

MODELES POUR DES OUTILS D'AIDE A LA CONCEPTION

Responsable : J.C. Bignon

Equipe : D. Léonard, O. Malcurat, V. Marchal, Y. Sahnouni

MODELES POUR LA SIMULATION DU CYCLE DE CONCEPTION TECHNIQUE (ARTEC, ARTICLE)

Equipe : J.C. Bignon, M. Bouattour , D. Léonard, Y. Sahnouni.

Contexte de la recherche

C'est dans les champs particuliers de la conception technique et de l'ingénierie, vus à la fois comme domaines de connaissances propres et comme domaines d'application pour les outils et méthodes de l'informatique, que se positionne notre réflexion.

Le bâtiment est caractérisé par une forte segmentation des activités entre les différents acteurs, et produit un fractionnement dans la conduite du processus de conception-réalisation, souvent dans la phase de conception technique de l'ouvrage.

La rupture entre le travail de conception et le travail de réalisation, due principalement au découpage normatif du projet en France (missions d'ingénierie), est identifiée aujourd'hui par tous les partenaires du bâtiment comme la cause de dysfonctionnements qui surviennent lors de la construction d'un ouvrage (problèmes de chantier, solutions inadaptées, etc.), du fait que l'anticipation des contraintes de construction a rarement lieu pendant les phases de conception.

Cette rupture se traduit également dans les outils informatiques utilisés par les concepteurs, qui ne transmettent pas d'informations décrivant les choix techniques sur les objets du projet, même à un niveau de dispositions techniques générales. Ce qui conduit les acteurs en aval du processus (ingénieurs, entreprises de réalisation) à enrichir l'information avant de la traiter, pour qu'elle corresponde au niveau de définition technique requis par les outils qu'ils utilisent.

Résultats

Nous avons défini différents modèles conceptuels, support au développement d'outils informatiques, permettant de réaliser la phase de traduction-interprétation des données. Cette étape permet d'assurer la continuité dans le processus de conception technique. Le modèle est basé sur l'hypothèse que le processus de conception est un processus de sémantisation technique progressive des données, qui peut être indépendant des acteurs qui traitent l'information et des missions normatives qui ponctuent le projet.

Nous proposons un découpage théorique du processus en trois niveaux de conception, qui se situent entre le domaine de la définition formelle et fonctionnelle des ouvrages et celui de leur construction. Le niveau volumique correspond à la phase de conception du schéma spatial et fonctionnel du projet. Le niveau logique correspond à une première prise en compte de la technologie de construction et permet d'éviter la phase intermédiaire de ressaisie et d'adaptation. Enfin, le niveau d'élémentisation correspond à la phase de décomposition d'un

ouvrage en matériaux de construction, en appliquant les règles de mise en œuvre. Cette phase prend fin avec la préparation des documents d'exécution.

Ce modèle conceptuel a permis d'abstraire et de formaliser un savoir dans le domaine de la conception technique, plus particulièrement dans le champ de la mise en œuvre, à partir de l'analyse de pratiques spécifiques du domaine dans diverses technologies de construction. L'analyse pragmatique a permis d'identifier des caractéristiques générales et invariantes, communes à toutes les pratiques.

Cette abstraction permet d'envisager raisonnablement la formalisation de méthodes de conception technique, indépendamment de technologie spécifique. En effet, au-delà de la définition d'un lexique des objets utilisés et de leur structure, on peut définir une sémantique du domaine en proposant et en définissant des opérations de base sur les objets. Ces opérations sont validées sur les composants du bâtiment (murs, planchers, ouvertures, poteaux, poutres) et dans les différentes technologies (blocs de ciment apparent, ossature légère bois, poteaux-poutres en bois et en acier).

Le modèle *arTec* est validé par la réalisation d'un prototype informatique, dans lequel nous avons pu simuler quelques filières technologiques. Les résultats pratiques de l'expérimentation montrent par ailleurs qu'on peut définir une continuité dans l'évolution de l'information, pour répondre aux logiques de métier propres à chaque acteur, qui dispose ensuite d'opérations spécifiques pour enrichir cette information.

Ces expérimentations montrent en particulier la pertinence du niveau logique pour la continuité théorique du processus de conception. Nous avons pu le tester aussi bien dans un cas simulé (poteaux-poutres en bois) que dans un cas concret d'échange avec une entreprise (ossature bois). Malgré les discontinuités du processus résultant du découpage normatif, ce niveau établit du point de vue des données le lien entre la définition fonctionnelle et la définition technique pour l'exécution.

Le niveau logique constitue une phase de conception, dans laquelle l'adaptation des données aux contraintes et règles d'une technologie s'effectue par la mise en place d'une logique de construction. Cette logique est au stade de principes généraux, mais offre un premier niveau de faisabilité technique de l'ouvrage. Enfin, le niveau logique permet de montrer que l'anticipation peut être redéfinie plus en amont dans le processus de conception, en intégrant des données relevant de la réalisation, afin d'éviter que les problèmes n'apparaissent en aval.

Réflexions actuelles

Le modèle *arTec* est spécifique au domaine de la conception technique pour la réalisation et général aux technologies utilisées. Nous avons tenu à spécifier le domaine dans sa globalité, en nous intéressant à la fois à la structuration statique des données et à la modélisation dynamique du processus. Nous avons eu par ailleurs comme souci de structurer les données en coordination avec les divers travaux de normalisation, du point de vue statique de l'organisation des objets et de leurs propriétés.

Nos réflexions actuelles s'orientent vers la modélisation des pratiques d'échanges entre les acteurs. Cette direction de travail nous amènent à porter notre attention moins sur le processus de fabrication de l'information ou sur le processus d'échange lui-même et plus sur la nature des informations échangées.

SURF : UN OUTIL GÉNÉRIQUE DE CALEPINAGE SURFACIQUE

Equipe : J.C. Bignon, D. Léonard, V. Marchal

Contexte de la recherche

Le terme de calepinage renvoie à des pratiques nombreuses et historiquement persistantes dans le domaine bâti. Carreleurs, maçons, menuisiers, plaquistes, couvreurs,...font largement appel au concept de calepin pour exprimer les pratiques d'assemblage auxquels ils sont confrontés dans leurs métiers. Aujourd'hui, le terme de calepin, s'il continue à désigner un support de notes en général, est cependant largement synonyme de celui d'appareil au sens d'assemblage et plus généralement encore de composition et est l'expression de savoir-faire qui, par définition même, sont peu formalisés. Il nous est donc apparu pertinent de chercher dans les gestes et les empirismes des concepts et de participer à la construction d'un savoir transmissible, partageable et instrumentable.

Les concepts

Nous avons conduit un travail d'analyse de différents métiers en nous appuyant sur un corpus de pratiques comme celles du pavage (de sol), de la toiture par petits éléments (tuiles, ardoises, ?), de la maçonnerie appareillée (blocs, briques ?), des faux plafonds (plafonds suspendus modulaires) et du carrelage. A partir de ce corpus nous avons pu identifier sept concepts génériques comme la notion d'*ouvrage*, celles de *produit* et de *joint*, celle de *frontière* appelée aussi limite, celle de *motif*, celle de *zone*, et enfin, celle d'*axe de composition*.

Outils et Algorithmes

Le travail de recherche s'est ensuite poursuivi en parallèle dans deux directions, d'une part celle de la formulation d'algorithmes de remplissage d'une zone à partir d'un motif et celle de la définition des fonctionnalités d'un outil de calepinage d'autre part.

Les algorithmes que nous avons proposés sont inspirés de ceux qui existent dans le domaine de l'infographie à la différence notable que nous manipulons ici des représentations de produits et non des pixels.

La nature des problèmes posés par la conception d'ouvrages composés nous a conduit à faire appel au concept de « Mind's eyes » en ce qui concerne l'interface de l'outil. Un outil d'assistance à la conception de calepin se devait d'être largement graphique.

Le prototype que nous avons développé est un applicatif intégrable à la plate forme d'*Autocad 2000*, environnement de DAO-CAO largement diffusé dans le monde du bâtiment. Il comporte cinq grandes fonctions :

- gestion d'une base de données des produits et des affaires;
- saisie interactive du modèle de l'ouvrage à calepiner et des différentes zones qui le composent;

- construction du calepinage (définition des motifs, des règles de composition, des origines);
- adaptation du calepinage (insertion d'accessoires ou de produits particuliers dans une zone, permutation de produits, ?);
- édition des états de sorties pour communiquer les données (plans cotés, nomenclatures, bordereaux quantitatifs, fichiers numériques pour réalisation d'images de synthèse, ?).

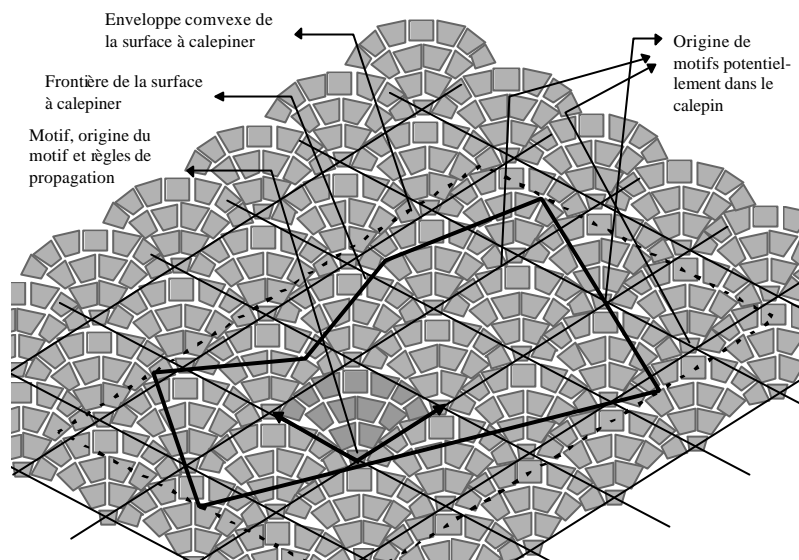


Figure 1 : Motif, Règles de propagation, enveloppe convexe et sur-ensemble de motifs
Algorithmes par balayage linéaire

Résultats obtenus et expérimentations

L'outil a été expérimenté en partenariat avec des architectes, des industriels et des entreprises dans plusieurs domaines différents où il a montré son opérationnalité. C'est ainsi que nous avons réalisé les calepins d'un parvis urbain, ceux de murs en briques et de faux plafonds d'un restaurant (avec insertion d'éléments accessoires comme les luminaires, les extracteurs d'air, ?) et de couvertures en ardoises artificielles.

Les fonctions proposées et les algorithmes développés sont apparus suffisamment génériques et efficaces pour pouvoir répondre aux besoins courants des différents domaines. Les expérimentations ont montré également l'intérêt heuristique de l'outil dans la recherche rapide de solutions tant d'un point de vue économique qu'esthétique. Par un paramétrage rapide (surface englobante des motifs) l'utilisateur peut simuler rapidement plusieurs hypothèses de calepinage.

Pour des raisons de facilité d'utilisation et compte tenu des besoins dominants des utilisateurs, nous avons restreint notre outil au domaine du calepinage de surface planes. Cette situation nous prive de répondre à des cas limités (professionnellement) mais intéressants (scientifiquement) comme le calepinage de surfaces gauches fondé sur des joints non

constants et le gironage de surfaces coniques fondé sur des modifications proportionnelles des coupes de produits. Nous avons cependant encadré des travaux d'étudiants de maîtrise d'architecture qui ont travaillé sur ces cas spécifiques.

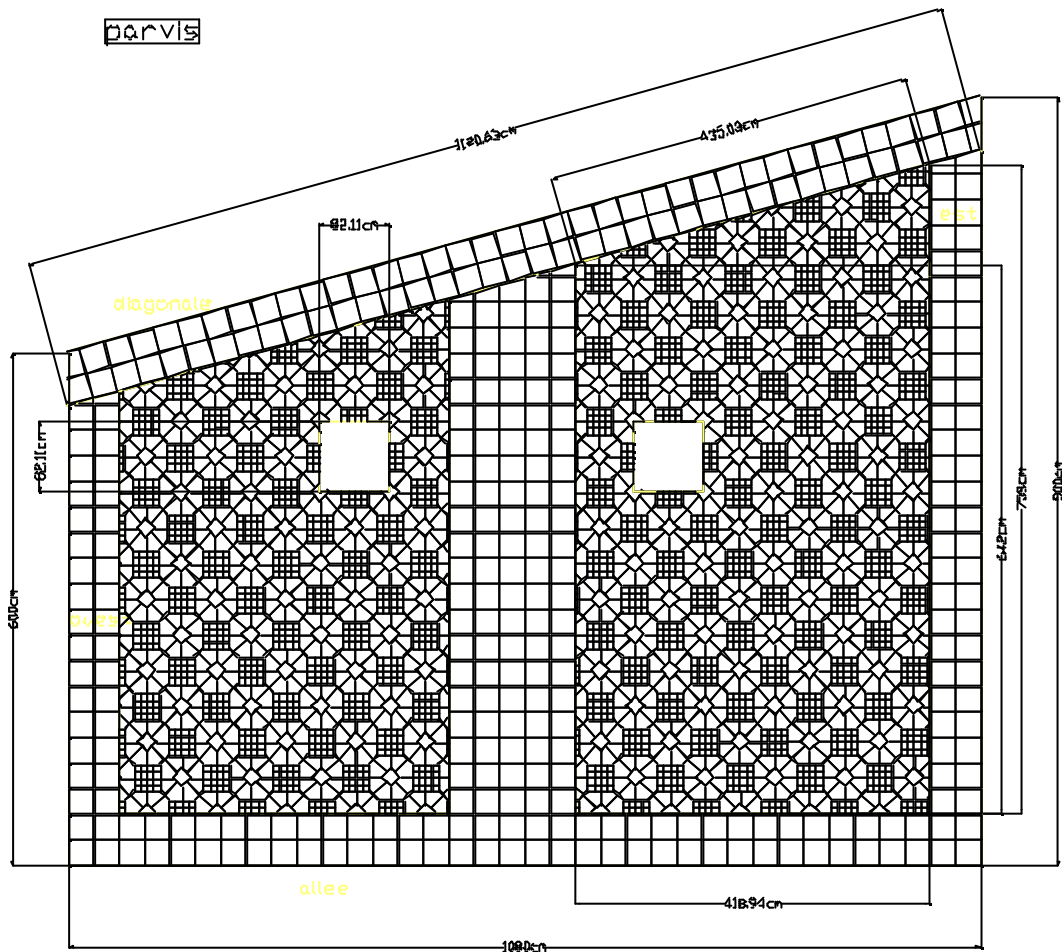


Figure 2: Calepinage d'un parvis urbain

Transfert de technologie

Après une étude de marché menée en collaboration avec la société *Promotech* et la validation du prototype en milieu industriel, les licences d'utilisation du logiciel sont aujourd'hui l'objet d'un contrat de cessation de licence conclu avec la société *Axiom*, société sélectionnée par *Promotech* pour promouvoir et diffuser *Surf*.

LA TRAME COMME SUPPORT A UN MODELE DE CONCEPTION ARCHITECTURALE

Equipe : J.C. Bignon, O. Hermann , D. Léonard, O. Malcurat

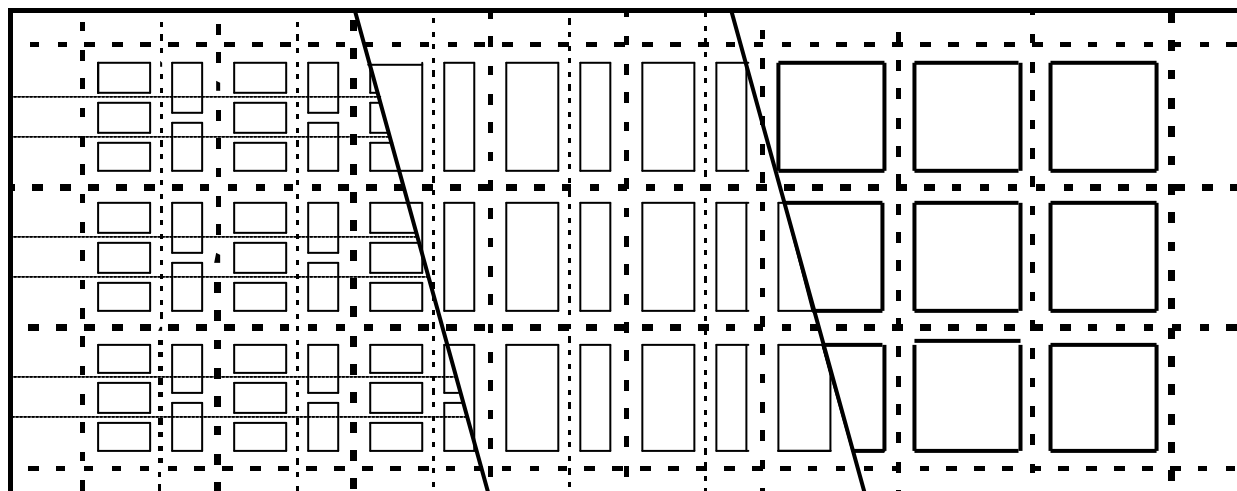
Contexte de la recherche

Le rythme est la trace première d'une intelligence créatrice. Il s'accomplit en architecture au travers de la notion de trame. La trame serait alors une mise en forme du rythme se découvrant à nos yeux par une disposition caractéristique des objets architecturaux, aussi bien les ouvrages que les espaces.

La trame se trouve être le support d'éléments de toutes dimensions, déclinée à toutes les tailles imaginables, depuis la plus modeste mosaïque de carreaux jusqu'au tracé urbain le plus gigantesque. Il est entendu que bien que nous réservions cette étude au domaine de l'architecture, nous n'en limiterons pas la portée à son seul champ constructif (trame porteuse).

Tous les architectes n'emploient pas de trames. Encore faut-il savoir ce que l'architecte désigne derrière ce mot. Certains assurent que la trame de 5,80m largement utilisée dans les logements collectifs n'est en pas une véritablement parce qu'elle est trop déterminée, d'autres qu'un pavement n'en est pas une non plus parce qu'il n'a pas de rôle structurel... Autant de manières de voir que d'architectes.

La présence continue de la trame, entendue cette fois dans le sens d'un outil de conception parmi la panoplie du concepteur démontre toute l'attention dont nous devrions l'entourer. Curieusement, alors que les logiciels informatiques destinés aux architectes se développent et s'enrichissent, cette notion continue à être laissée de côté. Les grilles magnétiques, presque toujours présentes dans de tels logiciels, ne leur sont qu'un palliatif bien insuffisant. Incapables de prendre les formes parfois complexes et irrégulières des trames, elles n'interagissent que faiblement avec les objets qu'elles supportent. La trame n'est pas considérée en tant qu'objet, elle n'existe que dans la tête du concepteur.



Résultats

Il nous a fallu dépasser ces définitions particulières, et chercher ce qui les rapproche pour aboutir à un modèle générique de trame. La généralité de ce modèle ne prétend cependant pas à l'universalité. S'il permet de rendre compte d'un grand nombre de travaux d'architecture, et par là même être un précieux support pour la conception d'un grand nombre d'ouvrages, les règles que nous proposons n'auront que peu d'intérêt pour donner de la mesure à certains ouvrages.

A partir d'un corpus constitué de documents (articles des revues, livres, interviews, plans géométriques) une grammaire de trames a pu être établie qui permet de rendre compte de bons nombres d'ouvrages. Cette grammaire s'appuie sur un nombre restreint d'opérations de composition de trames que sont la séquence, la répétition, la particularisation, la symétrie et la superposition. Ainsi, nous avons établi qu'une trame pouvait être représentée par un graphe acyclique orienté.

En donnant de la mesure à la trame, c'est à dire en qualifiant certaines valeurs (égalité, contrainte numérique, contrainte de type) nous avons établi que le problème pouvait se ramener à un problème de résolution numérique. Cela nous a amené à qualifier certaines trames de trames réalisables lorsque leur valeurs satisfaisaient les contraintes de mesures. C'est alors posée la question de la trame optimale. Nous considérons que cette notion d'optimalité, dans la phase de conception, n'est pas liée à la mesure mais au processus de conception lui-même. En partant d'une trame de départ considérée comme optimale, les trames suivantes obtenues par des modifications successives de la trame sont considérées comme optimales lorsqu'elles altèrent de manière minimale les valeurs de la trame précédente soit localement (on minimise le nombre de sous trames modifiées) soit globalement (on minimise l'écart type).

Perspective

Nous avons réalisé une maquette d'un outil informatique s'appuyant sur *Autocad* pour la partie graphique et le solveur d'*Excel* pour la partie résolution numérique. Pour pouvoir valider ce travail, il nous faut réaliser un prototype avec une interface beaucoup plus transparente pour l'utilisateur. Ce travail nous permettra de valider la fonction d'optimisation support au choix de la meilleure trame parmi les trames réalisables. Ce travail est actuellement mené par O. Hermann dans le cadre de son DEA.