

Génération d'îlots compacts à l'aide de la théorie des jeux.

Quentin Meurisse

 UMONS

 Faculté
des Sciences

 COMOD

Le projet CoMod

- Projet ARC mené conjointement par la Faculté des Sciences et la Faculté d'Architecture et d'Urbanisme de l'UMONS.
- La notion au cœur de ce projet est la notion de *compacité urbaine*.
- Une étude précédente [Sme18] a identifié divers paramètres et critères de compacité à l'échelle de l'îlot urbain.
- Cependant, viser la compacité urbaine fait face à une conciliation difficile entre les différents paramètres quantitatifs et qualitatifs.

Le projet CoMod

- Projet ARC mené conjointement par la Faculté des Sciences et la Faculté d'Architecture et d'Urbanisme de l'UMONS.
- La notion au cœur de ce projet est la notion de *compacité urbaine*.
- Une étude précédente [Sme18] a identifié divers paramètres et critères de compacité à l'échelle de l'îlot urbain.
- Cependant, viser la compacité urbaine fait face à une conciliation difficile entre les différents paramètres quantitatifs et qualitatifs.

⇒ Utilisons les mathématiques et l'informatique pour nous simplifier la vie.

- Implémenter un outil générant des configurations d'îlots urbains satisfaisant au mieux un maximum de critères de compacité tout en gérant les problèmes d'arbitrages automatiquement.

Objectifs

- Implémenter un outil générant des configurations d'îlots urbains satisfaisant au mieux un maximum de critères de compacité tout en gérant les problèmes d'arbitrages automatiquement.
- Pour cela, nous utilisons divers modèles mathématiques, notamment des modèles se basant sur des notions de **théorie des jeux**.

La théorie des jeux en 2-3 mots

- Interactions entre entités ou systèmes vues comme des jeux entre plusieurs joueurs.
- Nombreuses applications : informatique, économie, biologie, politique ou encore l'urbanisme.

Un peu de vocabulaire [LCS16]

- Un ensemble de **joueurs** numérotés de 1 à n .
- Chaque joueur possède une ensemble de **stratégies**, d'actions qu'il peut choisir.
- Chaque joueur possède une **fonction de gains**, fonction dépendant de la stratégie qu'il a choisie ainsi que de celles choisies par les autres joueurs.
- L'objectif de chaque joueur est de maximiser ou de minimiser sa fonction de gain.
- Nous supposons que chaque joueur est **égoïste** et **rationnel**.

Un exemple

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

Équilibres de Nash

Intuitivement, imaginons que les joueurs puissent se concerter avant de jouer et se mettre d'accord sur la stratégie qu'ils vont adopter. Un **équilibre de Nash** (EN) est un accord qu'aucun des joueurs n'a intérêt à trahir au dernier moment.

Équilibres de Nash

Intuitivement, imaginons que les joueurs puissent se concerter avant de jouer et se mettre d'accord sur la stratégie qu'ils vont adopter. Un **équilibre de Nash** (EN) est un accord qu'aucun des joueurs n'a intérêt à trahir au dernier moment.

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

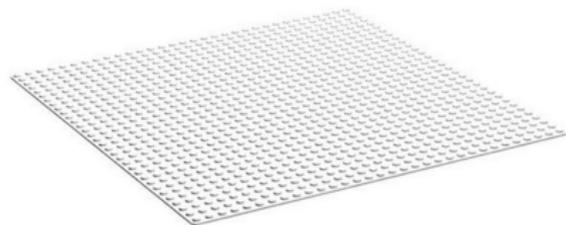
Gameplay itératif

Les joueurs font un premier choix de stratégie. Ils vont ensuite chacun leur tour changer leur stratégie afin d'améliorer leurs gains et ce de façon "myope" (sans anticipation).

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>A</i>	(3, 3)	(-5, 9)	(-3, 8)
<i>B</i>	(9, -5)	(2, 2)	(2, 6)
<i>C</i>	(6, 3)	(7, 7)	(5, 5)

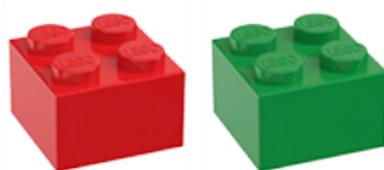
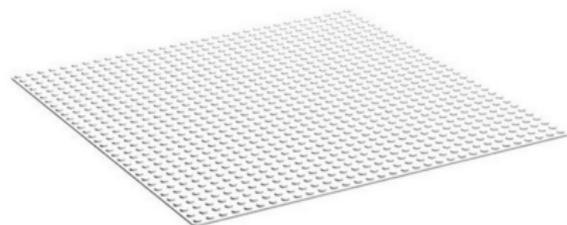
Modélisation de notre problème d'îlots compacts

- Imaginons que notre îlot urbain soit une grande plaque lego.



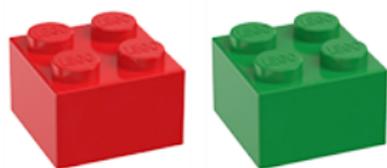
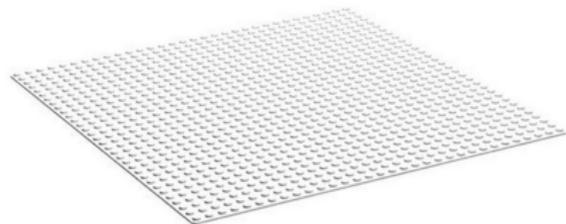
Modélisation de notre problème d'îlots compacts

- Imaginons que notre îlot urbain soit une grande plaque lego.
- Chaque joueur possède des petites briques lego de différentes couleurs.



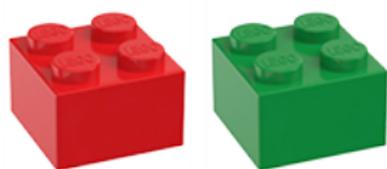
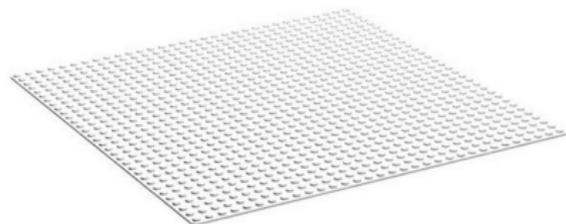
Modélisation de notre problème d'îlots compacts

- Imaginons que notre îlot urbain soit une grande plaque lego.
- Chaque joueur possède des petites briques lego de différentes couleurs.
- L'objectif de chaque joueur est de remplir la plaque de sorte à satisfaire son objectif.



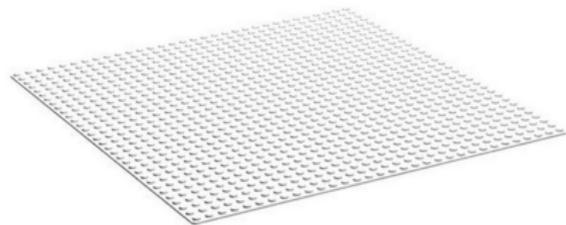
Modélisation de notre problème d'îlots compacts

- Imaginons que notre îlot urbain soit une grande plaque lego.
- Chaque joueur possède des petites briques lego de différentes couleurs.
- L'objectif de chaque joueur est de remplir la plaque de sorte à satisfaire son objectif.
- Chaque joueur peut avoir une façon qui lui est propre de remplir la plaque.



Modélisation de notre problème d'îlots compacts

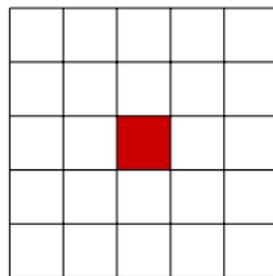
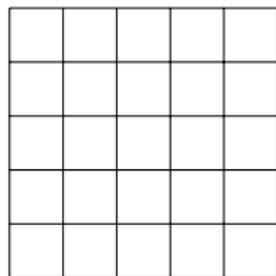
- Imaginons que notre îlot urbain soit une grande plaque lego.
- Chaque joueur possède des petites briques lego de différentes couleurs.
- L'objectif de chaque joueur est de remplir la plaque de sorte à satisfaire son objectif.
- Chaque joueur peut avoir une façon qui lui est propre de remplir la plaque.
- Chacun leur tour, les joueurs vont pouvoir ajouter une ou plusieurs briques sur la plaque afin d'augmenter leur gain.
- Le jeu s'arrête quand plus aucun des joueurs ne peut augmenter son gain.



Les joueurs/critères

Le nombre de bâtiments

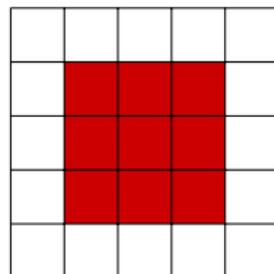
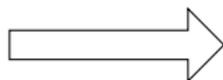
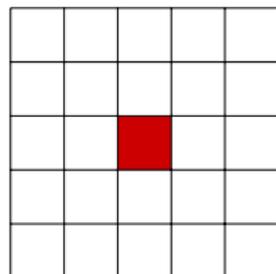
- Veut que le nombre de bâtiments dans l'îlot soit compris entre deux valeurs.
- Stratégies : colorer en rouge une cellule blanche isolée.



Les joueurs/critères

Le périmètre des bâtiments

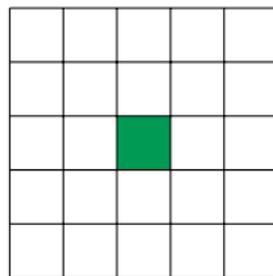
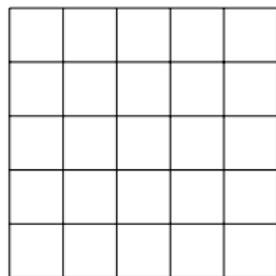
- Veut que le périmètre de chaque bâtiment soit compris entre deux valeurs.
- Stratégies : colorer en rouge toutes les cellules blanches adjacentes à un bâtiment.



Les joueurs/critères

Le nombre d'espaces verts

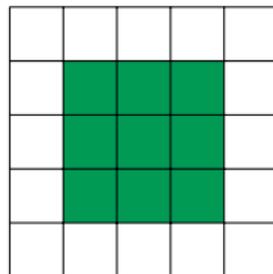
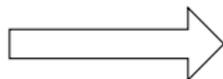
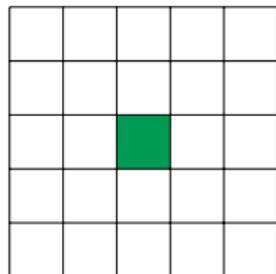
- Veut que le nombre d'espaces verts dans l'îlot soit compris entre deux valeurs.
- Stratégies : colorer en vert une cellule blanche isolée.



Les joueurs/critères

Le pourcentage d'espaces verts

- Veut que la surface d'espaces verts représente au minimum un certain pourcentage de la surface totale de l'îlot.
- Stratégies : colorer en vert toutes les cellules blanches adjacentes à un espace vert.



Les joueurs/critères

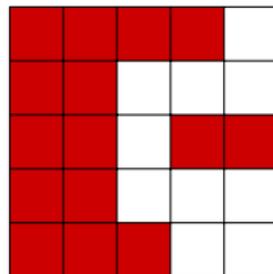
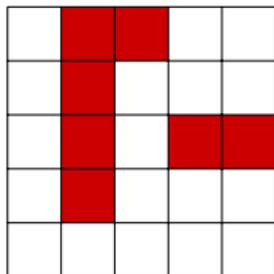
Prises en compte de contraintes

- Il doit y avoir une certaine distance entre les façades de deux bâtiments.

Les joueurs/critères

Prises en compte de contraintes

- Il doit y avoir une certaine distance entre les façades de deux bâtiments.



→ Ici le joueur "Périmètre des bâtiments" fait attention à bien laisser une case blanche entre le bâtiment de droite et le bâtiment de gauche quand il agrandit ce dernier.

Façon de jouer

- De façon **déterministe** : le joueur va envisager toutes ses stratégies possibles et va choisir celle qui améliore le plus son gain.
- De façon **aléatoire** : le joueur va sélectionner une de ses stratégies au hasard. Si cette stratégie améliore son gain, il la choisie. Sinon, il passe son tour.

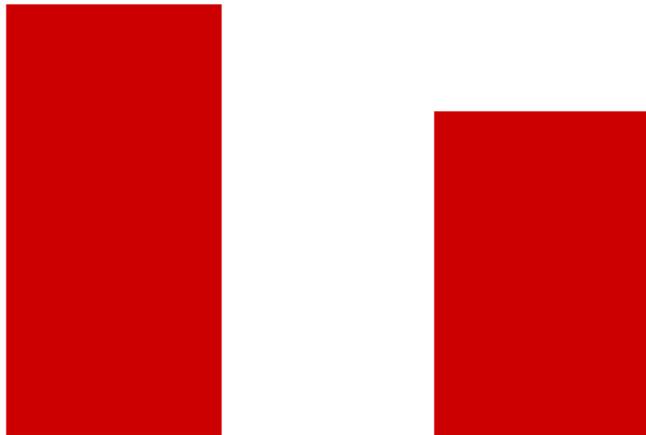
Ajoutons de la hauteur

- Joueur supplémentaire qui augmente la hauteur des bâtiments.

Ajoutons de la hauteur

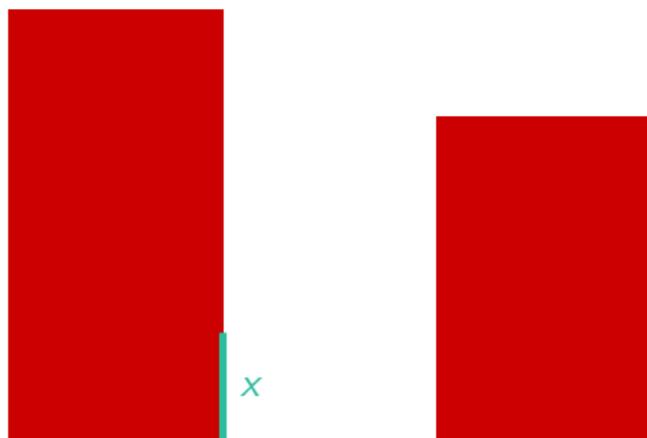
- Joueur supplémentaire qui augmente la hauteur des bâtiments.
- Les joueurs doivent maintenant prendre en compte une nouvelle contrainte relative à la luminosité ambiante.

Contrainte sur la hauteur



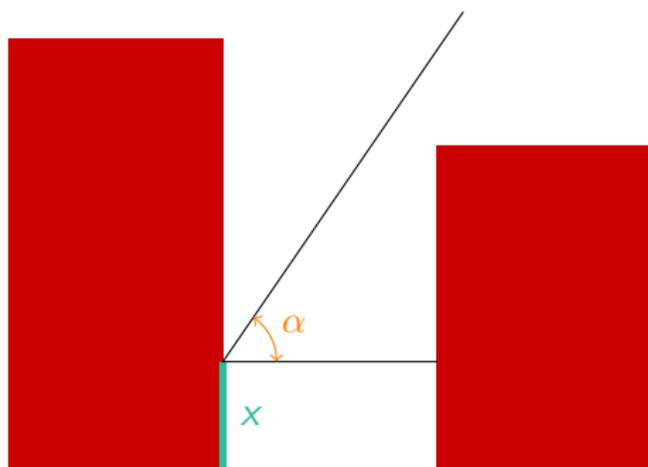
Contrainte sur la hauteur

- Pour chaque façade, nous nous positionnons à x mètres au dessus du sol.



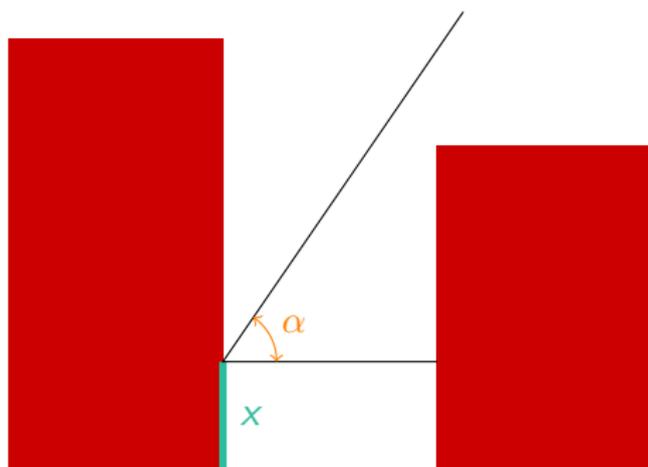
Contrainte sur la hauteur

- Pour chaque façade, nous nous positionnons à x mètres au dessus du sol.
- À partir de ces x mètres, nous traçons un angle de α degrés par rapport à l'horizontal.



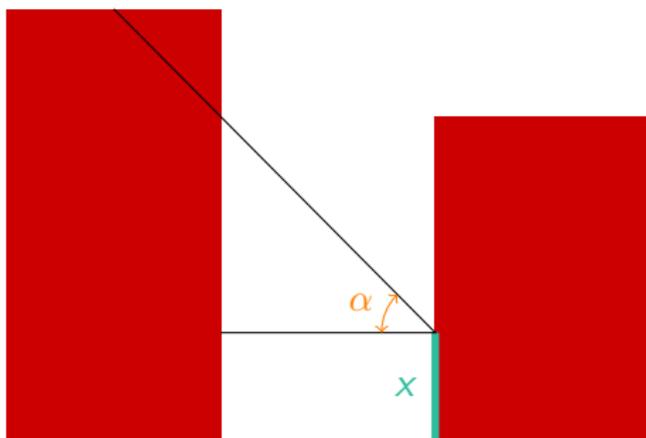
Contrainte sur la hauteur

- Pour chaque façade, nous nous positionnons à x mètres au dessus du sol.
- À partir de ces x mètres, nous traçons un angle de α degrés par rapport à l'horizontal.
- Si la projection de cet angle ne croise aucun obstacle, la contrainte est satisfaite.



Contrainte sur la hauteur

- Pour chaque façade, nous nous positionnons à x mètres au dessus du sol.
- À partir de ces x mètres, nous traçons un angle de α degrés par rapport à l'horizontal.
- Si la projection de cet angle ne croise aucun obstacle, la contrainte est satisfaite.



Exemple

Conclusion

- Les modèles présentés ici sont très généraux et peuvent avoir d'autres applications.
- J'ai, au cours de cet exposé, montré un exemple de modélisation sur un problème spécifique.

[LCS16] Quang Duy Lã, Yong Huat Chew, and Boon-Hee Soong.
An Introduction to Game Theory, pages 3–22.
Springer International Publishing, Cham, 2016.

[Sme18] Isabelle De Smet.
Elaboration et expérimentation d'un outil d'évaluation et d'aide à la conception compacts à dominante d'habitat suivant une densité de population cible.
PhD thesis, UMONS, 2018.