

Planification d'actions

Heure 3 : planification et exécution

Philippe Morignot
pmorignot@yahoo.fr

Hypothèses : rappel

- **Hyp. 1 : *l'agent est la seule cause de changement dans l'environnement.***
 - Pas d'autre agent, artificiel ou humain.
- **Hyp. 2 : *l'environnement est totalement observable, l'agent en a une connaissance parfaite.***
 - L'agent ne raisonne (e.g., planifie) pas sur des choses qu'il ne connaît pas.
- **Hyp. 3 : *l'environnement est statique.***
 - Même si l'environnement peut avoir des lois de comportements, il ne bouge pas spontanément.
- **Hyp. 4 : *le nombre d'objets considérés est fini.***
 - Logique des propositions.

Exemple de planification en ligne



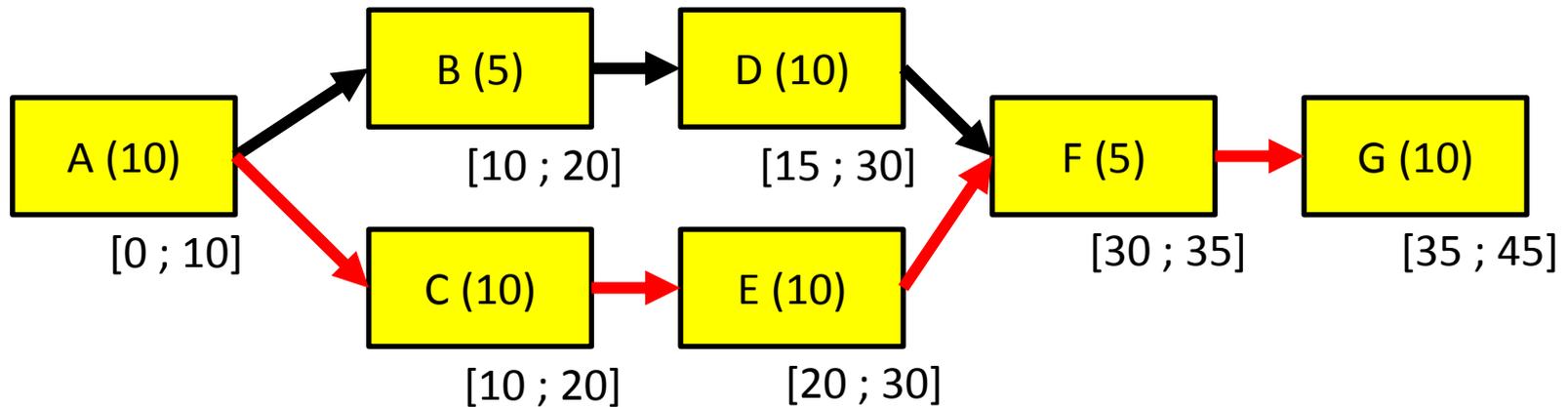
Typologie de planifications

- **Planification classique** : voir heures 1 et 2
- **Planification temporelle** : planification classique + actions duratives.
- **Planification contingente / conditionnelle** : environnement observable par des capteurs éventuellement fautifs.
- **Planification conformante** : environnement incertain, on ne peut pas l'observer.
- **Planification probabiliste** : probabilités dans les postconditions.
- **Planification multi-agents**
- **Planification épistémique** : opérateurs de connaissance $K_a x$ (« agent a knows x ») et de croyance $B_a x$ (« agent a believes x »)

Méthode des chemins critiques (1 / 2)

- Les opérateurs PDDL ont a priori une durée nulle (instantanéité).
- Pour attribuer une date de début et de fin à une tâche / un opérateur qui possède une durée, **méthode du chemin critique (Critical Path Method)**.
 - Problème d'ordonnancement.
- L'ordonnancement suppose que l'on connaît déjà les opérateurs présents dans le plan et leurs liens de précedence.
 - Planification avant ordonnancement.

Méthode des chemins critiques (2 / 2)

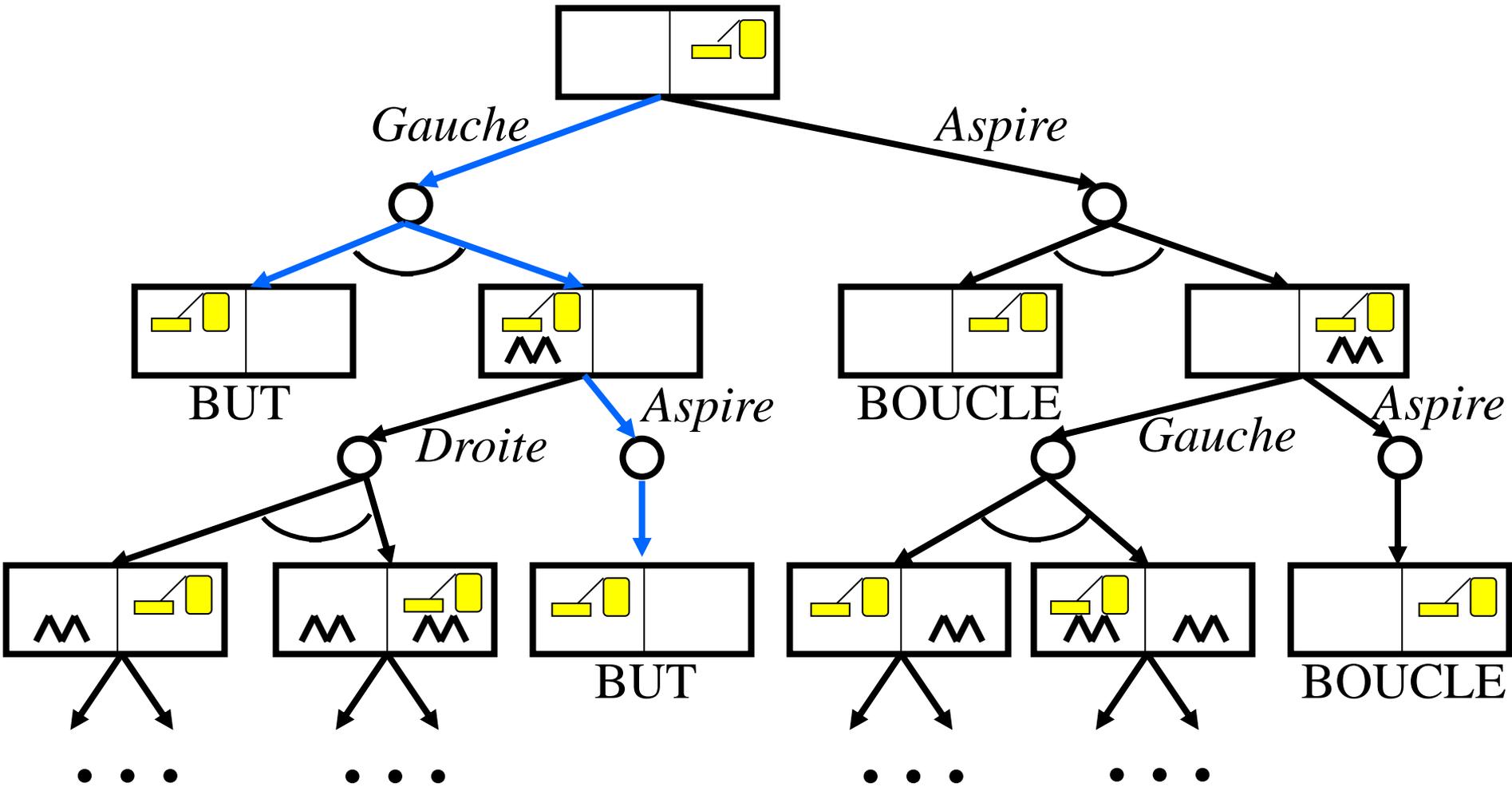


- Complexité : $O(n b)$ avec b = facteur de branchement
- La fenêtre de temps des tâches B et D laisse apparaître un temps disponible (5).
- Le chemin A < C < E < F < G est critique parce que c'est le plus long : tout retard sur ces tâches entraîne un retard sur la durée globale du planning (45).
Les autres tâches ont du mou (*slack time*), e.g., B et D.

Planification conditionnelle (1 / 3)

- Capteurs pour observer à certains moments dans le plan ce qu'il se passe dans l'environnement.
 - Effets conditionnels, effets disjonctifs.
- Les actions peuvent maintenant échouer (non-déterminisme).
- Plans conditionnels [A1 ; A2 ; ... ; An] : composés d'étapes
SI <test> ALORS <plan-V> SINON <plan-F>
Un plan conditionnel est un arbre.
- **Exemple** : le domaine de l'aspirateur (double Murphy).
Opérateurs : Gauche, Droite, Aspire.
Propositions : aGauche, aDroite, GauchePropre, DroitePropre.
Aspirer une pièce propre peut déposer de la poussière
Se déplacer dans une pièce propre peut déposer de la poussière
Action(Gauche, Pre: aDroite, Post: aGauche \vee (aGauche \wedge SI GauchePropre : \neg GauchePropre))

Planification conditionnelle (2 / 3)



Planification conditionnelle (3 / 3)

Fonction **Recherche-ET-OU**(*problème*)

Recherche-OU(EtatInitial(*problème*), *problème*, [])

Fonction **Recherche-OU**(*etat*, *problème*, *chemin*) // Nœud « Etat »

SI TestBut[*problème*](*etat*) ALORS renvoie []

SI *etat* est-dans *chemin* ALORS renvoie ECHEC // Pas de cycle

POUR TOUT *action etats* dans SUCCESEURS[*problème*](*etat*) FAIRE

plan <- Recherche-ET(*etats*, *problème*, [*etat* | *chemin*])

SI *plan* != ECHEC ALORS renvoie [*action* | *plan*] // Succès si un seul plan (OU)

Fonction **Recherche-ET**(*etats*, *problème*, *chemin*) // Nœud « nature »

POUR TOUT *e_i* dans *etats* FAIRE

plan_i <- Recherche-OU(*e_i*, *problème*, *chemin*)

SI *plan_i* == ECHEC ALORS renvoie ECHEC // Echec s'il manque 1 seul plan (ET)

renvoie [SI *e₁* ALORS *plan₁* SINON

SI *e₂* ALORS *plan₂* ... ALORS *plan_{n-1}* SINON

plan_n]

Re-planification (1 / 20)

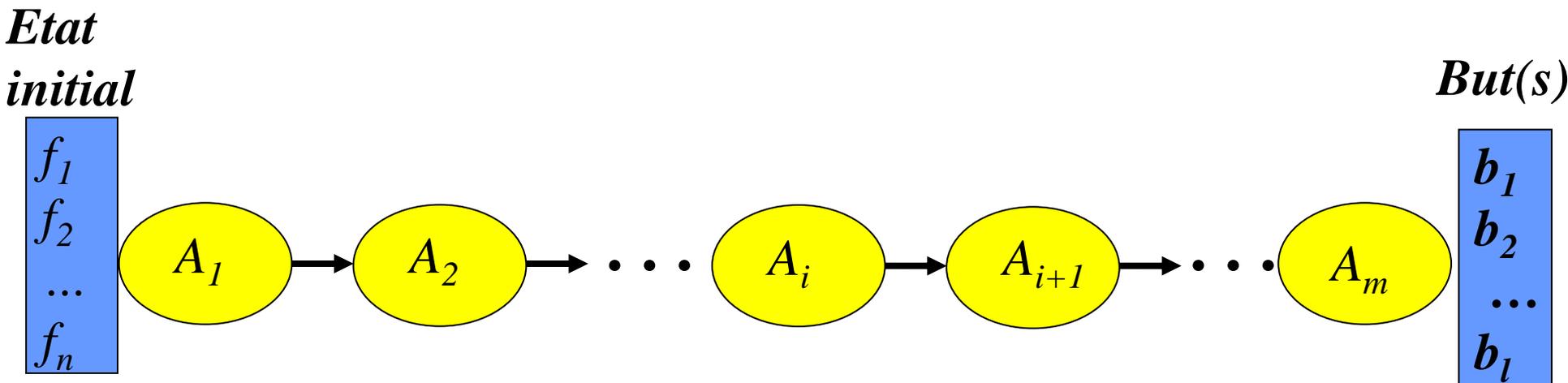
*Etat
initial*

f_1
 f_2
...
 f_n

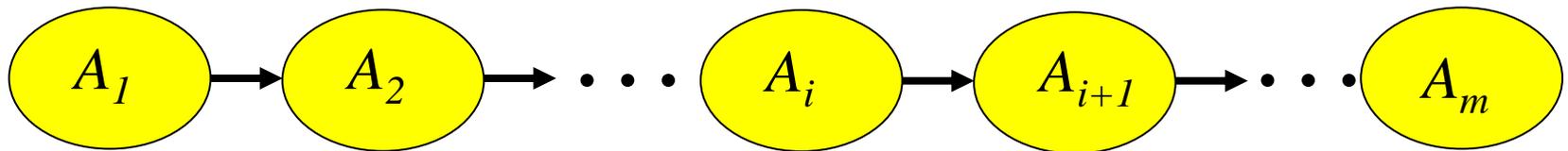
But(s)

b_1
 b_2
...
 b_l

Re-planification (2 / 20)

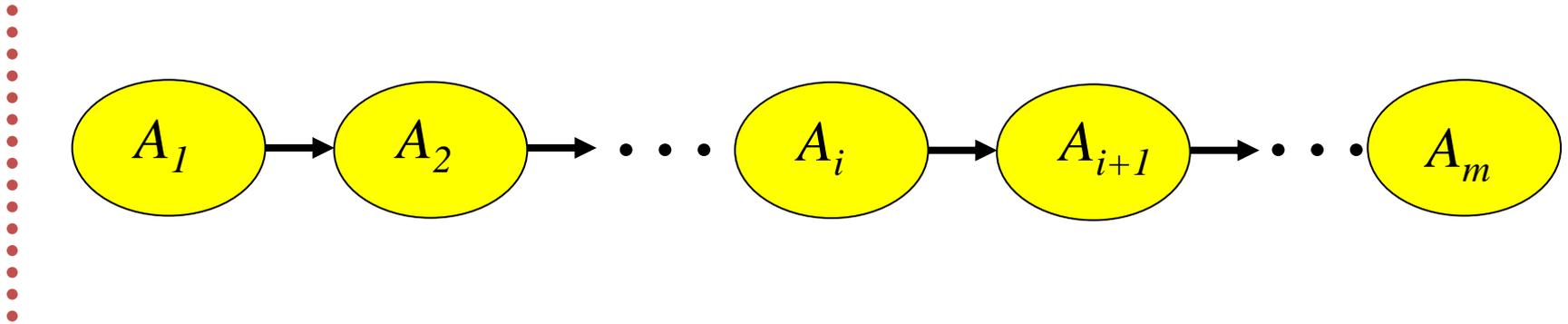


Re-planification (3 / 20)

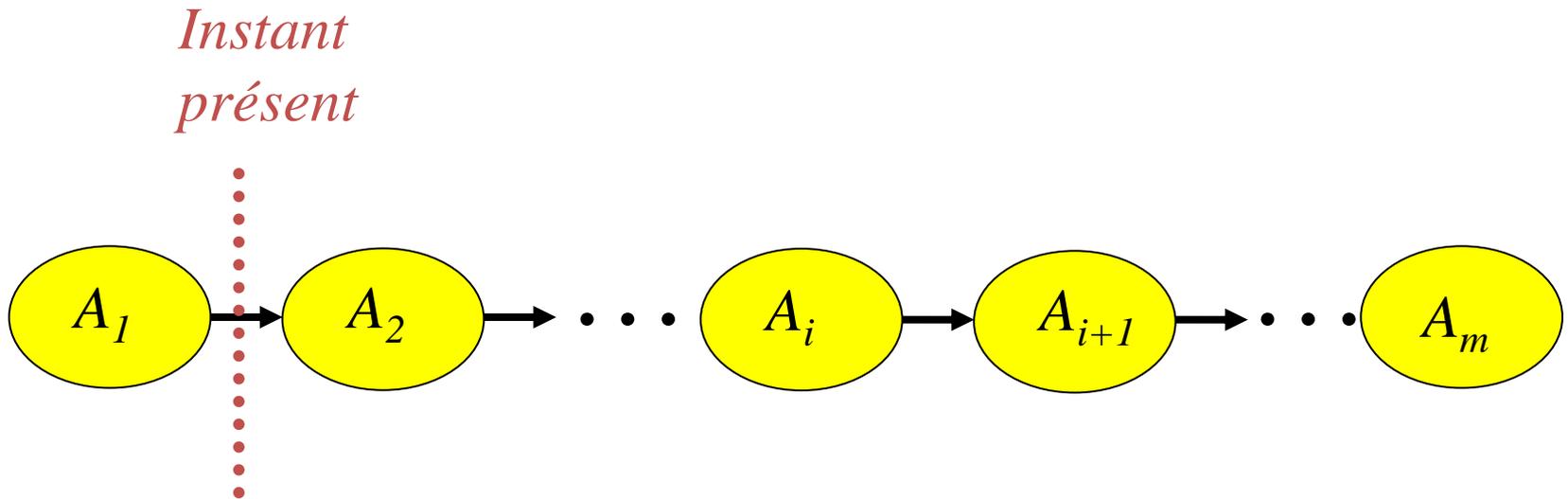


Re-planification (4 / 20)

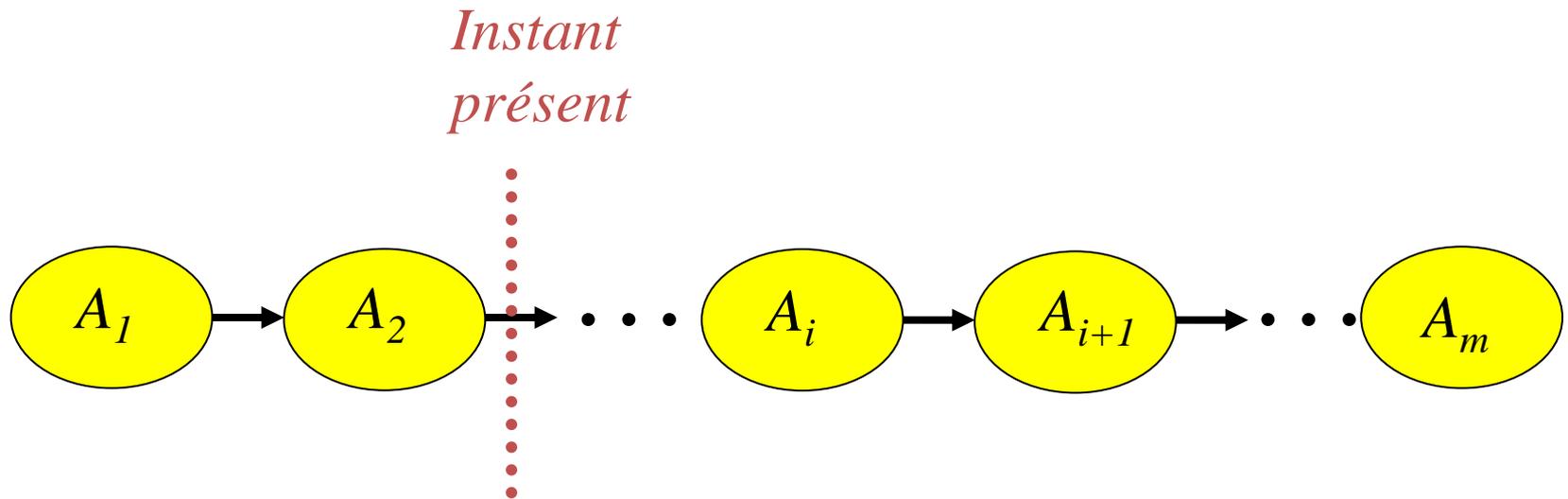
*Instant
présent*



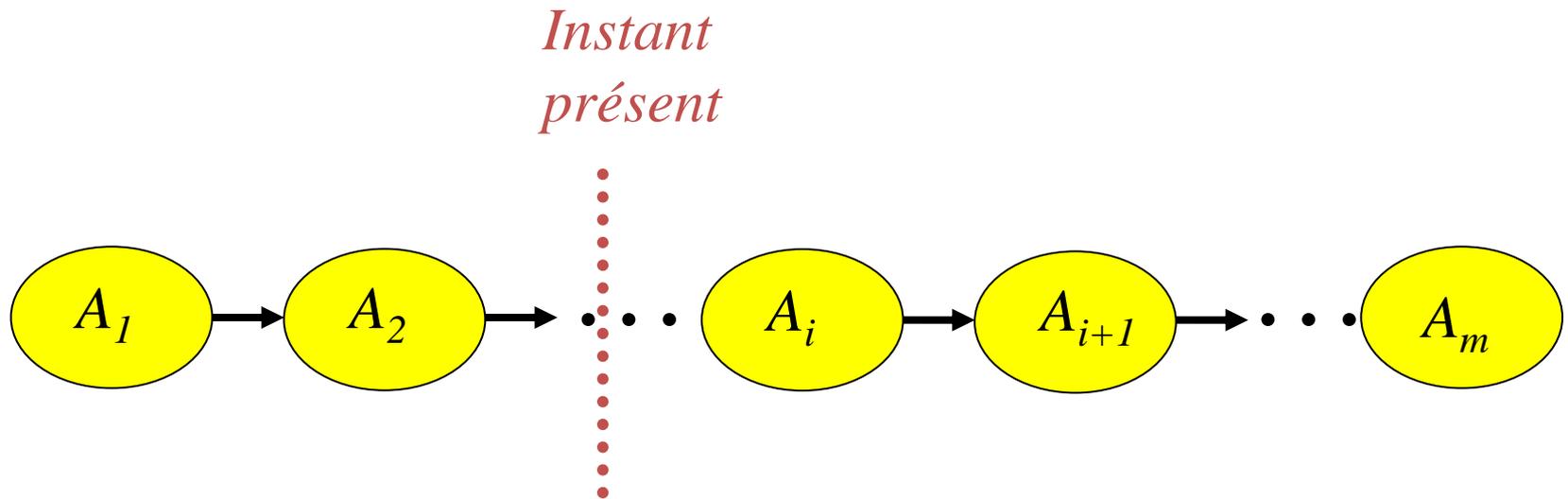
Re-planification (5 / 20)



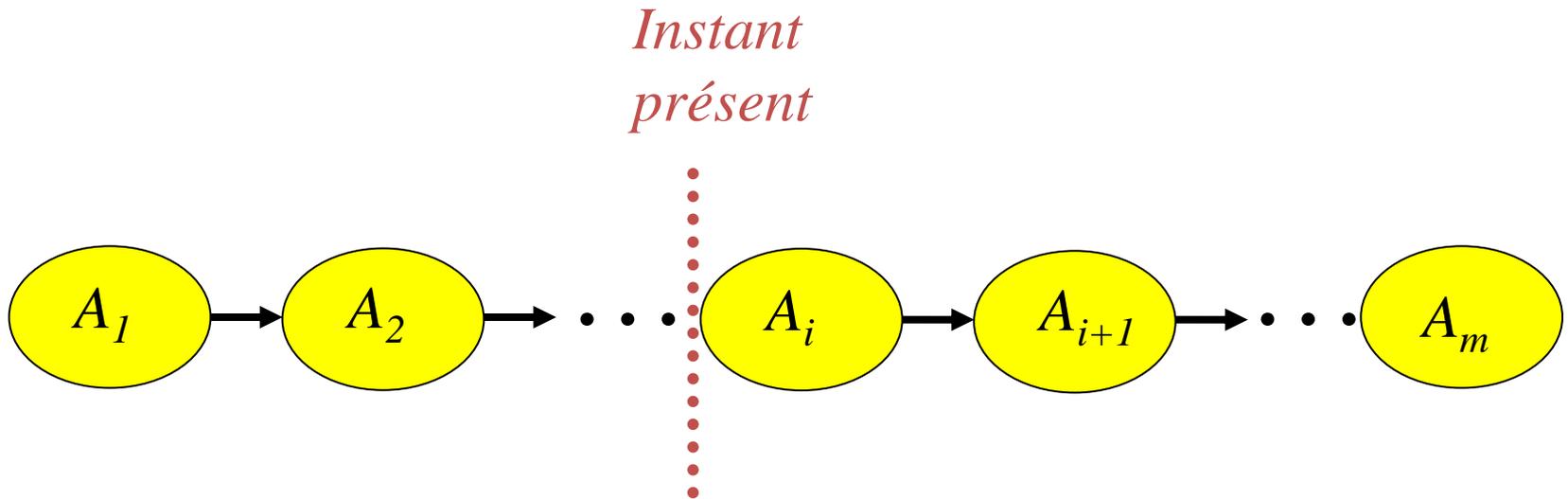
Re-planification (6 / 20)



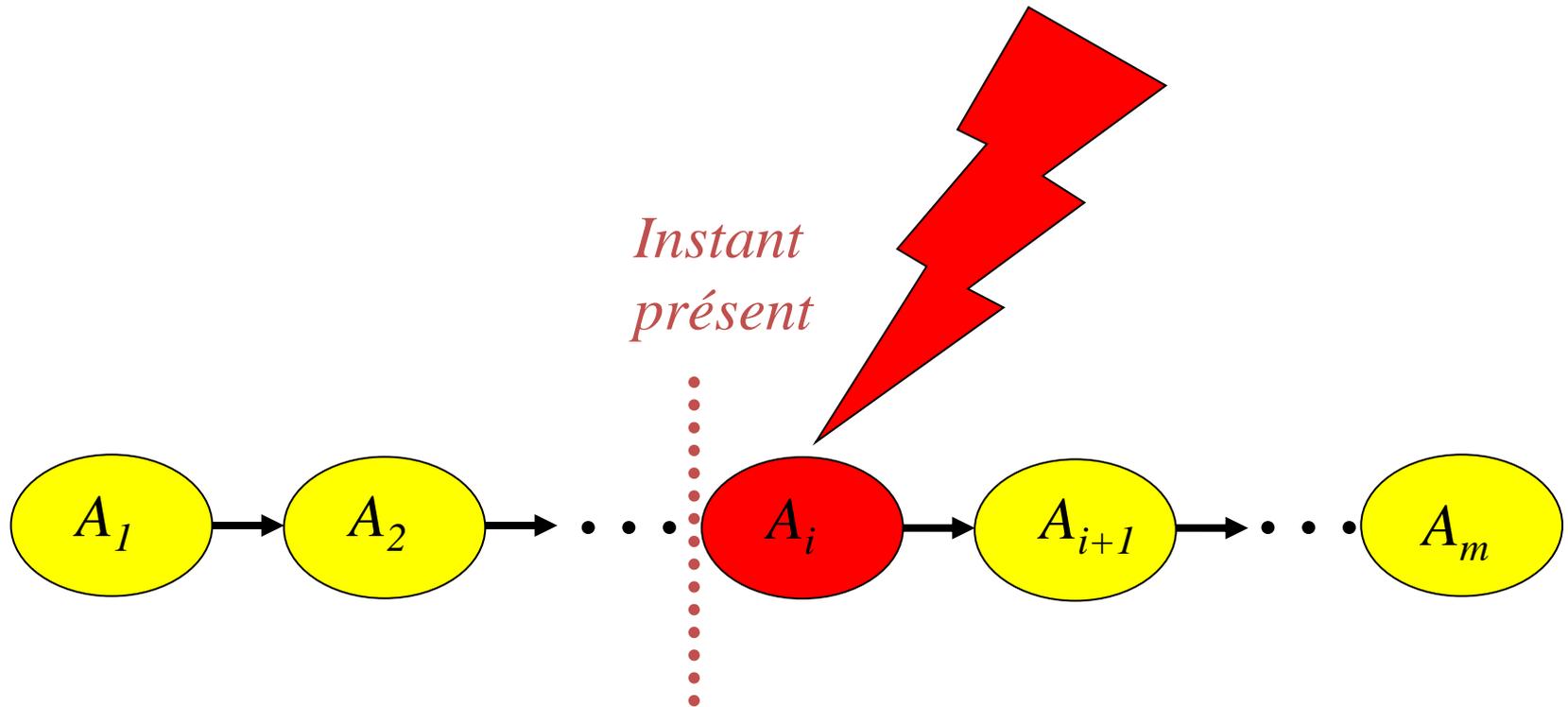
Re-planification (7 / 20)



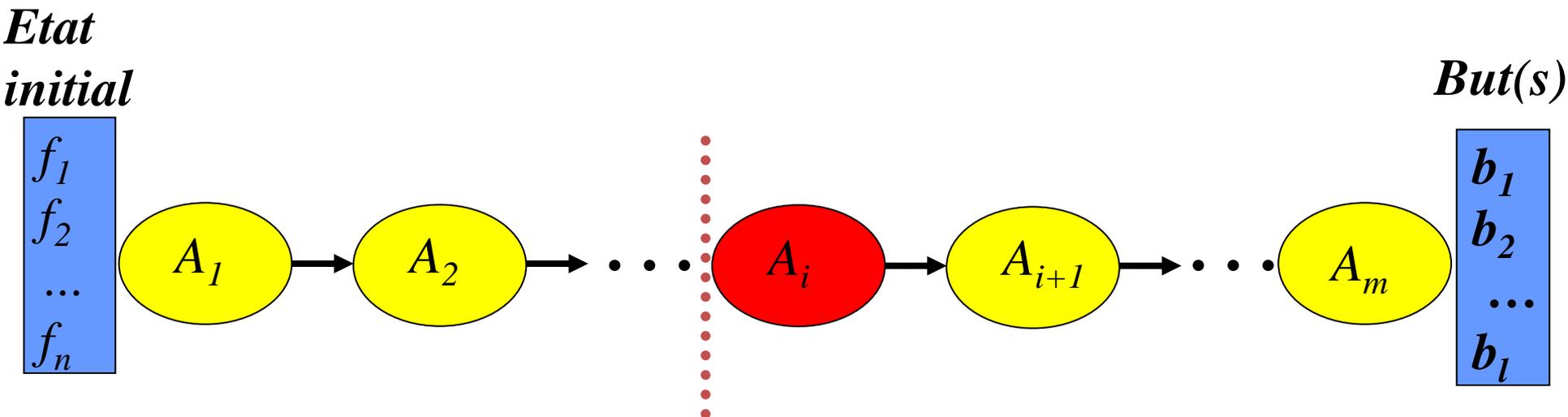
Re-planification (8 / 20)



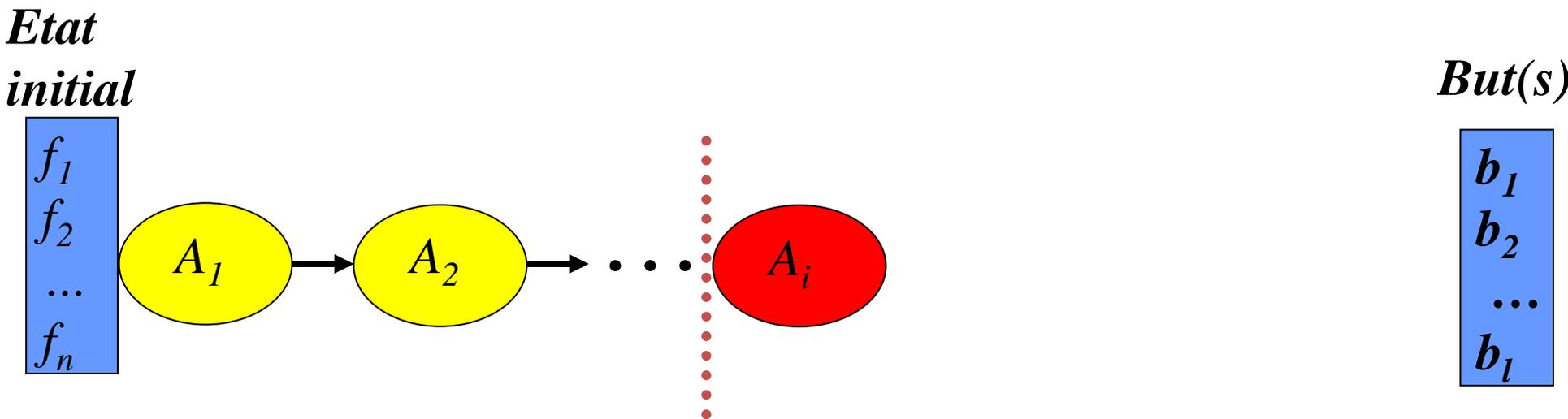
Re-planification (9 / 20)



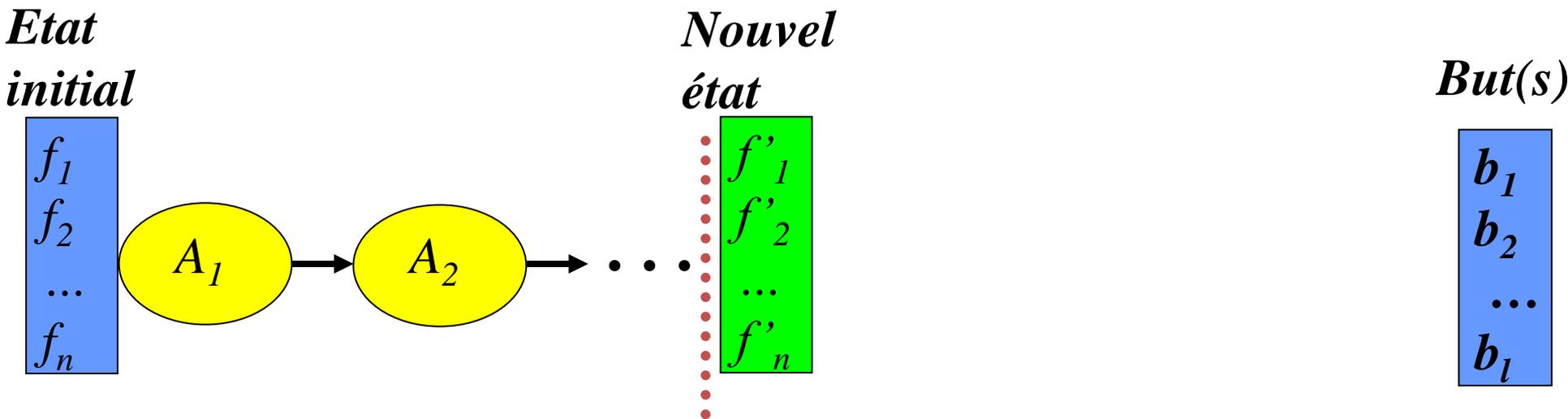
Re-planification (10 / 20)



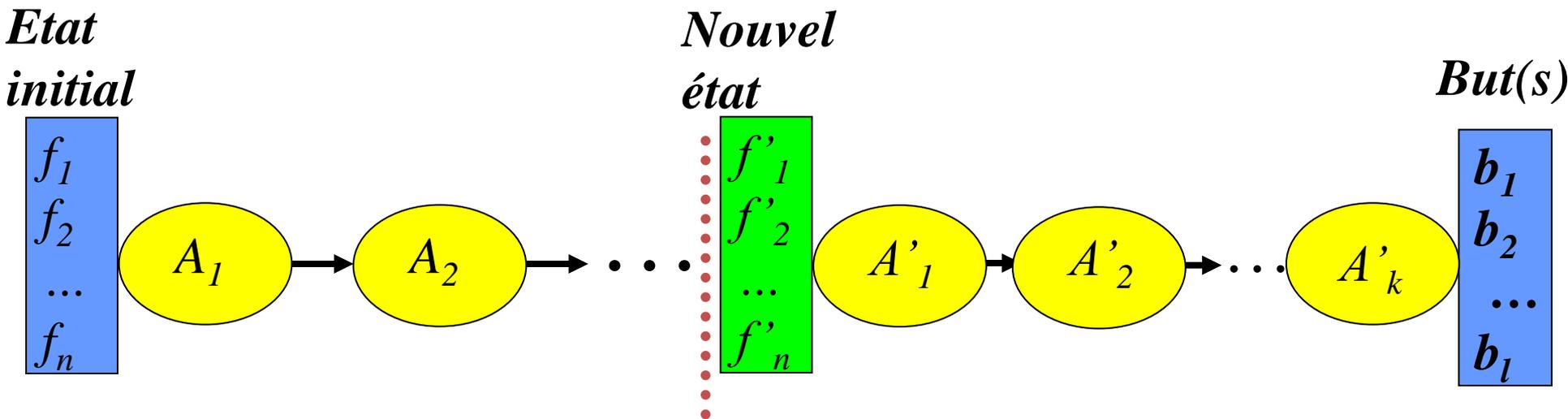
Re-planification (11 / 20)



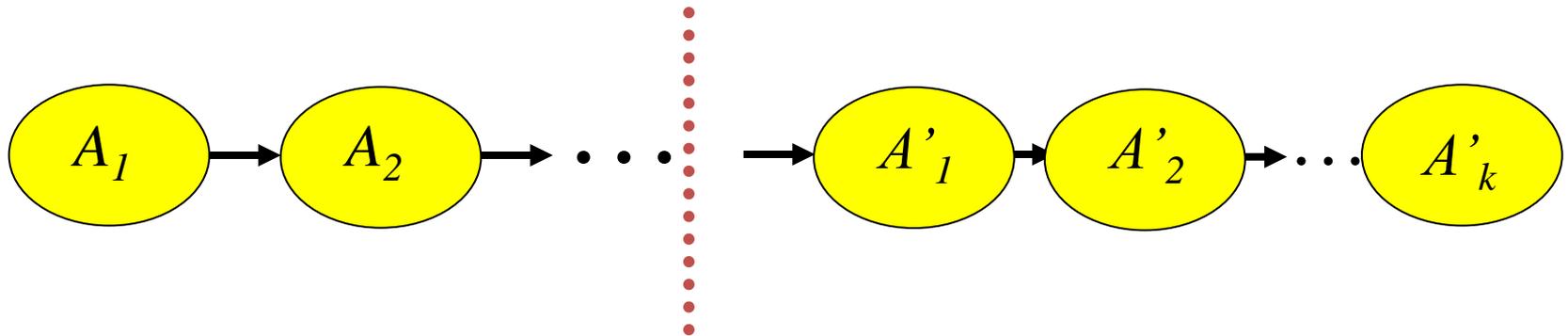
Re-planification (12 / 20)



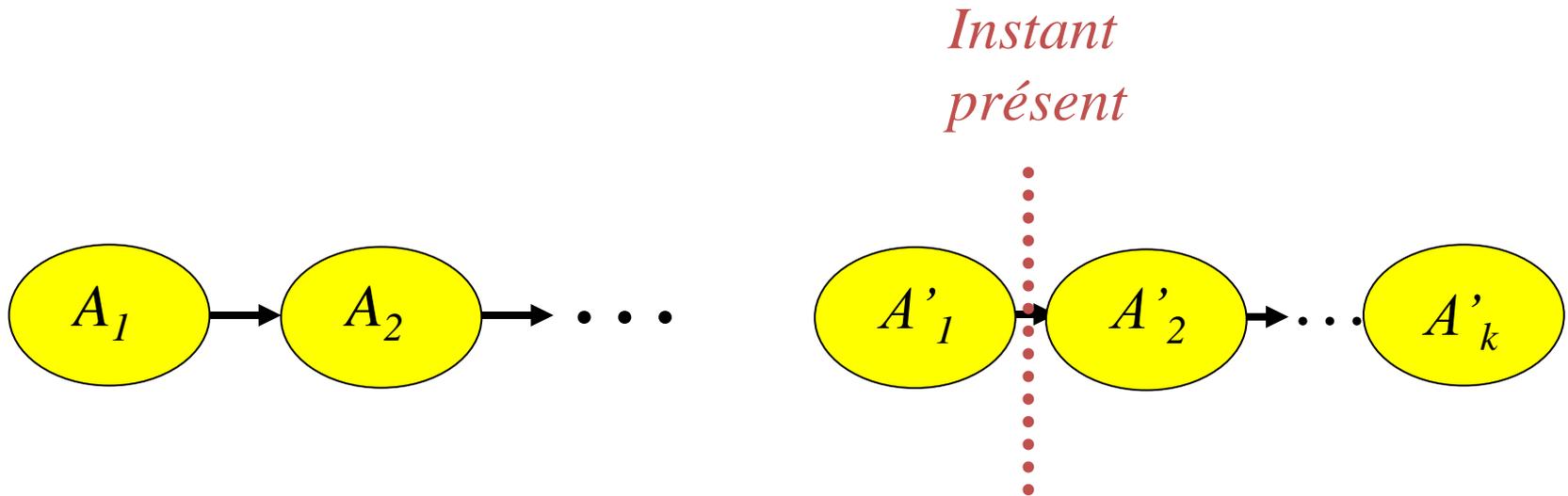
Re-planification (13 / 20)



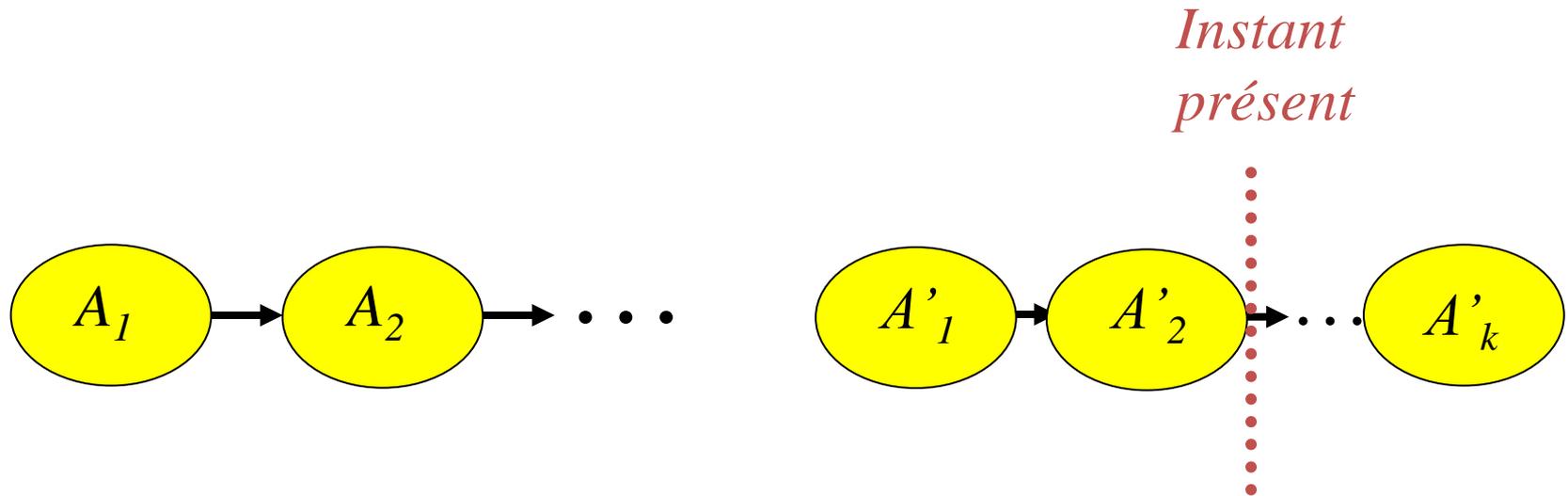
Re-planification (14 / 20)



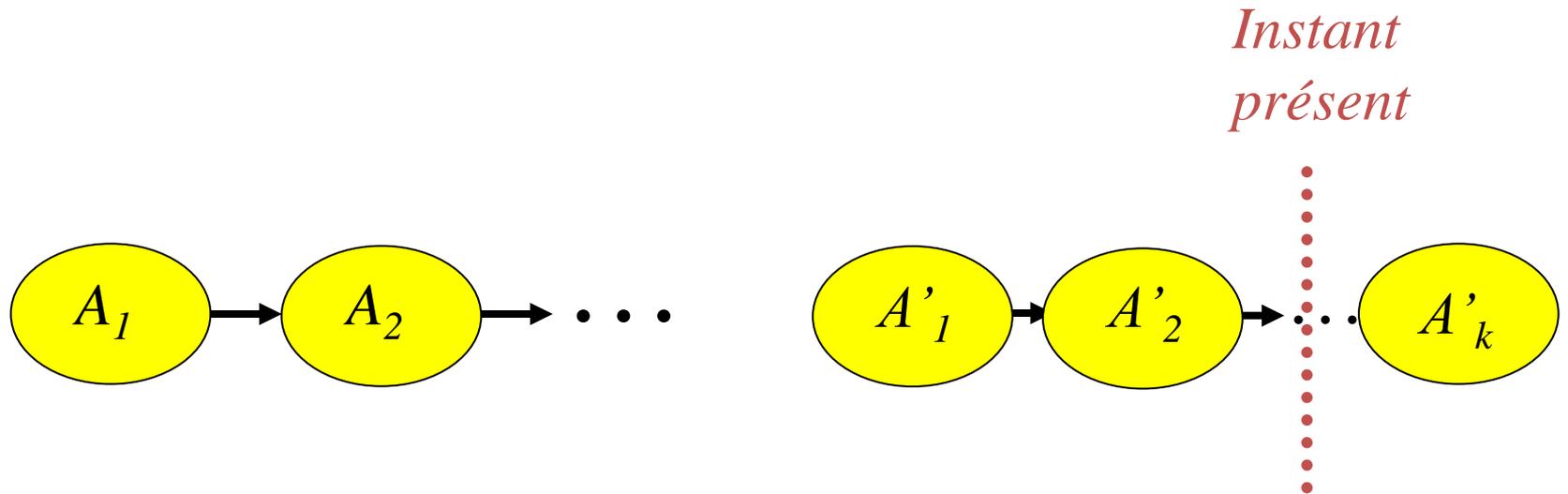
Re-planification (15 / 20)



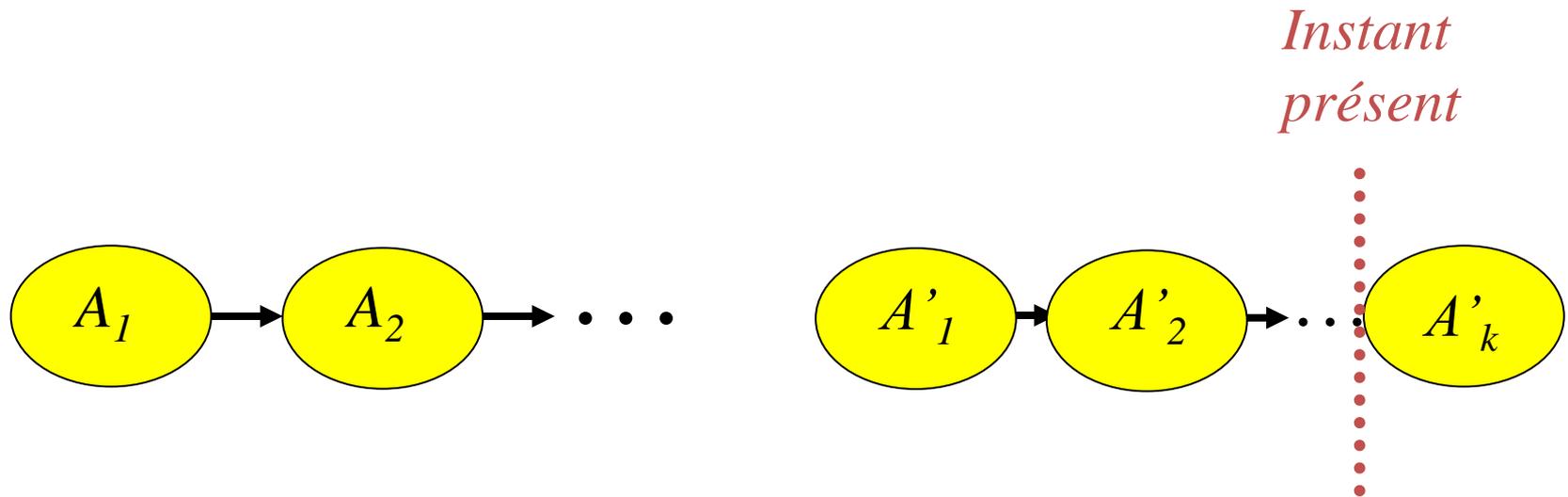
Re-planification (16 / 20)



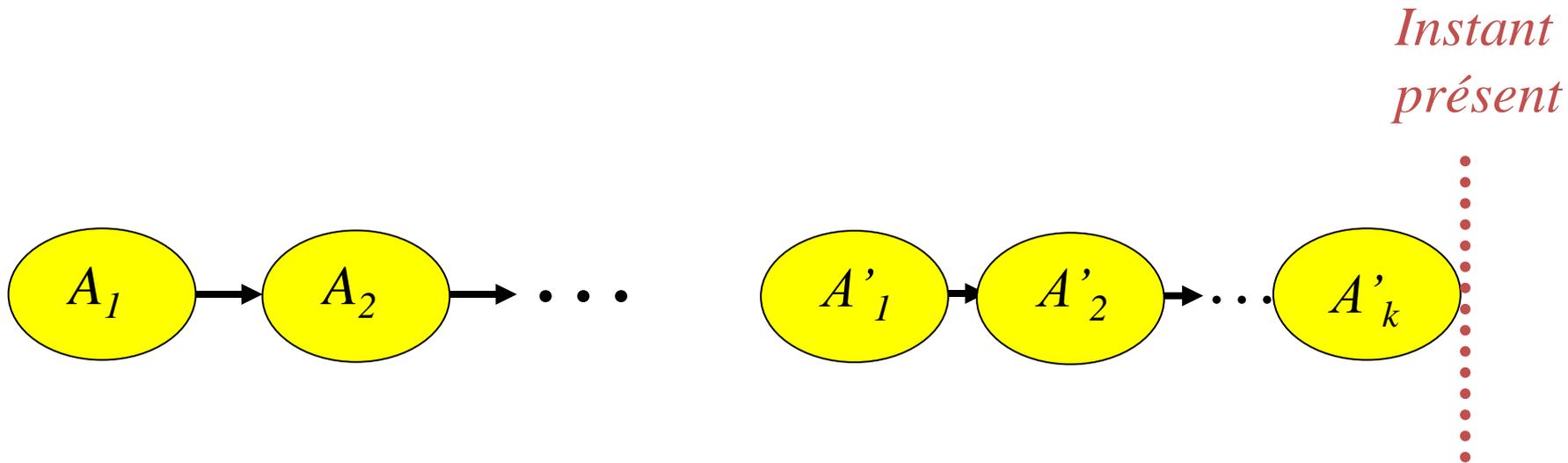
Re-planification (17 / 20)



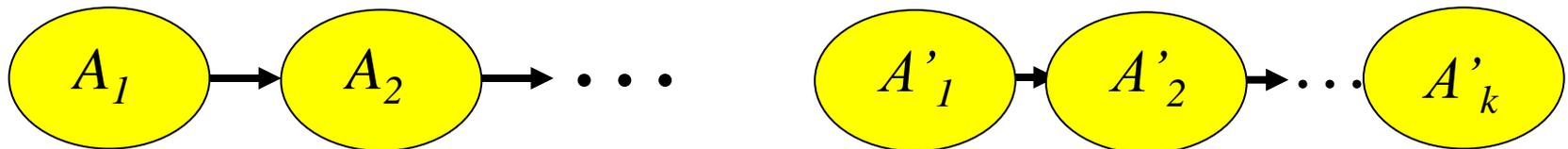
Re-planification (18 / 20)



Re-planification (19 / 20)

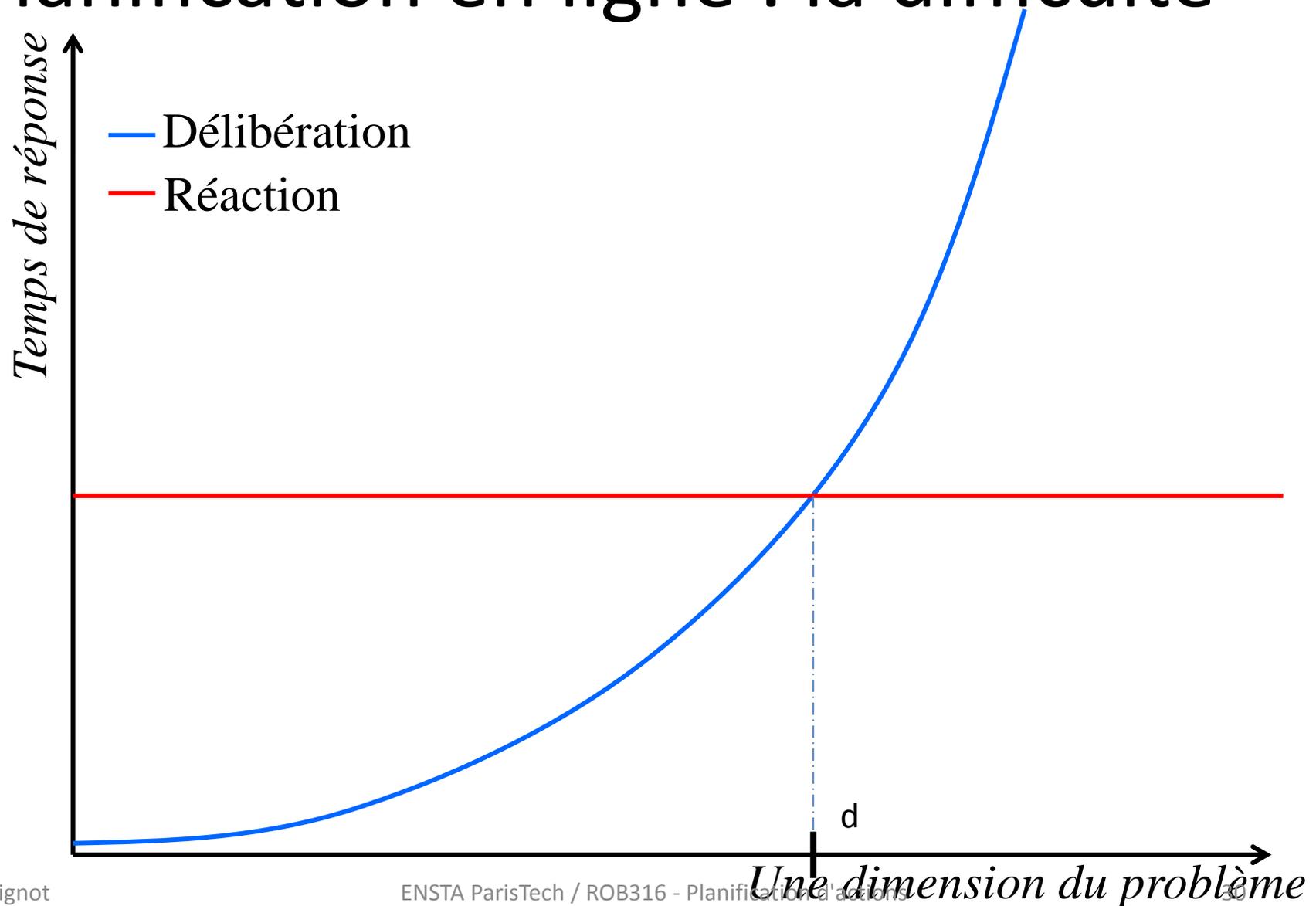


Re-planification (20 / 20)

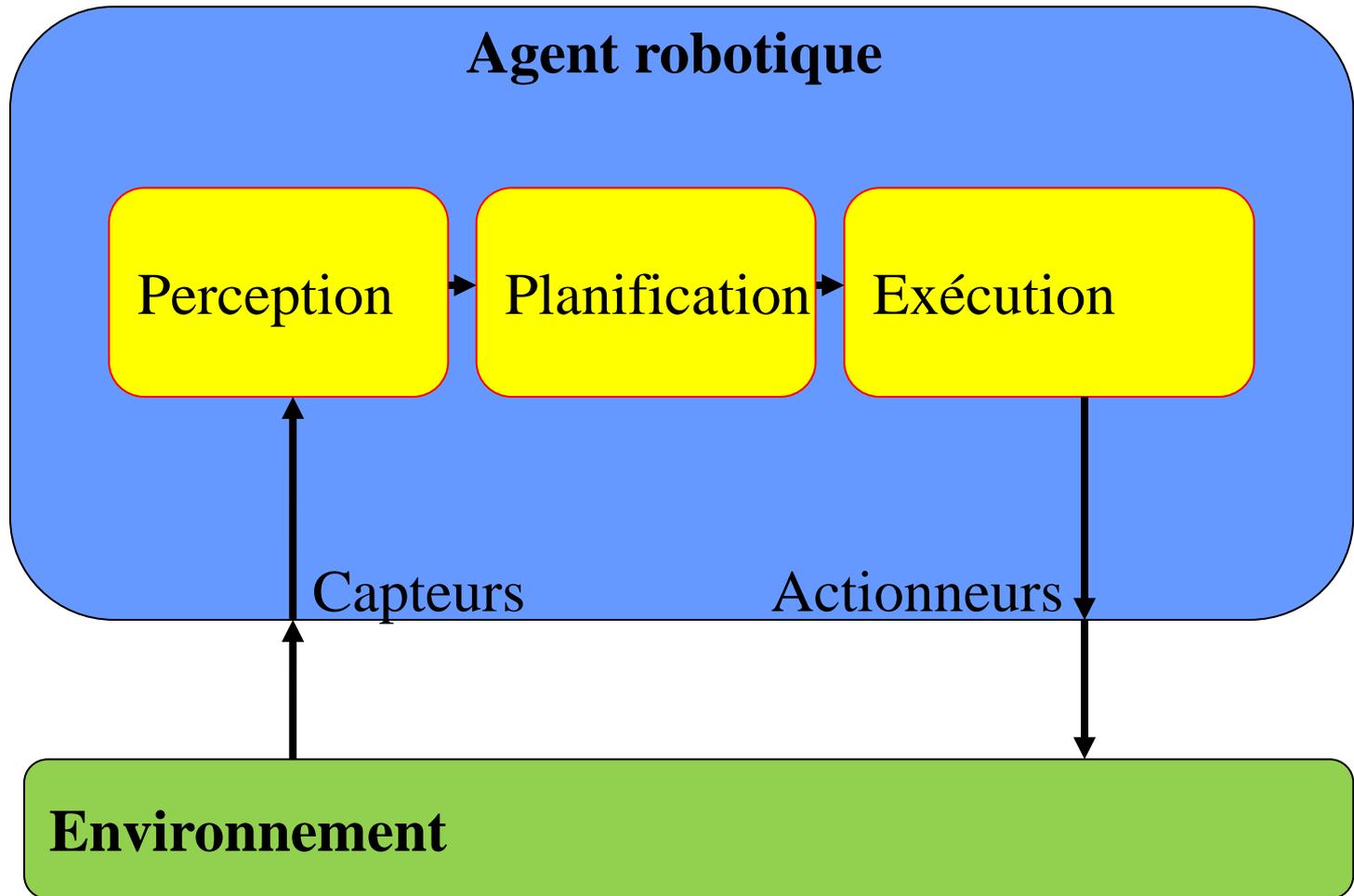


Les buts b_1, \dots, b_l sont maintenant satisfaits :
L'agent a généré un plan, a commencé à l'exécuter,
a re-généré en ligne un plan et l'a exécuté.

Planification en ligne : la difficulté

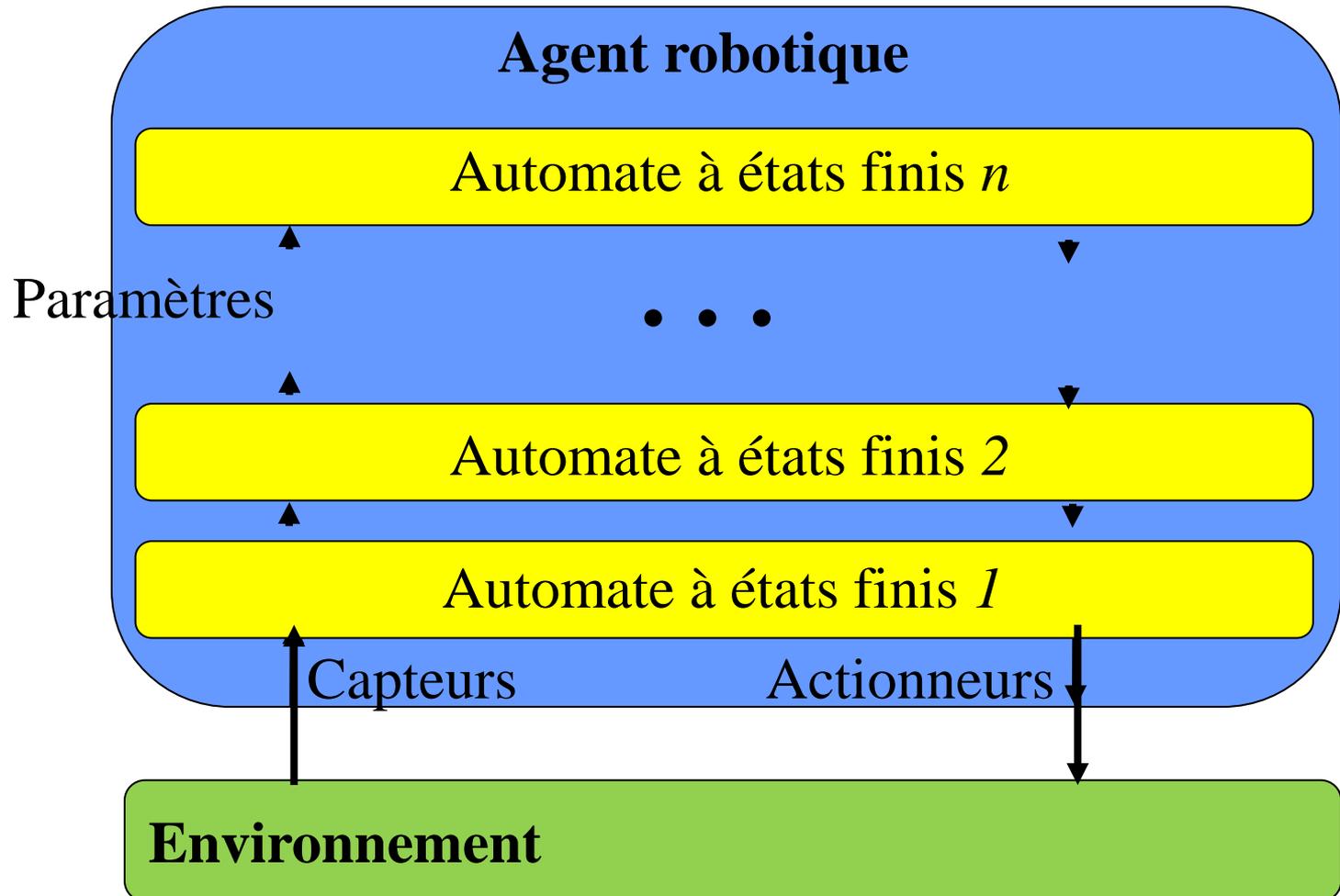


Architecture Sense-Plan-Act

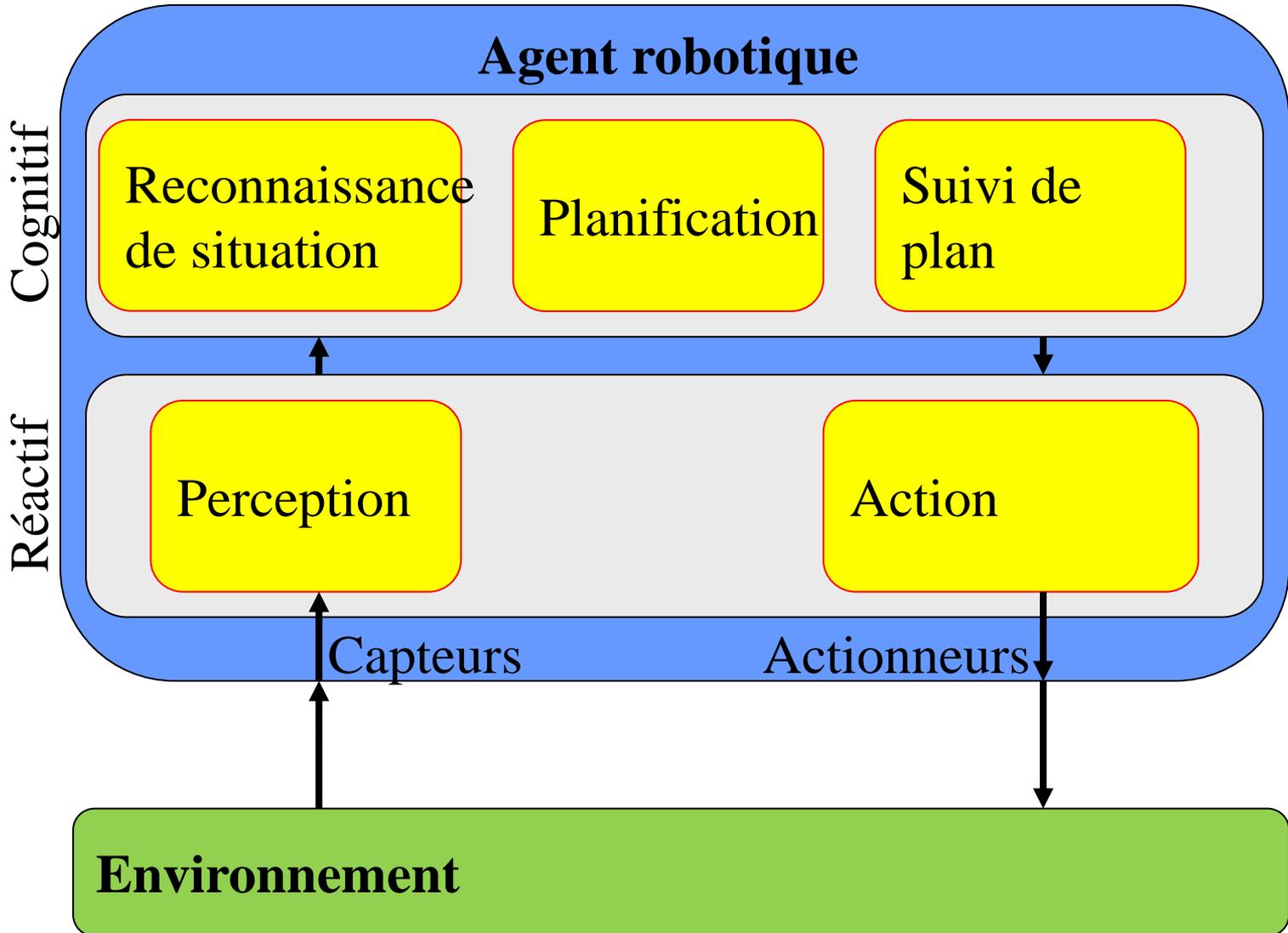


Architecture de Subsumption

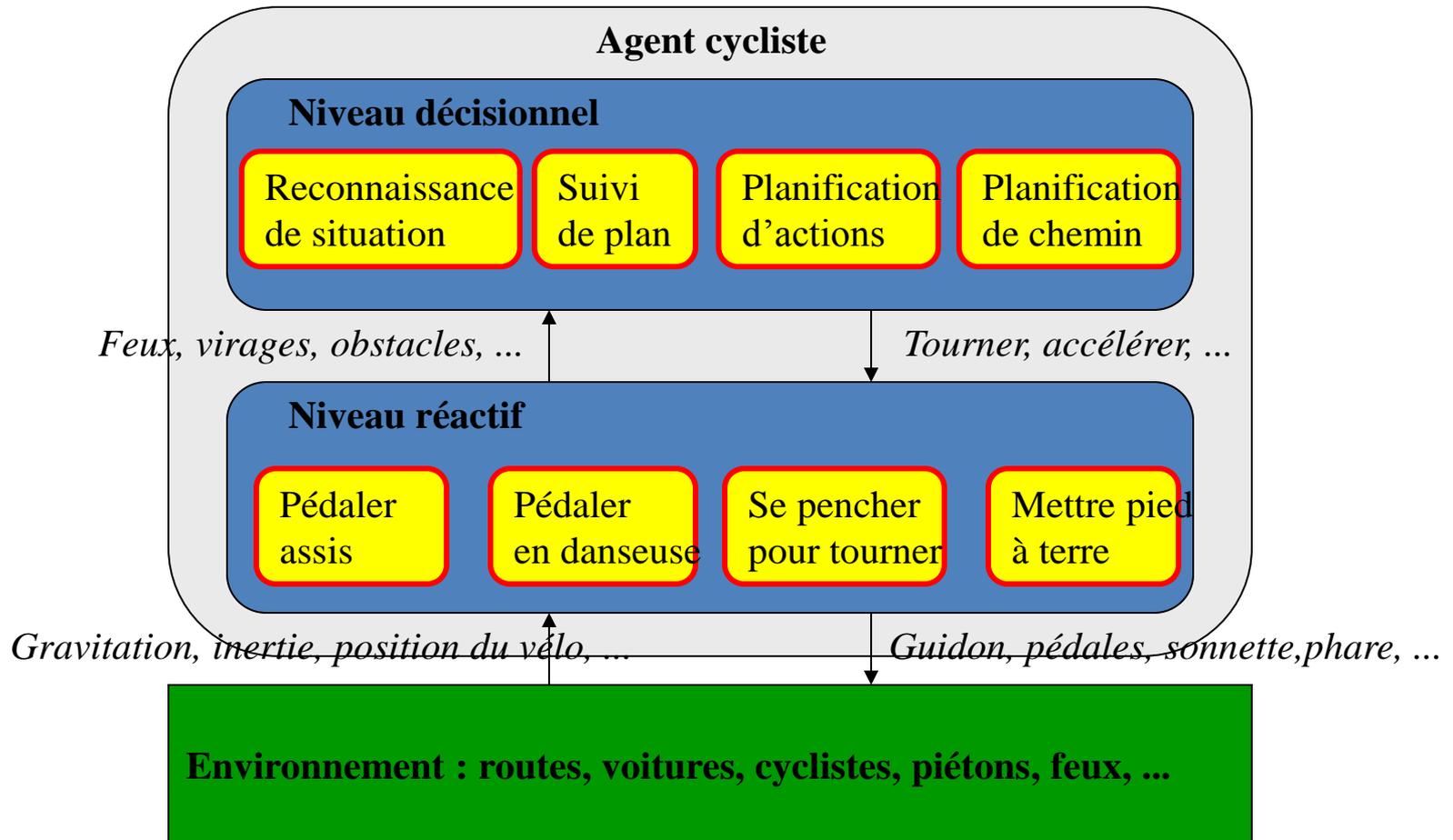
- Pas de symboles.



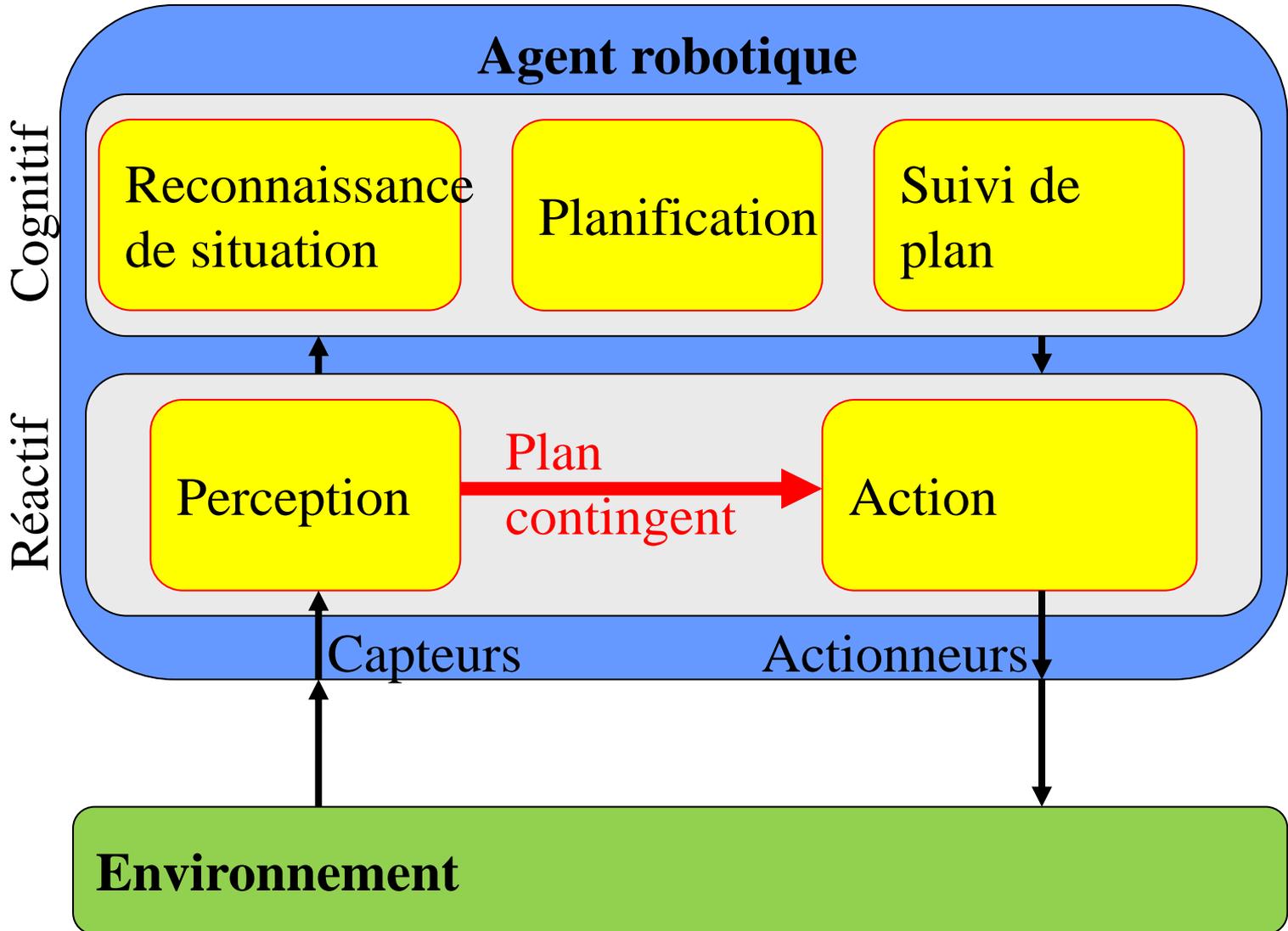
Architecture 2 niveaux



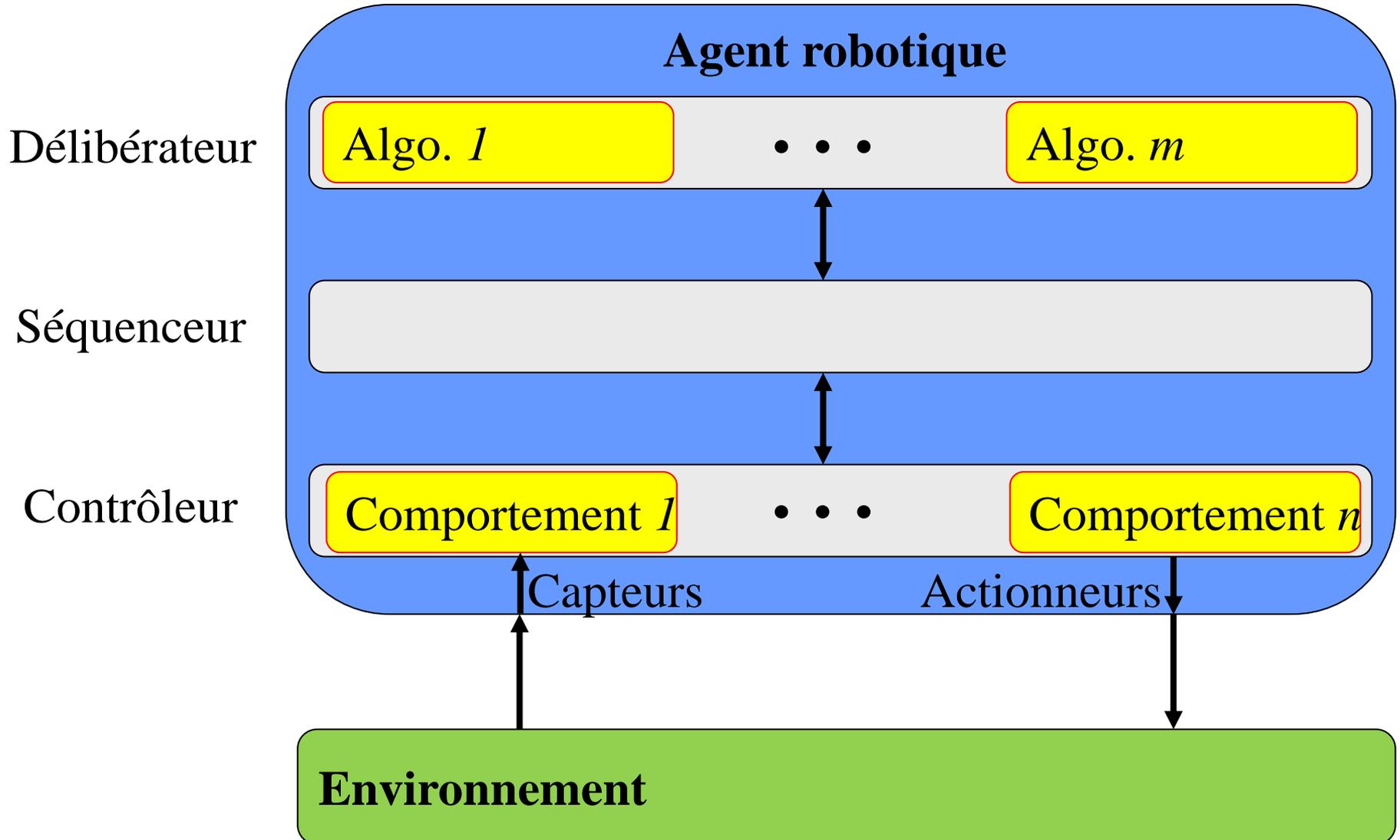
Architecture 2 niveaux : exemple



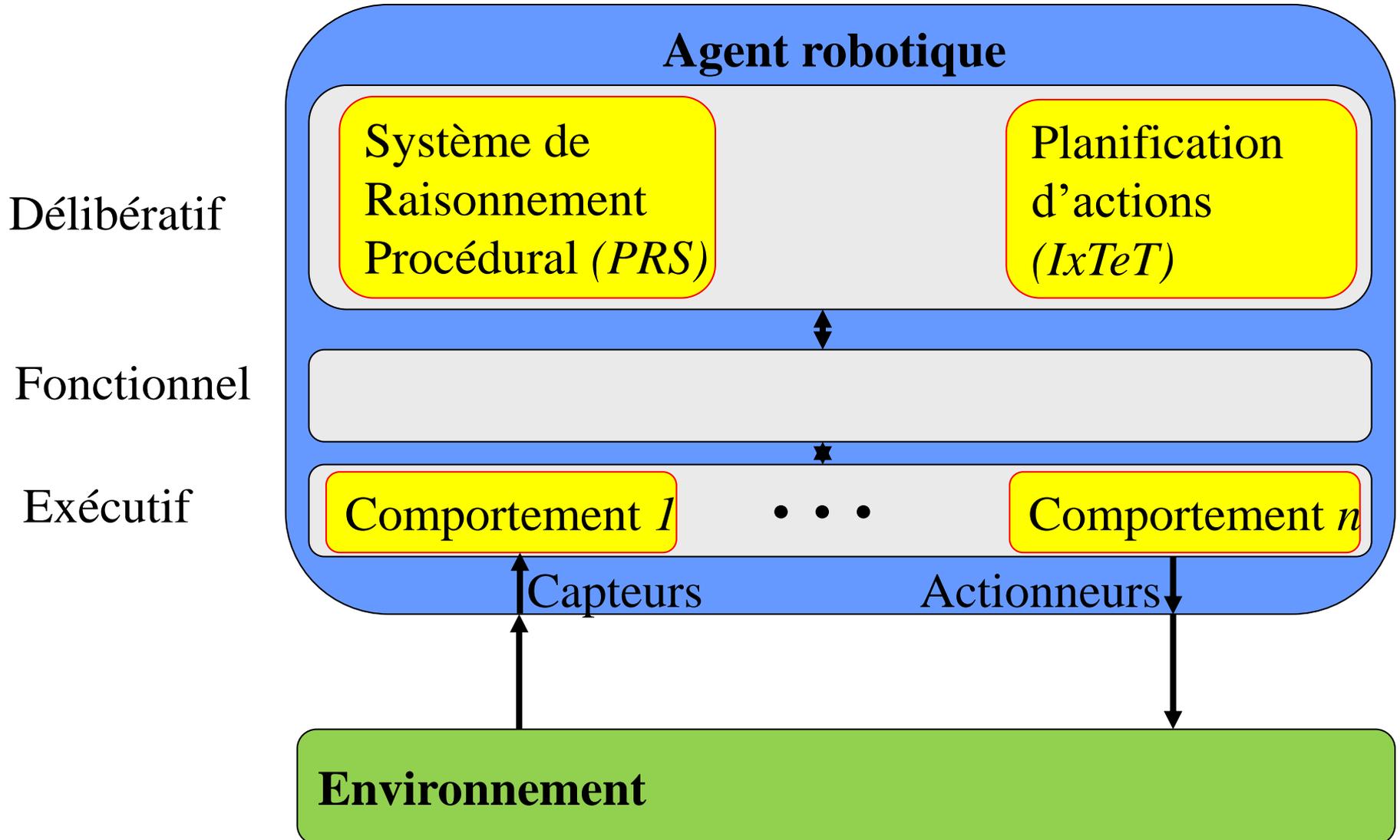
Architecture 2 niveaux++



Architecture 3 niveaux



Architecture du LAAS



Références (1 / 2)

- **[Alami et al. 98]** R. Alami, R. Chatila, S. Fleury, M. Ghallab, F. Ingrand. *An Architecture for Autonomy*. In *International Journal of Robotics Research* (Special Issue on ``Integrated Architectures for Robot Control and Programming''), Vol 17, N° 4, April 1998. LAAS Report N°97352.
- **[Baille et al. 99]** Gérard Baille & al, *Le CyCab de l'INRIA Rhône-Alpes*. Rapport de recherche de l'INRIA Rhône-Alpes n°0229, April 1999 (in French).
- **[Baltie et al. 07]** J. Baltié, E. Bensana, P. Fabiani, J. – L. Farges, S. Millet, P. Morignot, B. Patin, G. Petitjean, G. Pitois, J. – C. Poncet. *Multi-Vehicle Missions: Architecture and Algorithms for Distributed On Line Planning*. In Dimitri Vrakas and Ioannis Vlahavas (eds.), *Artificial Intelligence for Advanced Problem Solving Techniques*, Information Science Reference. December 2007.
- **[Beetz et al. 10]** M. Beetz, D. Jain, L. Mösenlechner, M. Tenorth. *Towards Performing Everyday Manipulation Activities*. *Robotics and Autonomous Systems*, April 2010.
- **[Brooks 85]** Brooks, R. A. *A Robust Layered Control System for a Mobile Robot*. In *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. 2, No. 1, March 1986, pp. 14–23.
- **[Brooks 91]** R. Brooks. *Intelligence without reason*. Proceedings of 12th Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence (IJCAI'91), Sydney, Australia, August 1991, pp. 569–595.
- **[Campa et al. 96]** Giampiero Campa, Mario Innocenti, Jacqueline Wilkie. *Model-Based Robust Control for a Towed Underwater Vehicle*. *AIAA Guidance, Navigation and Control Conference*, San Diego, California, July 29-31, 1996.
- **[Gat 98]** Gat, E. *Three-layer architectures*. In D. Kortenkamp et al. Eds. *A.I. and mobile robots*. AAAI Press, 1998.
- **[Hayes-Roth et al. 95]** Hayes-Roth, B.; Pfleger, K.; Morignot, P.; & Lalanda, P. *Plans and Behavior in Intelligent Agents*. Knowledge Systems Laboratory, KSL-95-35, Stanford Univ., CA, March, 1995.

Références (2 / 2)

- **[Nilsson 80]** Nils J. Nilsson. *Principles of Artificial Intelligence*. Palo Alto: Tioga. 1980.
- **[Muscettola et al. 98]** N. Muscettola, P. Pandurag Nayak, Barney Pell and B.C. Williams. *Remote Agent: to Boldly go where no AI System Has Gone Before*. *Artificial Intelligence*, Elsevier, 103, pp.5-47, 1998.
- **[Russel 2010]** Stuart Russell, Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, 2010, 3rd edition. Chapitre 11.
- **[Schoppers 95]** Schoppers, M. *The use of dynamics in an intelligent controller for a space faring rescue robot*. In *Artificial Intelligence Journal*, 73 (1995):175-230.
- **[Teichteil et al. 11]** F. Teichteil-Königsburg, C. Lesire, G. Infantes. *A Generic Framework for Anytime Execution-Driven Planning in Robotics*. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation*, Shanghai, China, May 2011, pages 299-304.
- **[Wolfe et al. 10]** J. Wolfe, B. Marthi, S. Russell. *Combining Task and Motion Planning for Mobile Manipulation*. In *Proceedings of the International Conference on Automated Planning and Scheduling*, Toronto, Canada, 2010.

Conclusion

- Les hypothèses de la planification classique ne sont pas toujours vérifiées dans la réalité.
- La méthode du chemin critique (ordonnancement) est un moyen de représenter l'aspect numérique du temps.
- Un plan conditionnel permet de représenter un plan si les actions peuvent échouer. Une recherche ET/OU permet de générer un plan conditionnel.
- La re-planification en ligne permet d'entremêler planification et exécution, pour le cas où une action planifiée devient non exécutable.
- Un planificateur d'actions peut être intégré de plusieurs façons dans un agent (robotique) --- planification continue via une architecture d'agents.