

# Gestion de projets sous incertitudes : un modèle de génération de plans flexibles en horizon glissant

T. Vidal<sup>1</sup>, J. Bidot<sup>1,2</sup>, J. C. Beck<sup>3</sup> et P. Laborie<sup>2</sup>

1. LGP – ENI de Tarbes, 47, avenue d’Azereix, B.P.1629, 65016 Tarbes Cedex  
(thierry, jbidot)@enit.fr

2. ILOG S.A, 9, rue de Verdun, 94253 Gentilly Cedex  
(plaborie, jbidot)@ilog.fr

3. Cork Constraint Computation Centre, University College Cork, Irlande  
c.beck@4c.ucc.ie

**Mots-clefs** : flexibilité, incertitudes, satisfaction de contraintes, planification, ordonnancement

## 1 Cadre d'étude

Nous voulons mettre en place un modèle générique permettant de résoudre les problèmes de gestion de projets sous incertitudes, en intégrant diverses techniques adaptées aux diverses formes d’aléas existant dans ce contexte. Notre domaine d’application privilégié est la construction de grandes infrastructures, en particulier les barrages. Ce type de projet présente des caractéristiques relevant aussi bien de l’ordonnancement que de la planification sous incertitudes. Nous nous intéressons particulièrement à la phase de montée du mur de barrage en béton. Les coûts du projet sont de plusieurs natures : le coût des ressources engagées (achats, salaires) et le coût (pénalités) entraîné par le retard de la fin de la construction.

## 2 Travaux connexes

Pour notre travail nous utilisons les techniques basées sur la satisfaction de contraintes, et issues de la Recherche Opérationnelle et de l’Intelligence Artificielle.

En Recherche Opérationnelle (R.O.) le groupe de travail *Flexibilité* du GOThA a défini un cadre de référence pour étudier les problèmes d’ordonnancement sous incertitudes [1]. Un algorithme *statique* est utilisé hors ligne afin de produire un ou plusieurs ordonnancements réalisables. Un algorithme *dynamique* est ensuite utilisé en ligne pour construire progressivement la solution adaptée aux aléas qui surviennent.

En Intelligence Artificielle (I.A.) les termes statique et dynamique caractérisent l’*environnement* dans lequel l’exécution du plan (ou de l’ordonnancement) s’effectue. La planification classique suppose que l’environnement est statique, ce qui signifie qu’il n’y a aucune incertitude. Un algorithme *prédictif* est alors utilisé hors ligne pour produire un ordonnancement unique et *rigide* qui peut être alors exécuté en ligne sans remises en cause. Dans le cas d’un environnement dynamique, plusieurs techniques sont envisageables [3] :

- conserver une approche *prédictive hors ligne*, complétée par un ou des algorithmes *réactifs* qui sont exécutés en ligne lorsqu’un aléa rend le plan initial incohérent, remettant celui-ci en cause et obligeant le plus souvent à replanifier ;
- prendre en compte les incertitudes dès la phase de construction *hors ligne* : on parle alors d’approches *proactives* ; dans le cas idéal, le plan (ou la famille de plans) ainsi produit s’adaptera automatiquement en ligne aux aléas qui se présenteront ;
- planifier toujours de manière prédictive mais cette fois-ci *en ligne*, à court terme, selon un processus d’*horizon glissant* ; dans ce cas l’exécution va progressivement lever certaines incertitudes et permettre de poursuivre la planification des étapes suivantes.

La *flexibilité* en R.O. est définie [1] comme la liberté dont on dispose lors de l’exécution pour réagir face à l’occurrence de certains événements. Plusieurs types de flexibilités sont introduits : la flexibilité *sur*

*les temps, sur les ordres, sur les ressources ou sur les modes d'exécution.* Les études que nous avons menées [4] sur des problèmes d'incertitudes temporelles ont permis de montrer que les trois premiers types de flexibilités peuvent souvent être représentés par des modèles de résolution compacts, ce qui permet de maîtriser la combinatoire vis-à-vis des multiples situations possibles à l'exécution. Les flexibilités sur les temps et sur les ordres (on pourrait facilement étendre à la flexibilité sur les ressources) peuvent en effet être exprimées à l'intérieur d'un réseau de contraintes appelé STNU, où la faisabilité du plan à l'exécution peut être vérifiée efficacement. Le dernier type de flexibilité, la flexibilité sur les modes d'exécution, est pris en compte dans les approches *conditionnelles* [2]. Dans ces approches, le plan produit se subdivise en plusieurs branches explicites correspondant à des situations différentes à l'exécution. La combinatoire peut alors poser problème. Par contre, on gagne l'assurance que la solution exécutée sera toujours optimale. Ces deux familles de techniques relèvent des approches proactiveives, où l'on peut observer que le processus de construction de la solution est *monotone* : aucune décision n'est remise en cause pendant l'exécution.

### 3 Description de notre approche

Notre but est de proposer une architecture combinant plusieurs des approches présentées et unifiant les points de vue I.A. et R.O., afin de coller au mieux aux diverses problématiques de notre domaine applicatif. Certaines combinaisons de techniques ont déjà été expérimentées, notamment compléter une approche proactive par des algorithmes réactifs visant à traiter ce que le proactif n'a pas su prédire. Notre contribution va plus loin en proposant un modèle complet, distinguant les divers types d'aléas, et intégrant également le principe d'*horizon glissant*.

Nous distinguons les événements *asynchrones* (pouvant se produire à tout moment, par exemple une crue en amont du barrage) des événements *synchrones* (survenant à une étape déterminée du plan, par exemple le retard d'un fournisseur). Une valuation probabiliste leur est associée. Le plan est construit en ligne à la fois de manière *proactive* (en combinant flexibilité sur les temps et branches conditionnelles) et en *horizon glissant* : seules les branches correspondant aux événements synchrones à court terme et à ceux de probabilité élevée sont développées. Au fur et à mesure de l'avancée de l'exécution, de nouvelles branches sont développées lorsqu'une observation lève une incertitude et permet ainsi de couper une branche future, et donc libérer de l'espace mémoire. Le choix de la branche à développer obéit à un critère double (probabiliste et temporel) privilégiant non seulement les aléas pendants de plus forte probabilité mais aussi ceux de faible probabilité mais susceptibles de survenir à court terme. Ce choix se fait de façon *anticipée* de façon à ne pas bloquer le processus de construction de la solution. Pour ce qui est des événements asynchrones, une approche *réactive* est retenue. Ce paradigme de génération de plan permet donc de privilégier un fonctionnement *monotone* tout en permettant l'occurrence de révisions *non-monotones*.

La *robustesse* du plan [1] doit être prise en compte dans notre approche. En gestion de projets on ne se soucie pas de la stabilité du plan, qui peut donc évoluer en cours d'exécution. La recherche de l'optimum global par rapport à un critère ou plusieurs critères de satisfaction n'est pas non plus à privilégier. On cherche plutôt à garantir que quelle que soit la situation que l'on aura à l'exécution, le coût du projet ne dépassera pas une limite fixée. La métrique de robustesse utilisée est donc celle d'un *niveau de service* minimum garanti en termes de qualité (coût du projet) de la solution finale. Si notre architecture est désormais clairement définie, l'évaluation de cette métrique reste un problème ouvert, particulièrement du fait du recours au principe d'*horizon glissant*, et fait l'objet de la poursuite de nos travaux.

## Références

- [1] E. Sanlaville *et al.* (été 2002). Flexibilité et robustesse en ordonnancement, article du groupe *Flexibilité* dans le bulletin de la ROADEF, numéro 8.
- [2] I. Tsamardinos *et al.* (2002). CTP: A New Constraint-Based Formalism for Conditional, Temporal Planning. A paraître dans *Constraints*.
- [3] J. C. Beck et T. Vidal (2002). Practical Approaches to Handling Uncertainty in Planning & Scheduling. Tutoriel de AAAI'02, Edmonton, Canada.
- [4] M.J. Huguet, P. Lopez et T. Vidal (2002). Dynamic Task Sequencing in Temporal Problems with Uncertainty. Atelier intitulé « On-Line Planning and Scheduling » de AIPS'02, Toulouse, France.