
Modélisation de connaissances temporelles en archéologie

Tiphaine Accary^{*,**} — Aurélien Bénel^{*,**} — Sylvie Calabretto^{*}

^{*} LIRIS - LISI, INSA de Lyon

bât Blaise Pascal

20, avenue Albert Einstein,

69621 Villeurbanne Cedex

^{**} Ecole française d'Athènes (EFA)

(Etablissement public de recherche en Archéologie)

6 rue Didodou

106 80 Athènes

{tiphaine.accary, aurelien.benel, sylvie.calabretto}@lisi.insa-lyon.fr

RÉSUMÉ. Bien que l'étude de la modélisation des connaissances temporelles soit une préoccupation très présente en Intelligence Artificielle, nous ne connaissons aucun modèle permettant de répondre aux besoins de mise en forme de données temporelles exprimés par la communauté archéologique. Dans cet article, nous proposons un modèle de représentation du temps archéologique fondé sur les relations de Allen et permettant la détection interactive des incohérences, ainsi que deux modèles permettant la conversion du temps archéologique en relations de Allen. Ces modèles offrent aux chercheurs la possibilité de synthétiser leurs données, sans s'écarter de leur pratique courante. Nous présentons enfin deux cas d'étude réalisés avec notre prototype afin de valider l'approche proposée.

ABSTRACT. Temporal modeling is a very alive topic in the recent Artificial Intelligence literature. However, as far as we know, there exists no model applied to the archeological field. In this paper, we propose an archaeological time-representation model which relies on Allen's relations and enables interactive inconsistencies correction and we also propose two models allowing to convert archaeological time expressions into Allen's relations. These models offer to researchers the way to make data synthesis without having to change their current practice. In order to test the proposed approach, we also present two case studies done with our prototype.

MOTS-CLÉS : IA, modélisation de données temporelles, archéologie, bibliothèque numérique.

KEYWORDS: AI, time modeling, archaeology, digital library.

1. Introduction

Impliqués dans des projets de bibliothèques numériques pour l'archéologie, nous nous sommes aperçu que, si le document restera sans doute l'unique support valide des connaissances du domaine [BEN 01], certaines parties de ces documents font cependant l'objet d'une telle « mise en forme » qu'il ne serait pas illusoire de proposer des outils formels pour leur gestion. En archéologie, cette mise en forme s'établit suivant trois dimensions : les artefacts, l'espace et le temps.

Nous reprenons ici le dossier de la modélisation du temps archéologique, pratiquement délaissé depuis trente ans [KIN 72]. Cet article présente le résumé de nos recherches d'un modèle de manipulation et de visualisation du temps archéologique, nos contributions en terme de noyau de calcul et de langages d'interaction homme-machine et enfin deux études de cas réalisées à l'aide d'un prototype implémentant notre modèle¹.

2. Contexte

2.1. *Le temps archéologique*

Il apparaît que le chercheur en archéologie manipule le temps à deux moments clefs : sur le terrain (expérimentation) ainsi que dans ses pratiques d'érudition (hypothèses). Cette manipulation est toujours liée à un travail documentaire d'écriture et de lecture. Les connaissances temporelles de l'archéologue prendront respectivement la forme de diagramme stratigraphique dans le cas de l'analyse d'un site, ou de frise chronologique dans le cas d'une synthèse.

Le diagramme stratigraphique permet d'ordonner temporellement les différentes couches d'un site et de faire apparaître les phases de construction, de remblaiement, d'occupation et de démolition. De plus, chaque objet datable dans une couche, livrera pour celle-ci un *terminus post quem*² duquel on pourra inférer des informations temporelles pour l'ensemble du site. La frise chronologique, quant à elle, permet à l'archéologue de faire une synthèse graphique de ses résultats et de ceux de ses collègues afin de proposer certaines hypothèses pour une région ou une période plus étendue.

2.2. *Modélisation de connaissances temporelles*

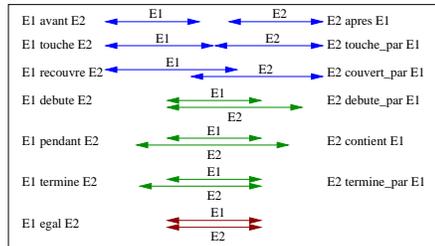
Le modèle temporel dont nous avons besoin pour l'archéologie doit être basé sur les critères suivants : une chronologie relative, des intervalles (et non des instants), en autorisant cependant quelques repères absolus (avec marge d'erreur). De l'étude comparative des modèles de représentation du temps utilisés en modélisation de connaissances [EUZ 97, HAT 91, VIL 86], il apparaît que le modèle de Allen satisfait aux

1. Les travaux présentés ici font suite à des expérimentations entamées en collaboration avec Nicolas Gorse [GOR 03].
2. La fin d'occupation de la couche est postérieure au premier usage attesté de ce type d'objet.

deux premiers critères et qu'il est possible avec lui de simuler la troisième contrainte en introduisant des intervalles d'un type particulier.

2.3. *Modèle de Allen*

Le modèle se présente sous la forme d'un graphe complet où les arcs expriment des relations et les noeuds des intervalles [ALL 91].



A titre de rappel, ce modèle définit les treize relations exhaustives et exclusives possibles entre deux intervalles. Il distingue des relations de connexité (avant, touche, recouvre), d'inclusion (debute, pendant, termine), de simultanéité (egal) et leurs inverses.

Dans le modèle de Allen, en absence de toute relation, chaque couple d'intervalles est associé à la disjonction des treize relations possibles. Notons que ceci signifie que le nombre de relations possibles entre deux intervalles est de 2^{13} soit 8192. L'expression de ces disjonctions nous permet alors d'exprimer des informations temporelles incomplètes qui se préciseront au fur et à mesure de l'ajout de contraintes.

3. Définition d'un modèle propre au domaine archéologique

3.1. *Aide à la correction des incohérences*

Lors de l'ajout d'une contrainte, on va appliquer aux relations connues un algorithme de fermeture transitive puis faire l'intersection de ce résultat avec les relations possibles déjà connues. Si on a plus aucune relation sur l'arc, on en déduit l'inconsistance de la situation. On peut ainsi aider le chercheur à identifier les cas où des données expérimentales vont réfuter ses hypothèse. Quand le système est sur-contraint, on propose à l'utilisateur la liste des relations conduisant à la contradiction. A sa charge ensuite d'identifier le problème et de corriger ses hypothèses en conséquence.

3.2. *Modèles pour l'interaction avec les utilisateurs du domaine archéologique*

Le modèle apparaît comme un puissant outil dans les mains de l'archéologue à condition de disposer de "langages" ressortant de la pratique archéologique. Ces langages, externes au noyau, sont utilisés pour l'interaction chercheur-machine. Nous avons donc formalisé l'ensemble des relations visuelles observées sur les chronologies (Tableau 1) et défini (de manière non exhaustive) les relations stratigraphiques utilisées (Tableau 2). Les primitives de ces deux "langages" ont ensuite été décomposées en relations de Allen.

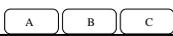
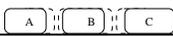
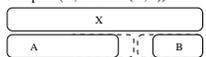
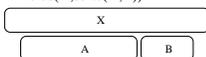
| Situation | Expression en langage de Allen |
|--|--|
| Suite(A,B,C,...)  | Suite ([A,B L]) :- Touche(A,B), Suite([B L]). |
| Suivance(A,B,C,...)  | Suivance ([A,B L]) :- Touche(A,B) ou Avant(A,B), Suivance([B L]). |
| Meme-période(A,B,...)  | Meme-période ([A,B L]) :- Egal(A,B), Meme-période([B L]). |
| Meme-début(A,B,...)  | Meme-début ([A,B L]) :- Debute(A,B) ou Debute(B,A) ou Egal(A,B), Meme-début([B L]). |
| Meme-fin(A,B,...)  | Meme-fin ([A,B L]) :- Termine(A,B) ou Termine(B,A) ou Egal(A,B), Meme-fin([B L]). |
| Compose(X,suivance(A,B))  | Compose (X,Suivance([A,B L])) :- Debute(A,X), Suivance([A,B]), Compose2(X,Suivance([B L])). Compose2 (X,Suivance([A,B L])) :- Suivance([A,B]), Compose2(X,Suivance([B L])). Compose2 (X,Suivance(Y)) :- Termine(Y,X). |
| Inclus(X,suite(A,B))  | Inclus (X,Suite([A,B L])) :- Contient(X,A), Suite([A,B]), Inclus(X,Suite([B L])). Inclus (X,Suite(Y)) :- Contient(X,Y). |
| Chevauche(X,Suite(A,B))  | Chevauche (X,Suite([A,B L])) :- Suite([A,B]), Contient(X,A) ou Termine(A,X) ou Recouvre(X,A), Chevauche(X,Suite([B L])). Chevauche (X,Suite(Y)) :- Recouvre(X,Y) ou Touche(X,Y) ou Avant(X,Y). |
| Limite-floue(A,B,x,y)  | Limite-floue (A,B,x,y) :- Touche(A,B), Touche(x,C), Touche(C,y), Debute(C,B) ou Recouvre(C,B) ou Touche(C,B). |

Tableau 1. “Langage” dédié aux chronologies

| “Vocabulaire” descriptif | Expression en langage de Allen |
|------------------------------|--|
| A sous B | avant(A, B) OU touche(A, B) |
| A même niveau que B | recouvre(A, B) OU recouvre(B, A) OU egal(A, B) |
| A remblais de B | apres(A, B) |
| A tranchée de fondation de B | avant(A, B) |

Tableau 2. Extrait du “langage” dédié aux stratigraphies

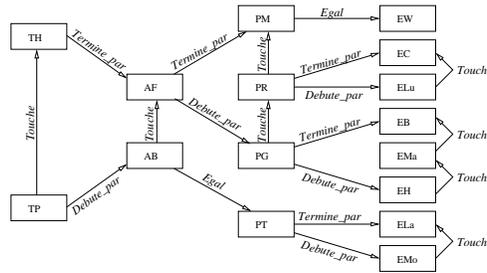
4. Etudes de cas

4.1. Chronologie de la préhistoire

Pour montrer l'intérêt de nos prédicats archéologiques, nous allons les utiliser pour décrire une chronologie. Pour plus de lisibilité, un identifiant (initiales du nom de l'événement) a été attribué à chaque événement (*AF* = Age de Fer).

| | | | |
|-------------------|--------|-----------------------|---|
| Temps Historiques | Age | Période Mérovingienne | Epoque Wabénienne |
| | | Période Romaine | Epoque Champdolienne Epoque Lugdunienne |
| | du Fer | Période Galatienne | Epoque Beuvraysienne Epoque Marnienne Epoque Hallstaltienne |
| | | Age du Bronze | Période Tsiganienne |

Chronologie des Epoques de la Préhistoire selon G. de Mortillet



Décomposition optimisée de la chronologie en relations de Allen

Cette représentation visuelle (chronologie tabulaire) s’exprime dans notre langage par trois prédicats composés (réductibles à un seul) :

- $compose(AF, suite(compose(PG, suite(EH, EMa, EB)), compose(PR, suite(ELu, EC)), meme-periode(PM, EW)))$
- $meme-periode(AB, compose(PT, suite(EMo, ELa)))$
- $compose(suite(TP, TH), suite(AB, AF))$

4.2. Diagrammes stratigraphiques

La détection d’incohérences dans le domaine stratigraphique est particulièrement intéressante puisqu’elle permet de faire apparaître des actions naturelles ou anthropiques³ non décelées. Nous allons décrire un exemple de ce type, fondé sur la description d’une coupe simple (Figure 1).

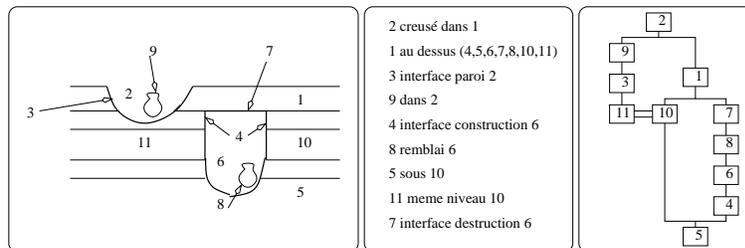


Figure 1. Coupe stratigraphique, description et diagramme obtenu

Supposons que le chercheur connaisse maintenant la datation absolue des vases et que cette datation prouve que le vase 8 est le plus récent. Lorsque l’on va entrer

3. Relatives à l’activité humaine.

ces nouvelles données dans le système, celui-ci va détecter une incohérence car les observations avaient laissé déduire le contraire. On va ainsi pouvoir mettre en évidence une erreur soit de datation, soit d'interprétation de la coupe.

5. Perspectives

Un atout supplémentaire du système des relations de Allen est son adaptation possible au cadre des relations topologiques en les dérivant dans un espace multi-dimensionnel (par exemple en définissant des relations de positionnement – dessus, dessous, devant, est, ouest). Notre premier prototype [ACC 02], dédié à la modélisation des données temporelles a donc été conçu de manière à accueillir plus tard des éléments de modélisation spatiale. Nous nous proposons dans des travaux futurs, d'adapter notre système à la modélisation de l'espace, permettant ainsi, par exemple, la mise en œuvre d'un assistant à la modélisation des plans et coupes archéologiques.

Remerciements

Nous tenons à remercier l'Ecole Française d'Athènes et en particulier Andréa Iacovella pour leur collaboration aux recherches interdisciplinaires menées depuis 1999.

6. Bibliographie

- [ACC 02] ACCARY T., « Instrumenter le travail des archéologues : la modélisation du temps », Mémoire de DEA en Informatique, UCB Lyon1, 2002, <<http://lisi.insa-lyon.fr/~taccary>>.
- [ALL 91] ALLEN J. F., « Time and Time Again : The Many Ways to Represent Time », *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 6, n° 4, 1991, p. 341-355.
- [BEN 01] BENEL A., EGYED-ZSIGMOND E., PRIE Y., CALABRETTO S., MILLE A., IACOVELLA A., PINON J.-M., « Truth in the Digital Library : from Ontological to Hermeneutical Systems », *Proceedings of the fifth European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries [ECDL], LNCS #2163*, Springer Verlag, 2001, p. 366-377.
- [EUZ 97] EUZENAT J., BESSIÈRE C. et al., « Dossier Raisonnement Temporel et spatial », *Bulletin de l'Association Française pour l'Intelligence Artificielle*, vol. 29, 1997, p. 3-13.
- [GOR 03] GORSE N., « Détection d'incohérences dans des spécifications formelles : Application à la modélisation spatiale et temporelle en archéologie », *Actes de la table-ronde interdisciplinaire "Sémantique et Archéologie"*, BCH suppléments, EFA Athènes, janvier 2003, A paraître.
- [HAT 91] HATON J.-P., BOUZID N., CHARPILLET F. et al., *Le Raisonnement en Intelligence Artificielle : Modèles, techniques et architectures pour les systèmes à bases de connaissances*, Inter Edition, 1991.
- [KIN 72] KING J. L., MOLL R. G., « Set Theory Models : an Approach to taxonomic and locational relationships », *Models in Archaeology*, 1972.
- [VIL 86] VILAIN M., KAUTZ H., « Constraint Propagation Algorithms for Temporal Reasoning », *Proceedings of the National Conference of the American Association for Artificial Intelligence (AAAI-86)*, 1986.