à l'exécution de la mission.

Autonomie(s)

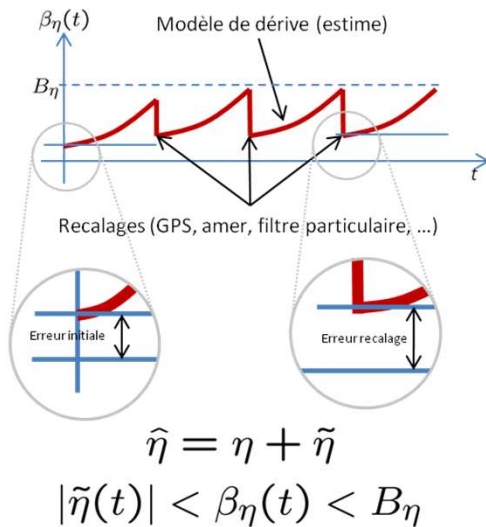
- Autonomie décisionnelle : Que faire ?
- Autonomie Comportementale : Comment le faire ?

Garanties de Convergence



Estimation de l'état

Borne garantie sur l'erreur d'estimation d'état



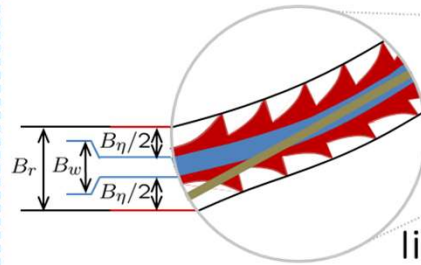
Fonction d'erreur

Réactivité locale

- Résolut° singularités
- Evitement obstacle
- Evolution coordonnée
- Respect saturation
- ...

$$E = f(\hat{\eta}, \eta_d, P)$$

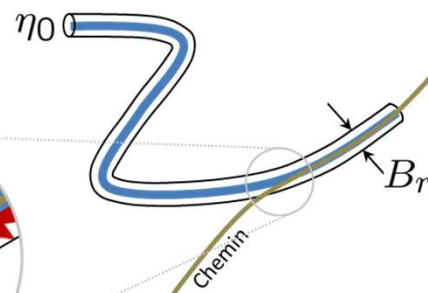
$$P = (P_{OA}, P_{EC}, P_{Sat})$$



Minimisation f° erreur

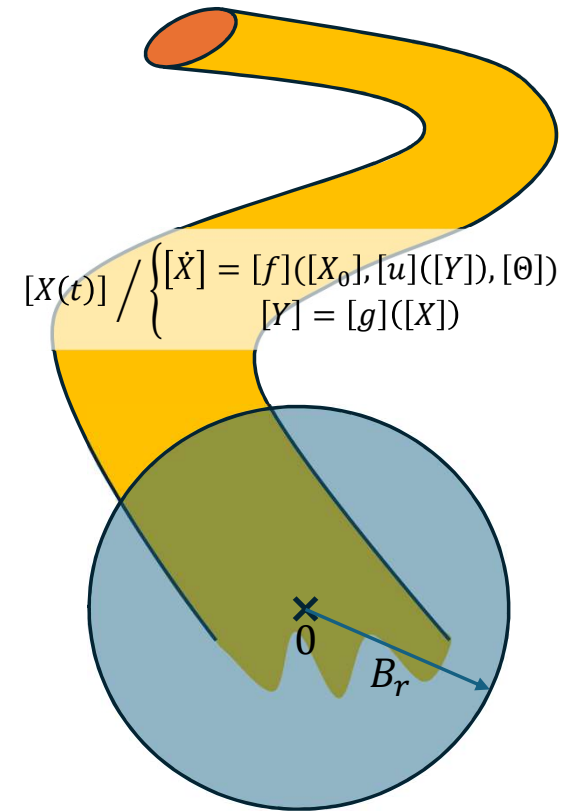
Critère de conv. pratique
Borne garantie sur l'erreur de suivi :

$$B_w(\tilde{p}, W_d)$$



$$\lim_{t \rightarrow \infty} E \in B_r(B_w, B_{\eta})$$

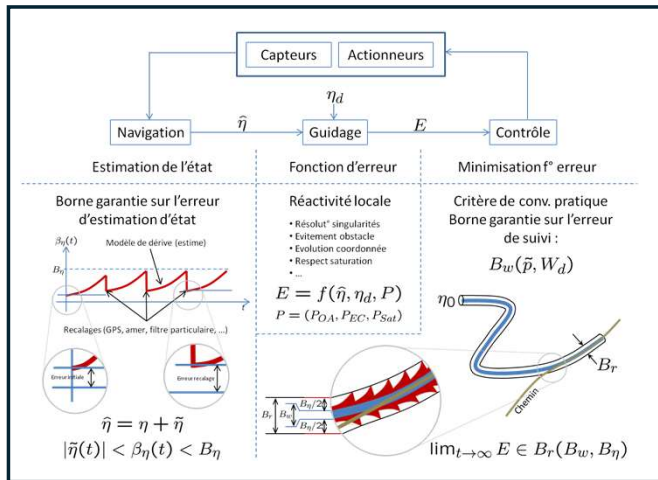
$$X_0 \in [X_0]$$



$$\lim_{t \rightarrow \infty} [X(t)] \in [X_{\infty}(B_r)]$$

Garanties de Performance

Comment (peut-on) **garantir** le bon déroulement de (l'exécution de) la **mission** ?



B_η, B_r

Equations de Régulation

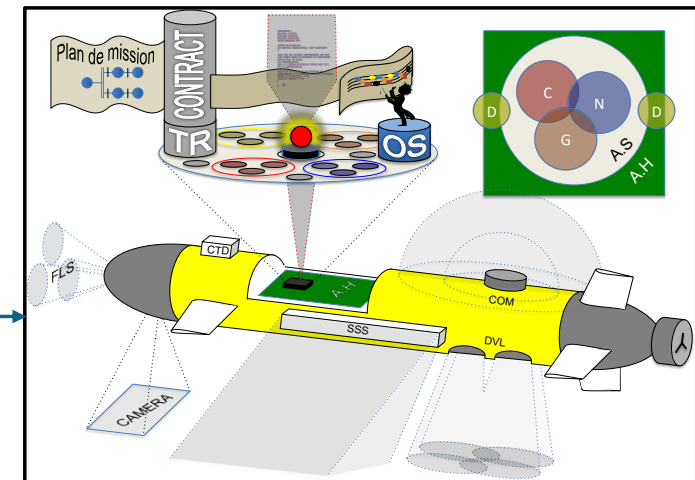
Algorithmes de Commande

Architecture Logicielle

Architecture Matérielle

QoC, QoS

- Automatique nonlinéaire (BIBO)
- Propagation de contraintes
- Optimisation multicritère (faisabilité)
- **Approche ensembliste**



B'_η, B'_r

- **Inducteurs** de performance
- **Indicateurs** de performance
- **Objectif** de performance
- **Evaluation** de performance

Garanties de Performance

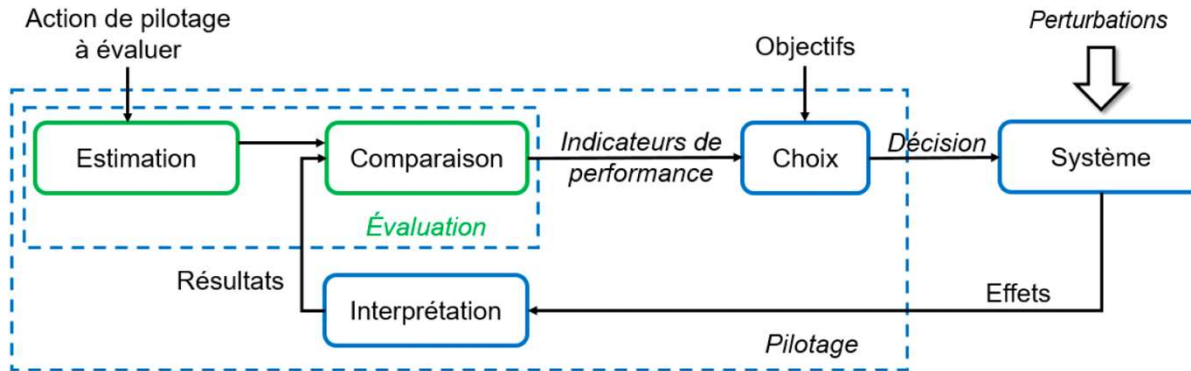
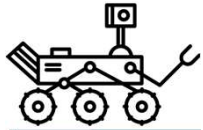
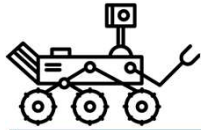


FIGURE 2.2 – Pilotage et performance

Un axe de performance, quel qu'il soit, peut être caractérisé par un ensemble de paramètres :

- **Inducteur de performance** : Les inducteurs de performance permettent d'influencer la performance. Ils peuvent être non contrôlables, contrôlables hors ligne comme par exemple la quantité initiale d'énergie disponible, ou en ligne comme la vitesse du robot, le choix d'un capteur ou d'un algorithme particulier.
- **Indicateur de performance** : Un ou plusieurs indicateurs de performance permettent de mesurer l'efficacité du système étudié vis-à-vis d'un axe donné. Par exemple l'axe sécurité est évalué au travers de plusieurs indicateurs : la capacité d'évitement d'obstacle et l'innocuité en cas de choc.
- **Unité** : Un indicateur de performance peut avoir une unité, comme par exemple l'innocuité de l'axe Sécurité ou l'énergie qui peut se mesurer en Joule ou en Watt.heure.
- **Objectif (de performance)** : Un objectif de performance constitue la cible à laquelle on se rapporte pour évaluer la valeur mesurée d'un indicateur de performance.
- **Évaluation** : Chaque mesure d'un indicateur de performance doit être comparée par rapport à un objectif pour évaluer l'efficacité du système robotique selon l'axe de performance étudié pour l'indicateur choisi.

Garanties de Performance

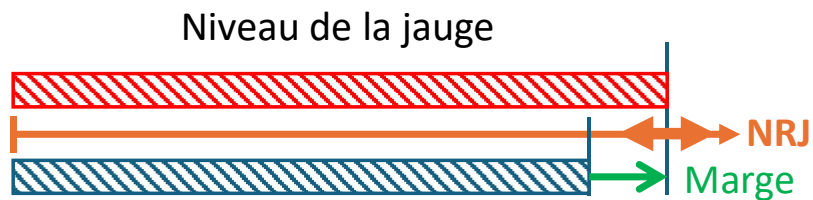
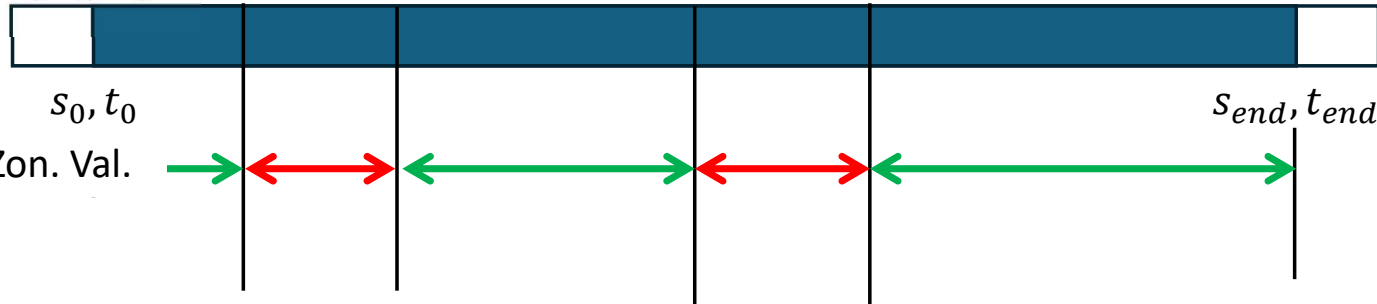
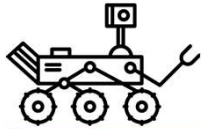


s_0, t_0

s_{end}, t_{end}



Garanties de Performance



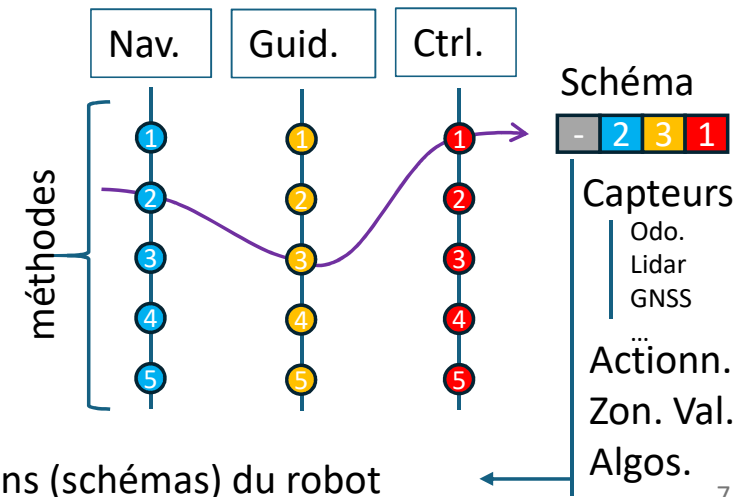
NRJ estimée nécessaire pour finir la mission

modèles de consommation pour toutes les configurations (schémas) du robot

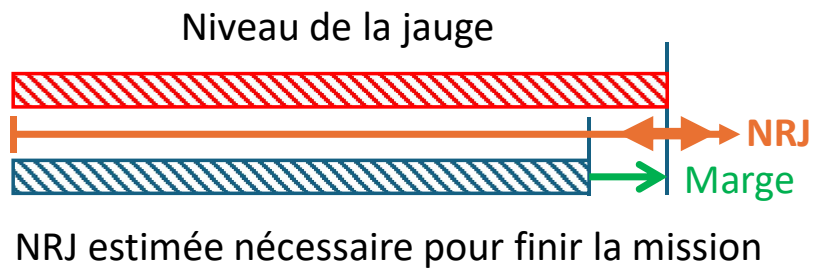
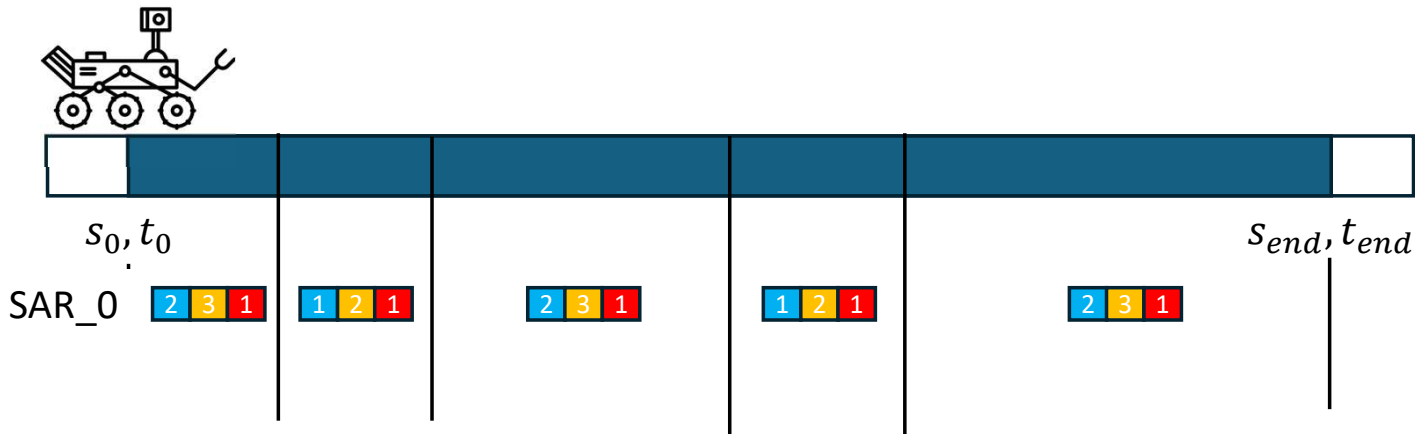
PANORAMA

À t_0 : phase de planification

- 1) Identification des configurations (schémas) & de leurs inducteurs : $v, T_S, x_d(s), \dots$



Garanties de Performance

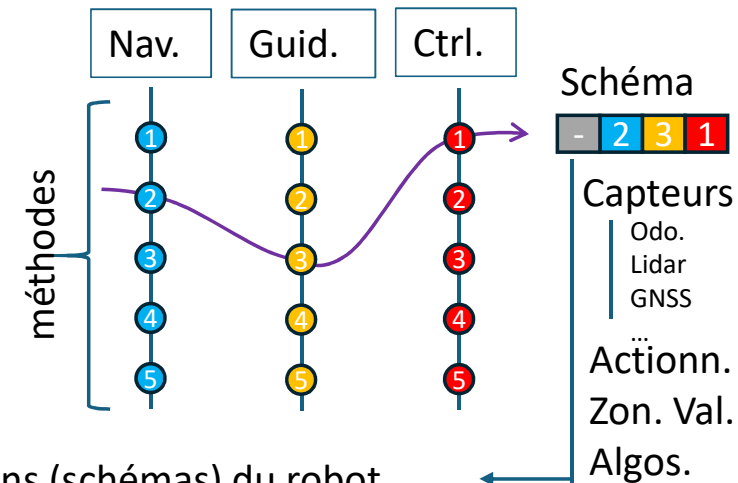


modèles de consommation pour toutes les configurations (schémas) du robot

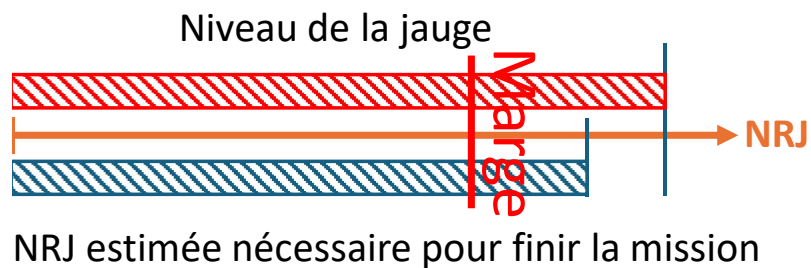
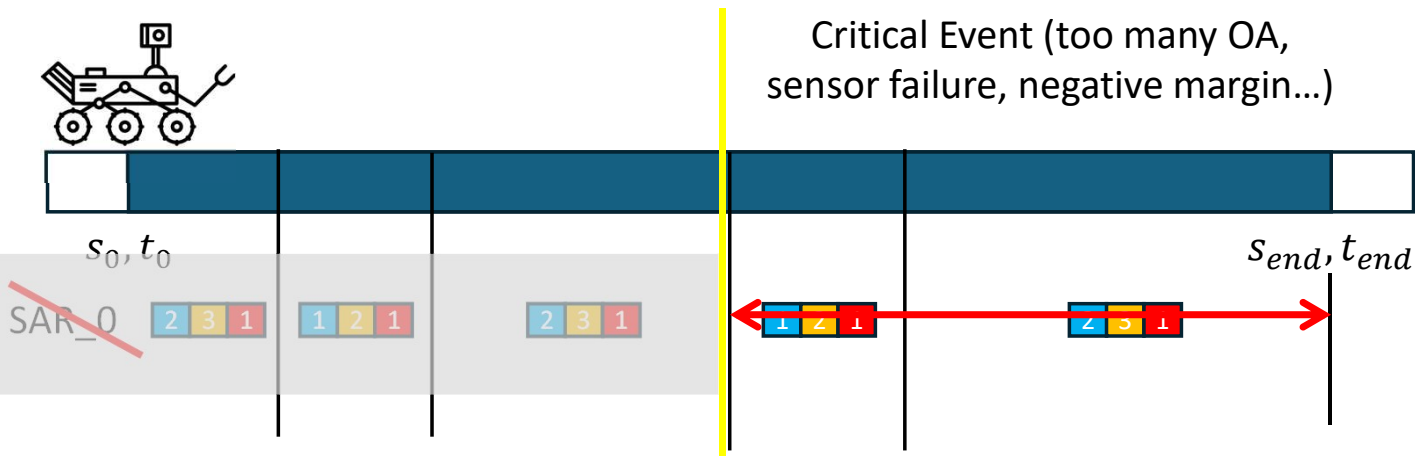
PANORAMA

À t_0 : phase de planification

- 1) Identification des configurations & de leurs inducteurs : $v, T_S, x_d(s), \dots$
- 2) Production de SAR_0



Garanties de Performance



PANORAMA

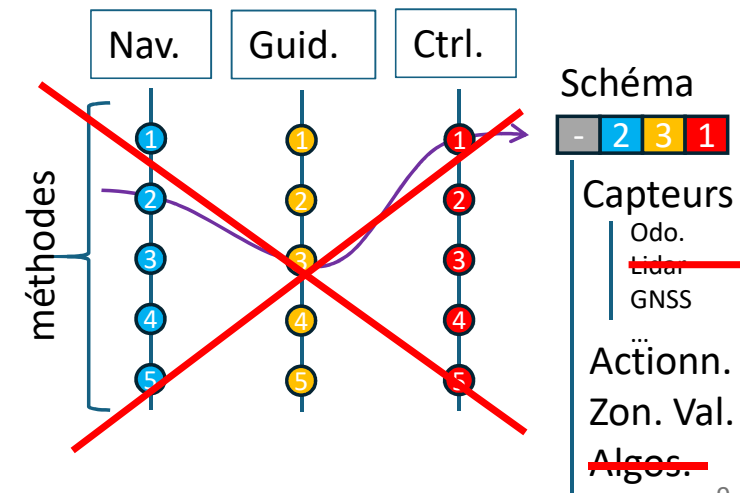
À t_0 : phase de planification

1) Identification des configurations & de leurs inducteurs : $v, T_S, x_d(s), \dots$

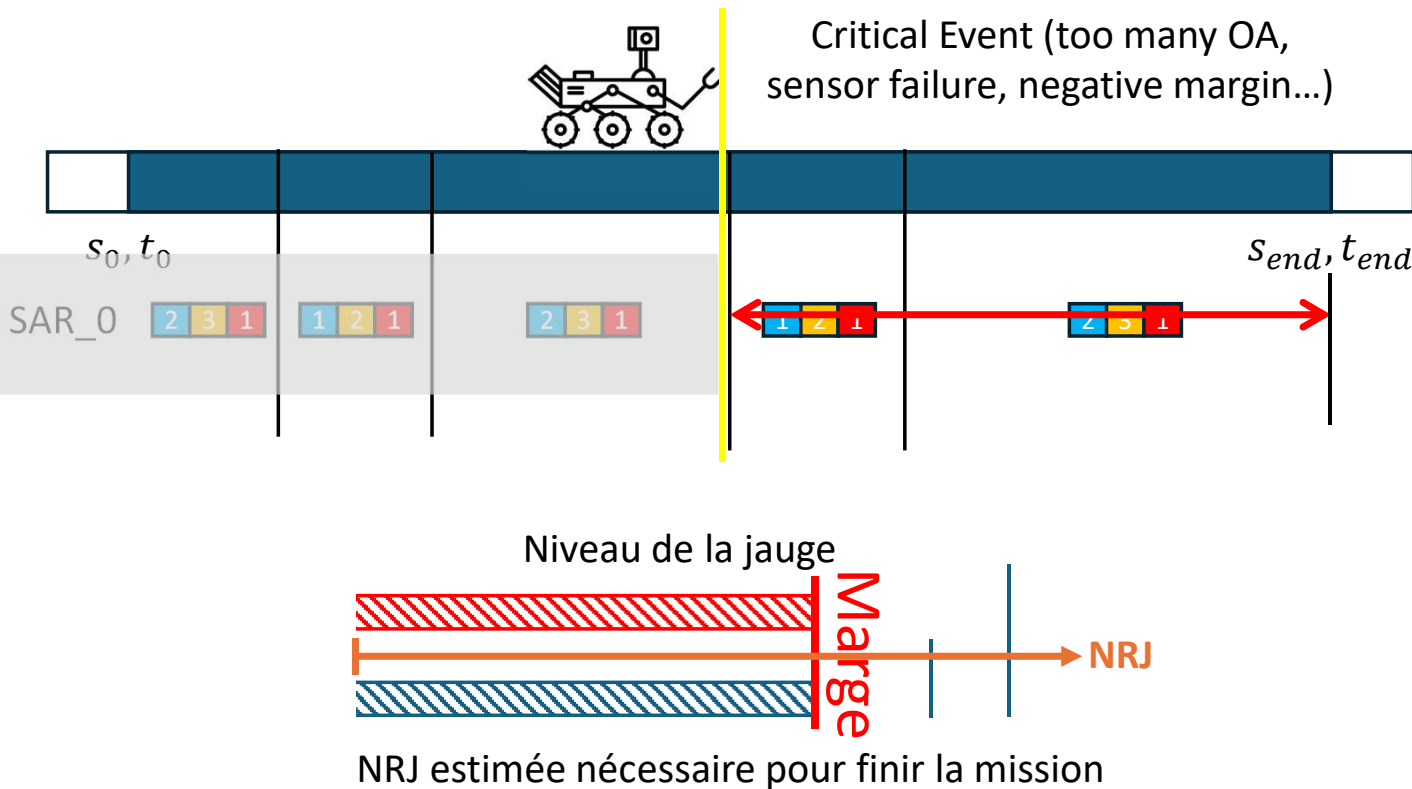
2) Production de SAR0

À l'exécution :

1) Supervision de la performance (axes)



Garanties de Performance



PANORAMA

À t_0 : phase de planification

1) Identification des configurations & de leurs inducteurs

2) Production de SAR0

À l'exécution :

1) Supervision de la performance (axes)

2) Evaluation et classement / axe / activité des schémas possibles et de leurs inducteurs

3) Recherche d'une allocation **faisable**

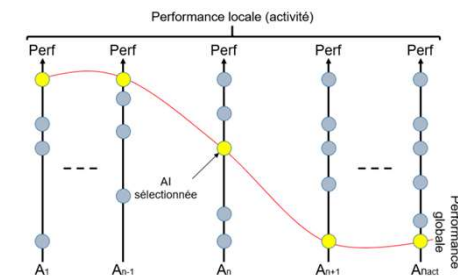
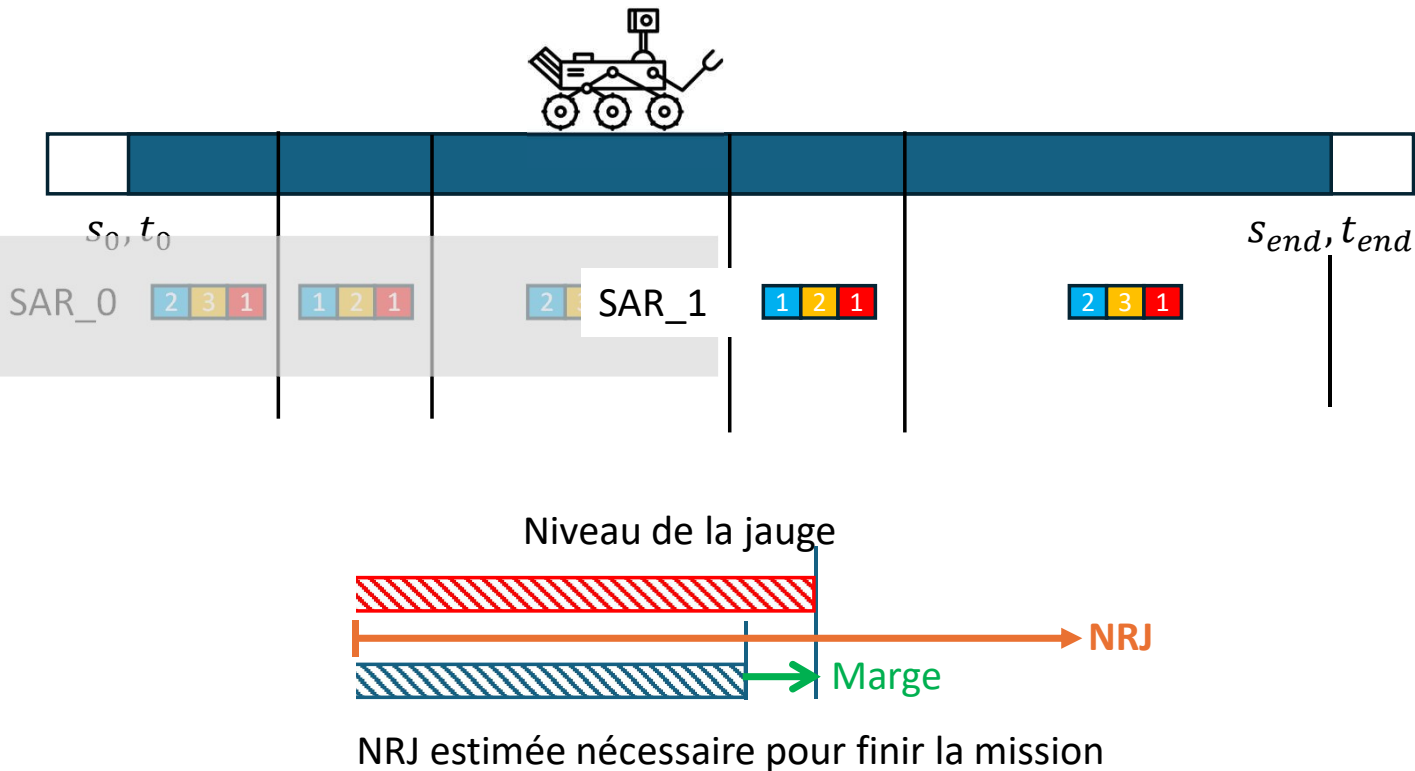


FIGURE 2.9 – Principe d'allocation de ressources

Garanties de Performance



PANORAMA

À t_0 : phase de planification

1) Identification des configurations & de leurs inducteurs

2) Production de SAR0

À l'exécution :

1) Supervision de la performance (axes)

2) Evaluation et classement / axe / activité des schémas possibles et de leurs inducteurs

3) Recherche d'une allocation **faisable**

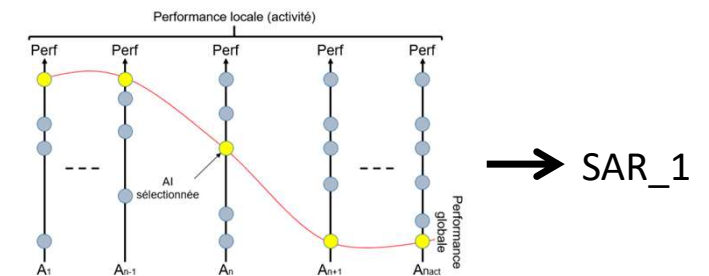
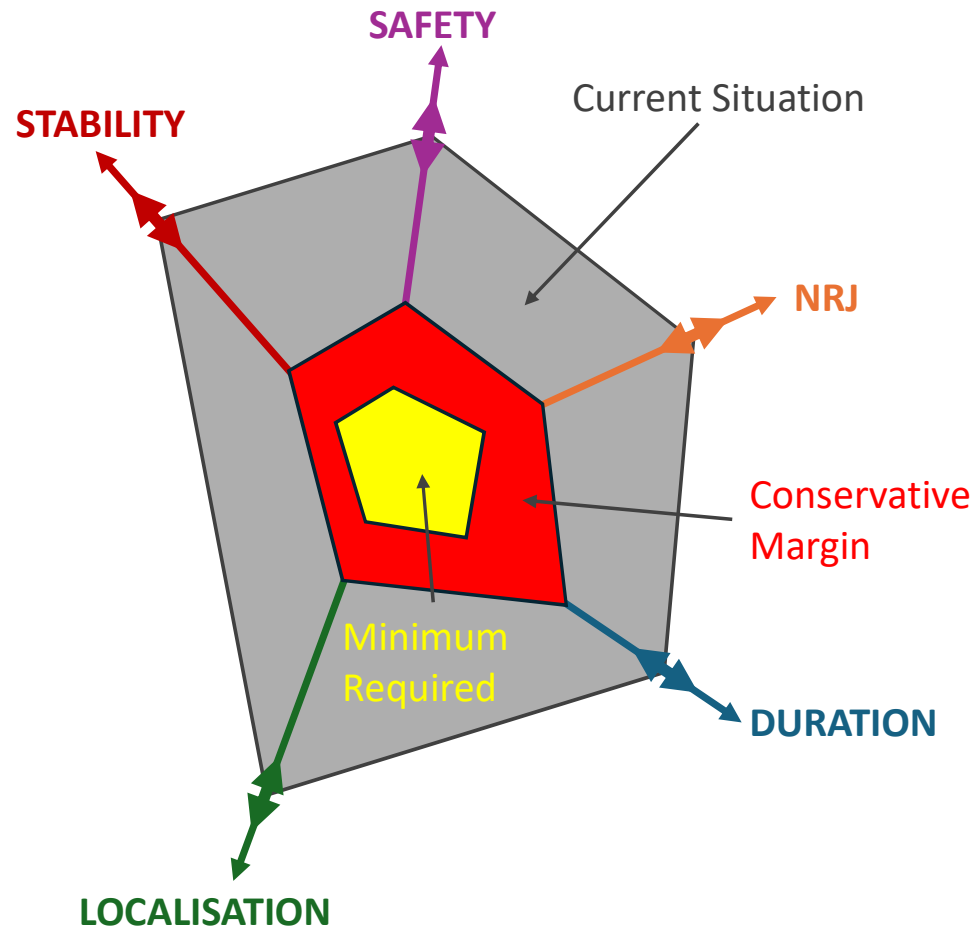


FIGURE 2.9 – Principe d'allocation de ressources

Garanties de Performance

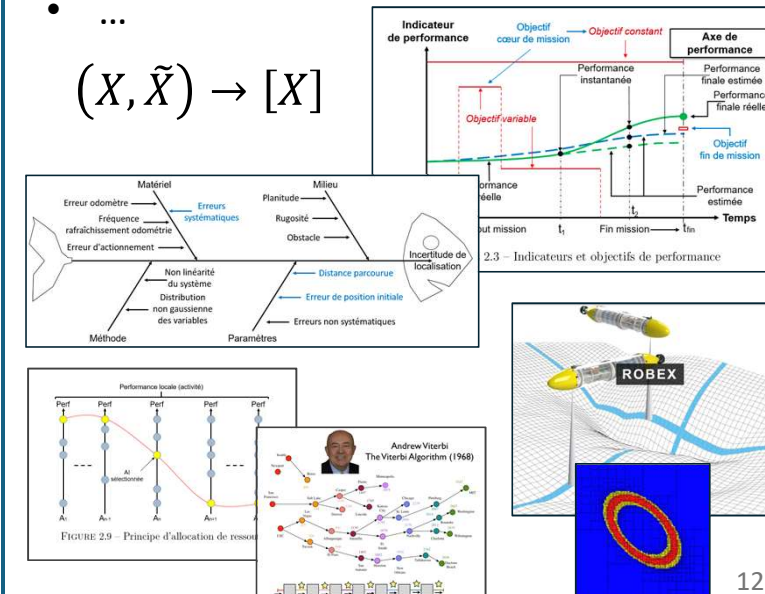


PANORAMA

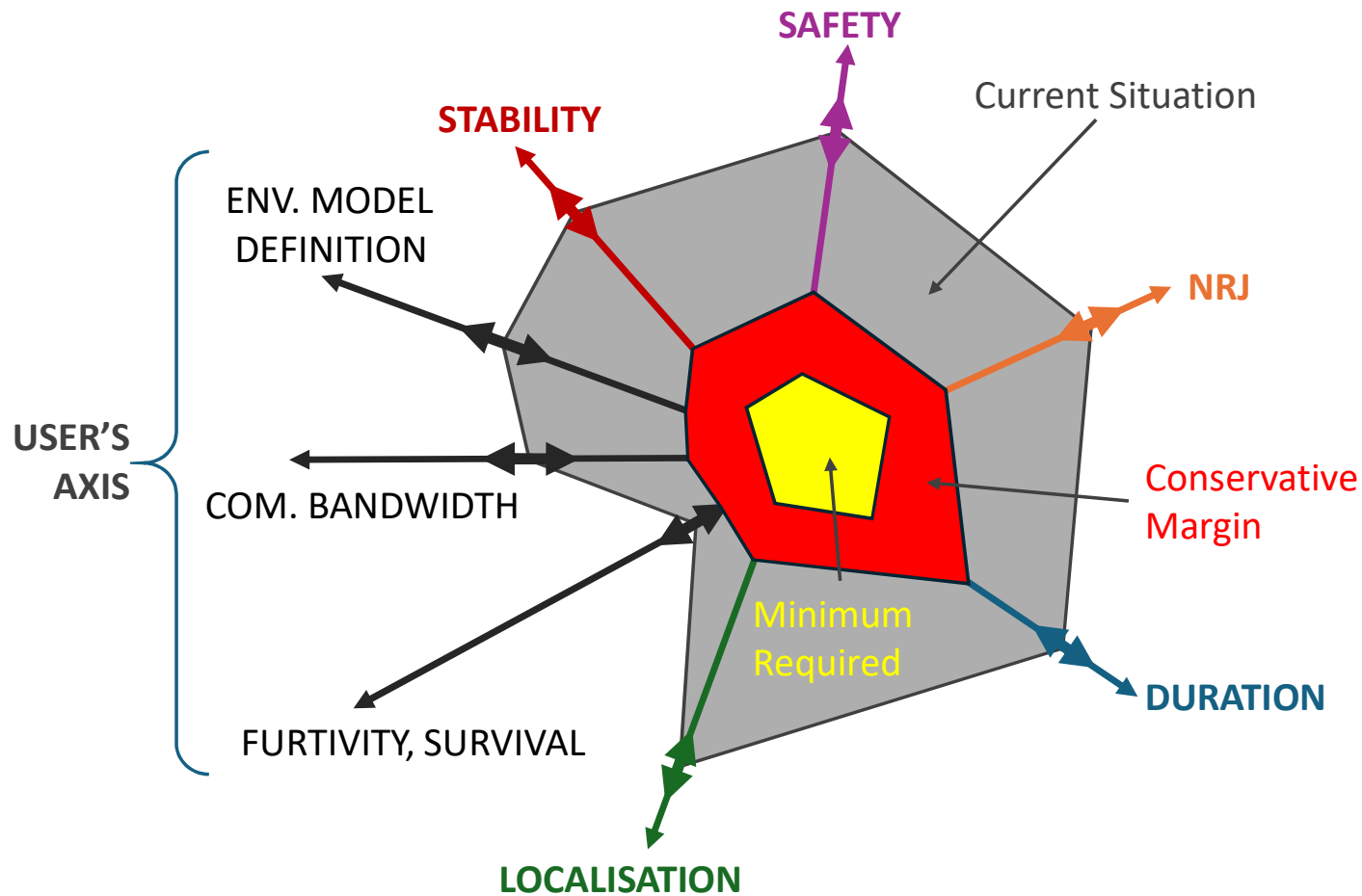
 : Inducteurs (*Leverages*) :

- $v, T_S, x_d(s), T_C, \Theta(\text{algos}),$
- Disponibilité des ressources externes
- Conditions environnementales
- ...

$$(X, \tilde{X}) \rightarrow [X]$$



Garanties de Performance

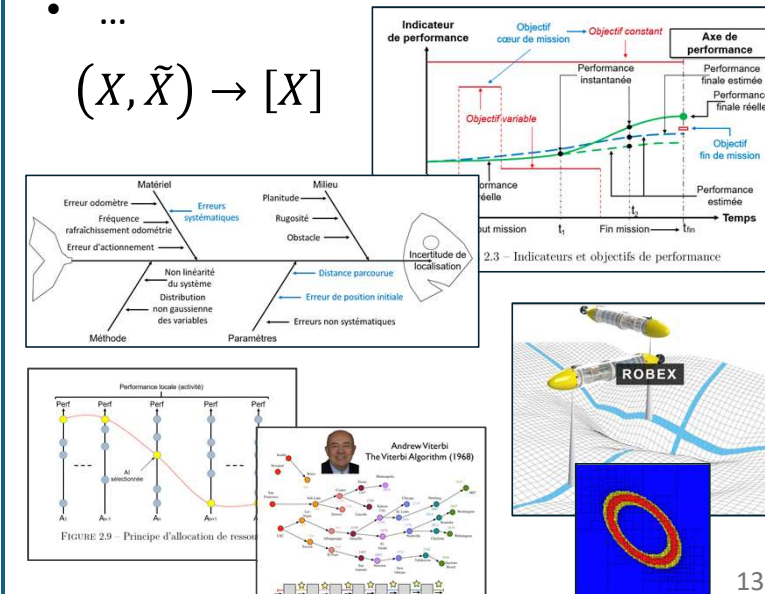


PANORAMA

➡ : Inducteurs (Leverages) :

- $v, T_S, x_d(s), T_C, \Theta(\text{algos}),$
- Disponibilité des ressources externes
- Conditions environnementales
- ...

$$(X, \tilde{X}) \rightarrow [X]$$



Quelques références

- Philippe Lambert , Karen Godary-Dejean , Lionel Lapierre , Lotfi Jaïem , Didier Crestani, **Performance Guarantee for Autonomous Robotic Missions using Resource Management: The PANORAMA Approach**, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2024, 110, [10.1007/s10846-024-02058-7](https://doi.org/10.1007/s10846-024-02058-7)
- Lotfi Jaïem , Didier Crestani , Lionel Lapierre , Sébastien Druon, **Energy Consumption of Control Schemes for the Pioneer 3DX Mobile Robot: Models and Evaluation**, *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 2021, 102 (1), pp.23. [10.1007/s10846-021-01374-6](https://doi.org/10.1007/s10846-021-01374-6)
- P. Lambert, L. Lapierre and D. Crestani, **An Approach for Fault Tolerant and Performance Guarantee Autonomous Robotic Mission**, NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems (AHS), Colchester, United Kingdom, 2019, pp. 87-94, doi: 10.1109/AHS.2019.00009. Best Paper award
- Philippe Lambert, **Contribution à l'autonomie des robots : vers des missions à garantie de performance incluant l'incertitude de localisation en environnement intérieur connu**, thèse de doctorat sous la direction de Didier Crestani et de Lionel Lapierre - 2021- Montpellier
- Lotfi Jaïem, **Contribution à l'autonomie des robots : vers la garantie de performance en robotique mobile autonome par la gestion des ressources matérielles et logicielles**, thèse de doctorat sous la direction de Didier Crestani et de Lionel Lapierre - Systèmes automatiques et micro-électroniques – 2016 - Montpellier