

Rapport intermédiaire Stage: Analyse des contraintes spécifiques aux interfaces tangibles à l'IRIT

Introduction

Au cours du mois de mai, mes efforts ont été principalement axés sur l'étude de l'état de l'art et sur la conception de maquettes d'associant des interfaces tangibles et des problèmes de satisfaction de contraintes (CSP). Ensuite, au mois de juin (le travail actuel), mes travaux se sont orientés vers le développement de solveur destiné à résoudre les problèmes de configuration caractérisée par des contraintes conditionnelles (si...alors) ainsi que la gestion des préférences de l'utilisateur.

Ce document résume l'ensemble des travaux réalisés sous forme de note. Pour rappeler le contexte et la mission, je vous invite à consulter le document fourni précédemment (resume_stage.pdf).

Etat de l'art

Nous nous intéressons aux différents problèmes de classification des contraintes (CSP) et aux types de contraintes associés à chaque problème. D'autre part, nous explorons les interfaces utilisateur tangibles (TUI) : leurs définitions, leurs types, leurs usages et l'utilisation des interfaces utilisées au fil des années.

Problème de satisfaction de contraintes

Définition: L'idée des problèmes de satisfaction de contraintes, est d'exprimer un problème sous la forme d'un ensemble de variables et d'un ensemble de contraintes pesant sur ces variables. Un domaine de valeur fini et discret est associé à chaque variable. Une contrainte est définie par un sous-ensemble de l'ensemble des variables et une relation des domaines de valeurs de ces variables.

Exemple:

Problème de planification:

- BlockWorld : utilisation de contraintes conditionnelles (si...alors)
- Tour de Hanoi : même principe avec des zones prédéfini pour placer les objets

Problème d'affectation

- Sudoku : contraintes alldiff
- Coloration des graphes : contraintes alldiff

Problème d'ordonnancement

- Job shop scheduling: contrainte de précédence

Problème de configuration

- Configuration d'une voiture: contraintes conditionnelles ou arithmétique et gérer la préférence des utilisateurs (par exemple pas dépassé un certain coût)

Interface utilisateur tangible

Définition : Les interfaces tangibles ou les interfaces utilisateur tangibles (TUI) représentent un type de tables interactives. Contrairement aux tables à interface tactile, les tables à interfaces tangibles permettent uniquement des interactions avec des objets tangibles, c'est-à-dire des objets "palpables". Les interfaces tangibles peuvent être malléables ou rigides, et même les deux en même temps selon le souhait de l'utilisateur. L'utilité d'une TUI est de pouvoir tirer parti des multiples sens et de la multimodalité des interactions humaines avec le monde réel, contrairement aux interfaces graphiques.

il existe plusieurs types d'interfaces tangibles:

- Les interfaces discrètes en 2D, qui permettent une manipulation en 2 dimensions des objets tangibles ;
- Les interfaces continues déformables/transformables en 2.5D, qui permettent une manipulation en 3 dimensions des objets. Elles utilisent un système de plusieurs tiges (pins en anglais) qui peuvent monter ou descendre en fonction du besoin. L'ensemble des tiges peuvent former des emplacements pour placer des balles ou des boutons ;
- Les interfaces cinétiques incarnées et les ensembles d'outils tangibles cinétiques, qui reproduisent les mouvements qu'un utilisateur a réalisé sur un objet (la reproduction peut se faire sur le même objet ou sur un autre objet) ;
- Les interfaces antigravités, qui permettent la lévitation des objets et de leur déplacement libre dans un espace 3D.

Les différentes catégories d'interfaces tangibles se distinguent en deux types principaux :

- les interfaces statiques, où l'interface ne déplace pas l'objet et où seules les mains de l'utilisateur peuvent le faire;
- les interfaces cinétiques, où l'interface elle-même peut déplacer l'objet.

Malgré la diversité des types d'interfaces tangibles, elles doivent toutes respecter 4 propriétés fondamentales en ce qui concerne les représentations physiques (rep-p) selon le modèle-contrôle-représentation (physique et numérique) ou MCRpd :

- Les représentations physiques sont couplées computationnellement aux informations numériques (modèle). Cela signifie que les objets qui interagissent avec l'interface doivent être associés à des bits numériques. Les utilisateurs peuvent ainsi saisir et manipuler des bits numériques au travers d'objets physiques du quotidien. Pour faciliter leur utilisation, les objets peuvent représenter la valeur numérique ou l'utilité associée à ce bit ;
- Les représentations physiques incarnent des mécanismes de contrôle interactif. Bien que certains objets tangibles puissent être inertes physiquement et ne se déplacent que selon la manipulation directe par les mains de l'utilisateur, d'autres peuvent être activés physiquement par l'interface ;
- Les représentations physiques sont couplées perceptuellement aux représentations numériques activement médiatisées (rep-d). Cela signifie que les TUI reposent sur un équilibre entre les représentations physiques, jouant un rôle central et définissent la représentation et le contrôle des interfaces tangibles, et les représentations

numériques, fournissant une grande partie des informations dynamiques traitées par le système informatique ;

- L'état physique des objets tangibles doit incarner des aspects clés de l'état numérique d'un système.

L'utilisation d'objets permet une confirmation tactile de la manipulation (par la sensation de l'objet), une trace persistante de l'interaction (par le positionnement d'un objet) et une segmentation des commandes (début et fin de l'interaction marqués par la saisie et la dépose d'un objet) qui peuvent être spécialisées (un objet pour une fonctionnalité). De plus, ce système permet de multiplier les entrées dans l'espace (manipulation de plusieurs objets) plutôt que dans le temps (plusieurs clics successifs avec la souris) ; de supporter la manipulation à deux mains et de réduire la distance entre dispositifs d'entrée et objet de l'interaction.

À partir des tables interactives, quatre classes ou types d'utilisation peuvent être distingués :

- Les digitales desks, qui remplacent le bureau individuel traditionnel et qui intègrent différentes possibilités d'activités avec l'utilisation de médias ;
- Les workbenches, qui permettent aux utilisateurs d'interagir avec des médias numériques dans un environnement semi-immersif de réalité virtuelle ;
- Les drafting tables, qui sont la version numérique des tables traditionnelles utilisées par les dessinateurs ou concepteurs du milieu artistique ;
- Les tables collaboratives, qui soutiennent des activités, menées par de petits groupes, le plus souvent en conception ou en planification.

Avantage :

- Favorise le partage corporel de l'espace ;
- offre une visibilité constante des objets d'interaction ;
- permettent une manipulation haptique (représentation de l'environnement qui implique à la fois le sens tactile et la perception de son propre corps) directe
- donnent accès en parallèle aux objets de contrôle ;
- favorise la focalisation de l'utilisateur, la participation et la conscience collective
- meilleur mémoire spatiale et de travail ;
- actions épistémiques.

Permet 5 types de réflexion :

- réflexion par l'action : comment la pensée et l'action sont interconnectées pour l'apprentissage et le raisonnement ;
- performance : comment l'action physique peut être à la fois plus rapide et plus nuancée que la cognition symbolique ;
- visibilité : rôle des objets dans la collaboration et la coopération ;
- risque : comment l'incertitude et la vulnérabilité corporelle influencent la manière d'interagir entre les humains et les objets ;
- Densité de la pratique : pratique réelle est souvent plus complexe que la modélisation informatique.

Inconvénient :

- Difficulté à résoudre des problèmes trop complexes ;
- objets peuvent être perdus ou volés ;
- rigides et statiques ;
- très coûteuses ;

Exemple :

- MuseoTUI: interface 2D token+constraint pour configurer un groupe de personnes afin de leur planifier un itinéraire
- TinkerLamp : interface 2D vise à optimiser l'agencement d'étagères en fonction d'une taille que l'utilisateur peut configurer dynamiquement
- SenseBoard: interface 2D créer un emploi du temps
- tangiSense: V1: permet aux enfants d'associer les couleurs à des images en noir et blanc, V2: positionner des objets routiers dans une zone
- PICO: interface 2D cinétique pour l'agencement spatial d'objets tout en respectant des distances spécifiques
- InFORM: interface 2.5D pour la lecture de message vocal

Application des CSP dans une interfaces

Les CSP à appliquer doivent être :

- utile dans les industries
- aisément représentable via une interface
- Limiter le nombre de variables ou trouver une solution pour gérer ce nombre de variables

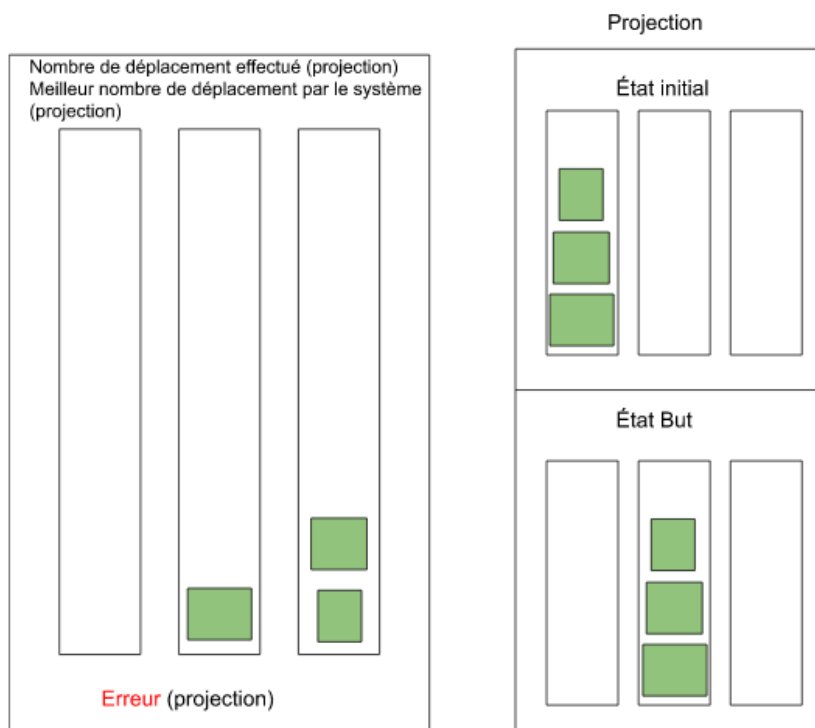
problème Tour de Hanoi

Token+Constraint

Token: les carrés verts

Constraint: les emplacements où mettre les carrés

Projection: nombre de déplacement effectué, nombre de déplacement minimal à faire pour trouver la solution, état initial, état but



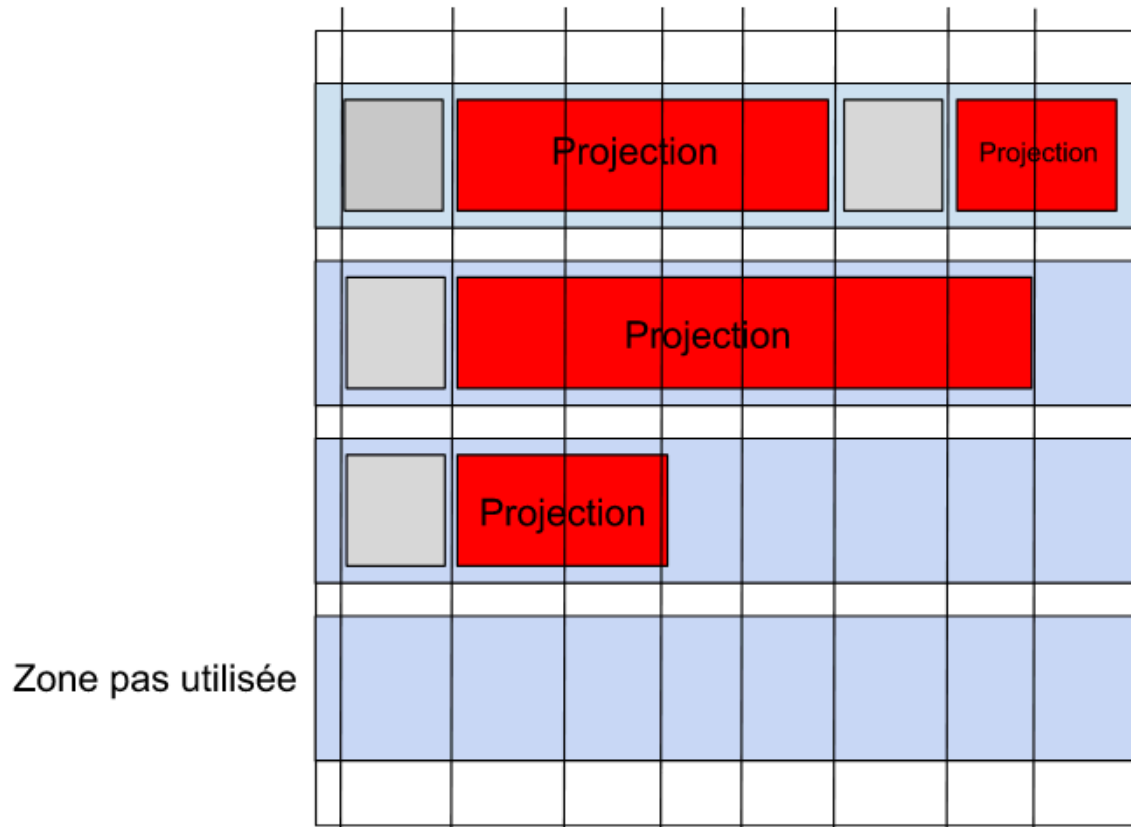
Problème d'ordonnancement

Token+Constraint

Objet : les carrés gris représentent les tâches

Contraint: les emplacements où mettre les carrés (rectangle bleu)

Projection: le temps d'exécution de la tâche (en rouge)

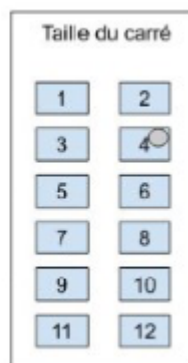
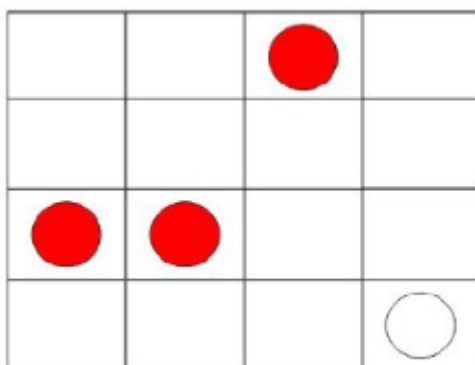


N-reines

Réalité augmentée

Objet : rond pour les reines (blanc et rouge) et un petit rond gris pour la configuration

Projection: la zone de configuration du carré, le carré, illumine les reines en rouge s'il y a une erreur











Sudoku

Token+Constraint

Objets: objets de différentes formes avec des numéros (rouge et en gris)

Constraint: emplacement de différentes formes pour accepter que les objets de la bonne forme

LED: en rouge sur l'emplacement où il y a des erreurs

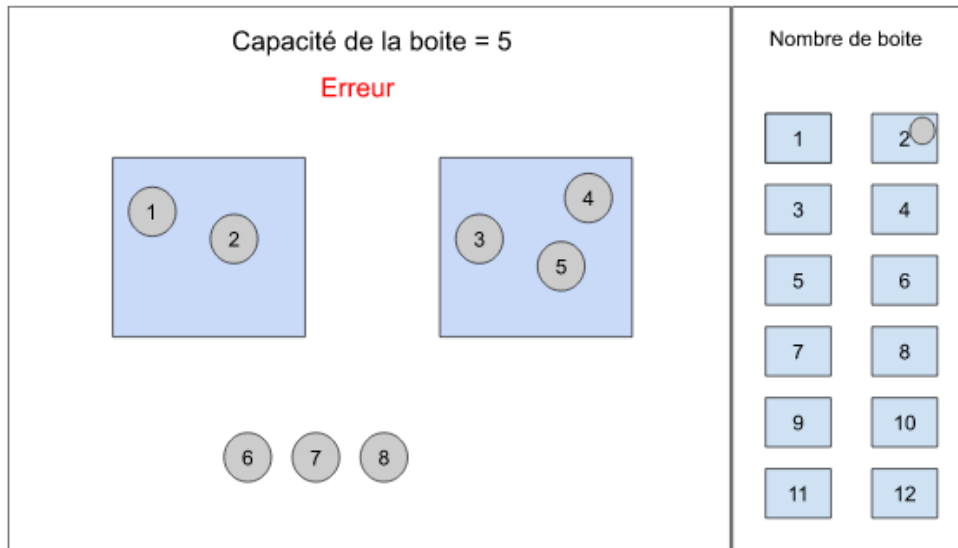
								
								
								
								
								

Déménageur:

Réalité augmentée

Objets : objets en gris avec des numéros représentant des objets avec leur poids et petit cercle pour la configuration

Projection: les différentes boîtes, la capacité de chaque boîte, message d'erreurs et la configuration pour le nombre de boîtes



Conclusion: 3 types de problèmes implémentable:

- Les problèmes d'affectation : comprenant des contraintes temporelles ou spatiales, telles que le problème des horaires des infirmières, le déménageur, l'ordonnancement des tâches ou encore le problème de n-reines
- Les problèmes de configuration: comportant des contraintes conditionnelles ainsi qu'une gestion des préférences de l'utilisateur, tels que le problème de configuration de groupe au musée mentionné précédemment ou encore configuration des voitures;
- Les problèmes de planification: impliquant des affectations séquentielles, tels que le voyageur de commerce ou la tour de Hanoi.

Instanciation des solveurs

Objectif: se concentrer sur les problèmes de configuration

Utilisation de OR-TOOLS

Problème de configuration de groupe au musée:

6 variables

cases gris sont les combinaisons pas compatibles

			L1									L2									L3								
			3-6 ans			7-12 ans			13-18 ans			Adulte																	
			débutant	avancé		débutant	avancé		débutant	avancé		débutant	avancé		débutant	avancé		débutant	avancé		débutant	avancé		débutant	avancé		débutant	avancé	
C1	C2	C3	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p	1p	2p	3-6p
Apprendre	Aucun	30min	p7	p7					p2	p2					p4	p4	p6				p9c	p9c	p9f		p10				
		1h	p8	p8					p1	p1					p3	p3	p5				p9a	p9b	p9e	p12	p12	p12			
		1h30																			p9	p9	p9d	p11	p11	p11			
	cognitif	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	auditif	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	visuel	30min																											
		1h																											
		1h30																											
S'amuser	Aucun	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	cognitif	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	auditif	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	visuel	30min																											
		1h																											
		1h30																											
Expérimenter	Aucun	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	cognitif	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	auditif	30min																											
		1h																											
		1h30																											
	visuel	30min																											
		1h																											
		1h30																											

258 combinaisons en 0.01 seconde

Problème d'ordinateur :

3 variables:

- 3 types de processeur P {1,2,3}
- 4 types de mémoire M {1,2,3,4}
- 3 types de disque dur D {1,2,3}

Contraintes:

- P=1 n'est pas compatible avec D=3;
- P doit être inférieur ou égal à M;
- si P=2 et M=2, alors D=2;
- le coût total doit être inférieur ou égal à un maximum spécifié.

Pour un coût maximal de 6 : 9 combinaisons en 0.003 seconde

Configuration d'une voiture:

Avec le benchmark de la Mégane, 99 variables pour 111 contraintes conditionnelles. Il est impossible d'exécuter le solveur avec les 99 variables. Mais avec seulement les 10 premières variables nous avons 756 000 combinaisons en 118 secondes.

Travail à faire:

- Comment l'utilisateur peut aider le solveur pour diminuer le temps d'exécution (recommandation des variables)
- Comment le solveur peut faire pour aider l'utilisateur à remplir les combinaisons (machine learning)