

# Une contrainte globale pour une classe de problèmes d'optimisation temporelle

Alban Derrien<sup>1</sup>

Jean-Guillaume Fages<sup>2</sup>

Thierry Petit<sup>1,3</sup>

Charles Prud'homme<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TASC (CNRS/INRIA), Mines Nantes, FR – 44307 Nantes, France

FirstName.LastName@mines-nantes.fr

<sup>2</sup> COSLING S.A.S., FR – 44307 Nantes, France

jg.fages@cosling.com

<sup>3</sup> Foisie School of Business, WPI, Worcester, MA 01609, USA

TPetit@wpi.edu

**Mots-clés** : *programmation par contraintes, contraintes globales, recherche opérationnelle, optimisation.*

## 1 Contexte du travail

Les relations temporelles permettent d'analyser le contenu d'un document pour inférer des informations haut-niveau. L'étude des raisonnements temporels est un domaine de recherche très actif, avec des champs d'application aussi variés que le droit, la bio-informatique ou les médias [2, 3, 6]. Par exemple, récemment des techniques d'intelligence artificielle ont été proposées afin de générer automatiquement le résumé d'un match de tennis, après séquençage de l'enregistrement vidéo et audio. La programmation par contraintes est une technique adaptée à la création de résumés vidéo [2]. Dans ce cadre, les segments vidéo à retenir y sont encodés par les variables, les règles inhérentes à la génération de résumés sportifs (sélectionner les points importants, avoir un contenu homogène, des transitions fluides, etc) sont satisfaites à l'aide des contraintes. Nous suggérons une transcription de combinaisons de relations de l'algèbre des intervalles d'Allen [1] sous la forme d'une contrainte globale. Cette approche permet d'une part de simplifier la déclaration du modèle mais également d'en améliorer la résolution en intégrant une vue globale du problème et ainsi multiplier les déductions.

### 1.1 L'algèbre des intervalles d'Allen

Les relations d'Allen donnent la position relative de deux intervalles de temps l'un par rapport à l'autre [1] à l'aide de 13 relations. Celles-ci sont distinctes et composables entre elles. Par exemple, dans l'algèbre d'Allen, la relation  $I\{s, d, f, =\}T$  permet de modéliser le fait que l'intervalle  $I$  est contenu dans l'intervalle  $T$ . Les symboles  $s, d, f$  et  $=$  correspondent aux relations atomiques d'Allen dont la disjonction exprime la notion *est contenu dans*.

### 1.2 Définition du problème

Le problème de génération de résumés vidéo est défini sur un vecteur de tâches  $\mathcal{T}$  représentant les morceaux qui composent le résumé de taille  $n$ ; et un ensemble d'intervalles disjoints  $\mathcal{I}$ , extraites de la vidéo d'origine selon des caractéristiques précises, de taille  $m$ . Pour chaque morceau choisi des contraintes doivent être respectées, telles que :

- la parole n'est pas coupée,
- le morceau contient des applaudissements,
- si un point du match est montré, la fin de celui-ci doit être inclus.

Étant donné un sous-ensemble  $\mathcal{R}$  de relations d'Allen modélisant une des contraintes précédentes, le problème est satisfait si et seulement si les deux propriétés suivantes sont satisfaites :

1. Pour toute tâche de  $\mathcal{T}$  au moins une relation de  $\mathcal{R}$  est satisfaite entre cette tâche et au moins un intervalle de  $\mathcal{I}$ .
2. Les tâches de  $\mathcal{T}$  doivent respecter l'ordre de la séquence passée en paramètre, *i.e.*, pour tout entier  $i$   $1 \leq i < n$ , la tâche  $T_i$  doit terminer avant le début de  $T_{i+1}$ .

## 2 Contributions

La propriété 1. formule une disjonction de disjonctions : il doit exister au moins une relation et un intervalle tels que la contrainte soit vérifiée. Cependant cette modélisation par une disjonction s'avère très peu efficace en pratique. Pour pallier ce problème, une première technique proposée a été de définir un algorithme dédié à certains ensembles de relations d'Allen [2]. Cependant, cette approche oblige à écrire un algorithme de résolution spécifique pour chaque sous-ensemble de relations d'Allen, or il en existe  $2^{13}$ .

Dans ce travail, nous avons défini une *contrainte globale*, assurant la satisfaction des propriétés 1 et 2. de façon efficace. Cette contrainte ne fait aucune hypothèse sur le sous-ensemble de relations d'Allen passé en paramètre. Un algorithme de propagation en temps linéaire en  $O(n + m)$ , permettant de limiter l'espace de recherche d'une solution par inférence, a été proposé et développé dans le solver Choco [5]. Notre approche permet notamment de modéliser simplement, via la programmation par contraintes, les combinaisons de relations d'Allen utiles pour la génération de résumés vidéo de matchs de tennis. Des expérimentations numériques montrent que notre approche est, d'un point de vue résolution, tout à fait compétitive avec les approches dédiées de l'état de l'art. Son avantage principal est d'éviter le développement d'un algorithme spécifique à chaque combinaison de relations à considérer pour satisfaire des critères de génération du résumé ; ces critères sont variables, car dépendants du contexte et des besoins de l'utilisateur. La première partie de ces travaux a été publiée à CP15 [4].

## Références

- [1] James F. Allen. Maintaining knowledge about temporal intervals. *Commun. ACM*, 26(11) :832–843, 1983.
- [2] Haykel Boukadida, Sid-Ahmed Berrani, and Patrick Gros. A novel modeling for video summarization using constraint satisfaction programming. In George Bebis, Richard Boyle, Bahram Parvin, Darko Koracin, Ryan McMahan, Jason Jerald, Hui Zhang, Steven M. Drucker, Chandra Kambhamettu, Maha El Choubassi, Zhigang Deng, and Mark Carlson, editors, *Advances in Visual Computing - 10th International Symposium, ISVC 2014, Las Vegas, NV, USA, December 8-10, 2014, Proceedings, Part II*, volume 8888 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 208–219. Springer, 2014.
- [3] Philip Bramsen, Pawan Deshp, Yoong Keok Lee, and Regina Barzilay. Finding temporal order in discharge summaries. pages 81–85, 2006.
- [4] Alban Derrien, Jean-Guillaume Fages, Thierry Petit, and Charles Prud'homme. A global constraint for a tractable class of temporal optimization problems. pages 105–120, 2015.
- [5] Charles Prud'homme, Jean-Guillaume Fages, and Xavier Lorca. *Choco3 Documentation*. <http://www.choco-solver.org>. TASC, INRIA Rennes, LINA CNRS UMR 6241, COSLING S.A.S., 2014.
- [6] Li Zhou and George Hripcsak. Methodological review : Temporal reasoning with medical data-a review with emphasis on medical natural language processing. *J. of Biomedical Informatics*, 40(2) :183–202, April 2007.