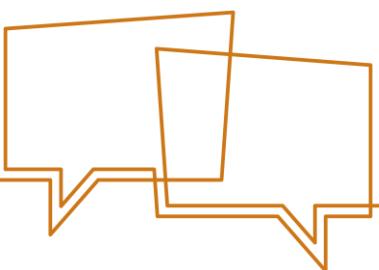


Le Generative Design

Introduction pour la construction



CRB. Pour une compréhension réciproque.

Groupe Transformation digitale Suisse romande 2023

FONCTIONNEMENT

Arrêtez moi à n'importe quel moment pour les questions

Une petite période de questions-réponses est prévue en fin de session

Des questions après la présentation?

→ Me contacter via LinkedIn ou mail

Objectifs

Pour commencer :

- Cette présentation vise à introduire les bases du Generative Design
- Elle vous fournira un aperçu initial de son fonctionnement et des prérequis pour intégrer cette technologie au sein d'une entreprise
- Elle est conçue pour des étudiants et professionnels du secteur de la construction qui sont curieux d'explorer des approches moins conventionnelles

Qui suis-je?

Sven Amiet

- **Spécialiste technologique**
chez PlaniBIM SA
- **Coordinateur BIM**
chez Emch+Berger SA Lausanne
- Passionné de technologies **et bonnes tables**



[Linkedin.com/in/sven-amiet](https://www.linkedin.com/in/sven-amiet)



[Youtube.com/@SvenAmiet](https://www.youtube.com/@SvenAmiet)



Dessinateur GC (CPLN)
Coordinateur BIM HES (CAS)
Gestionnaire de l'innovation et du changement UNIL-HEC (CAS)

Emch+Berger SA Lausanne

Ingénieurs conseils en génie civil

- Ouvrages d'art
- Construction routière
- Infrastructure ferroviaire
- Travaux souterrains, tunnels et géotechnique
- Génie civil et travaux spéciaux



sven.amiet@emchberger.ch



Emch+
Berger

c r b

PlaniBIM SA

Services et conseils pour la construction numérique

- Conseils en transformation digitale
- BAMO BIM
- Accompagnement et prestations BIM
 - BIM Management
 - Coordination globale
 - Gestionnaire d'information
 - Modélisation paramétrique
- Audit et optimisation des flux de travail



sven.amiet@planibim.com



Autre...



- Digitalisation
- Entrepreneuriat
- Changement
- Durabilité
- Dans la construction



ConversationConstructive.ch



[Linkedin.com/company/conversation-constructive](https://www.linkedin.com/company/conversation-constructive)



[Youtube.com/@conversationconstructive](https://www.youtube.com/@conversationconstructive)



Conférence-Bim 2022 (EPFL)

AGENDA

Ce que l'on va voir ensemble

01 Introduction p. 9

02 Clé en main p.14

03 Intégrées p.21

04 Personnalisées p.57

05 Autre exploration p.58

06 Documentation p.74

07 Questions p.75

Generative Design, Qu'est-ce que c'est?

Le design génératif ou Generative Design est un **processus de conception itératif**.

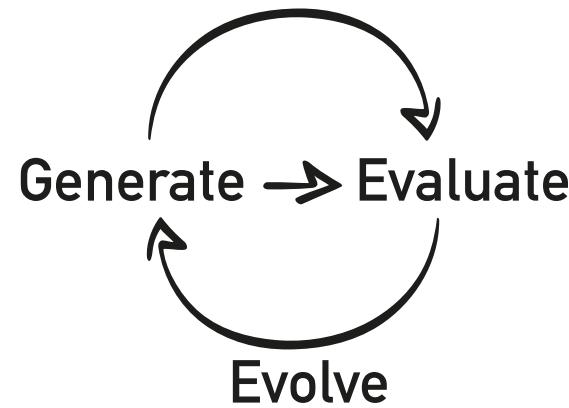
Il peut être **ou non** couplé avec de l'apprentissage automatique (ML ou IA)

Il est généralement suivi d'une phase d'exploration et de choix de variante
(on parle d'**optioneering**)

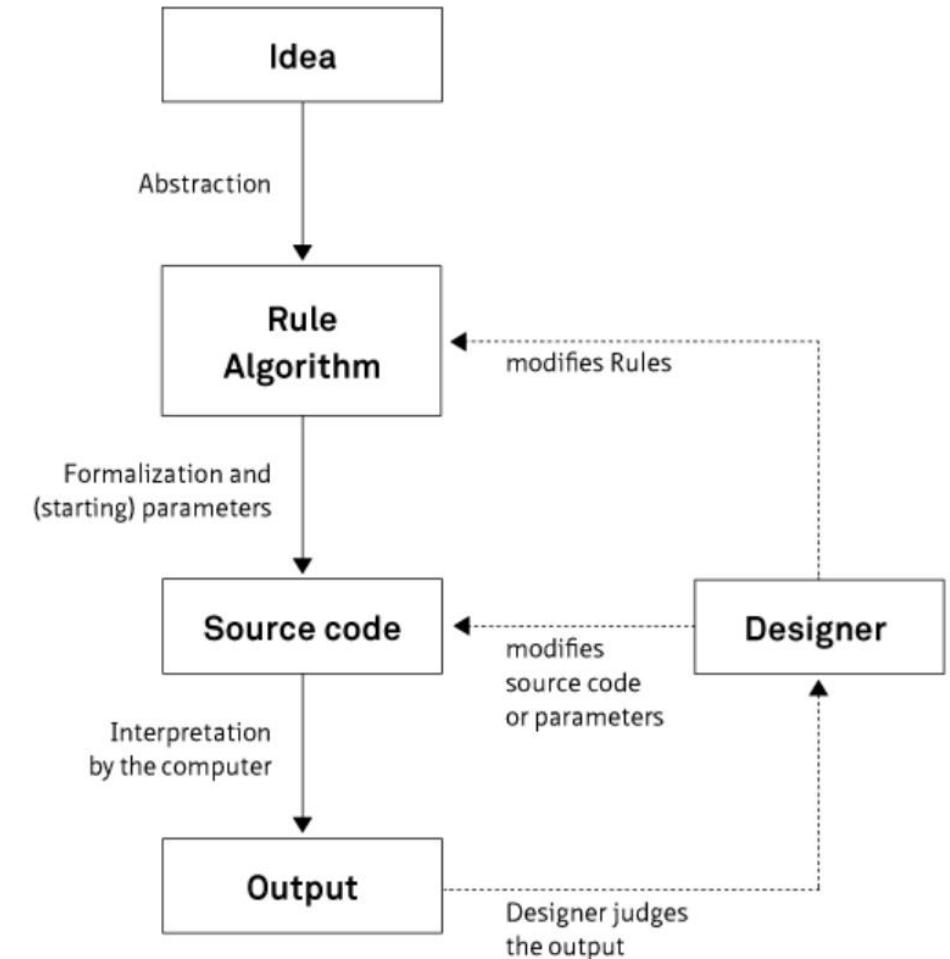
Il est important de se souvenir que le Generative Design **ne donne pas** LA meilleure solution mais nous propose une solution optimisée **contenue dans l'échantillonnage que l'on a pu générer**

À quoi ça ressemble?

On peut imaginer le GD comme le principe de l'évolution appliqué à la conception



→ Pour ceux qui font du jeu vidéo, ça se rapproche de la génération procédurale de niveaux
Mais avec une partie **évaluation** et rétention des meilleures solutions **à chaque génération**



Copyright Hartmut Bohnacker, Julia Laub, Benedikt Groß, Claudio Lazzeroni (2009)
Book „Generative Gestaltung“, www.generative-gestaltung.de

Les éléments de base de la méthode standard

Un objectif ou une idée

Des entrées/paramètres avec une certaine latitude

Un programme conçu dans le but de générer des solutions pour notre objectif

Des tests et des résultats en sortie permettant une évaluation des solutions

Un système d'évaluation des solutions proposées

Une « boucle » avec une fin

Types d'approches

Pour se lancer il y a principalement 3 voies

- Les outils clés en mains ➔ dédiés à un objectif
- Les outils de modélisation avec interface de programmation déjà prévue pour ça
- Implémenter une solution personnalisée

Les outils clé en main

Vous en connaissez?

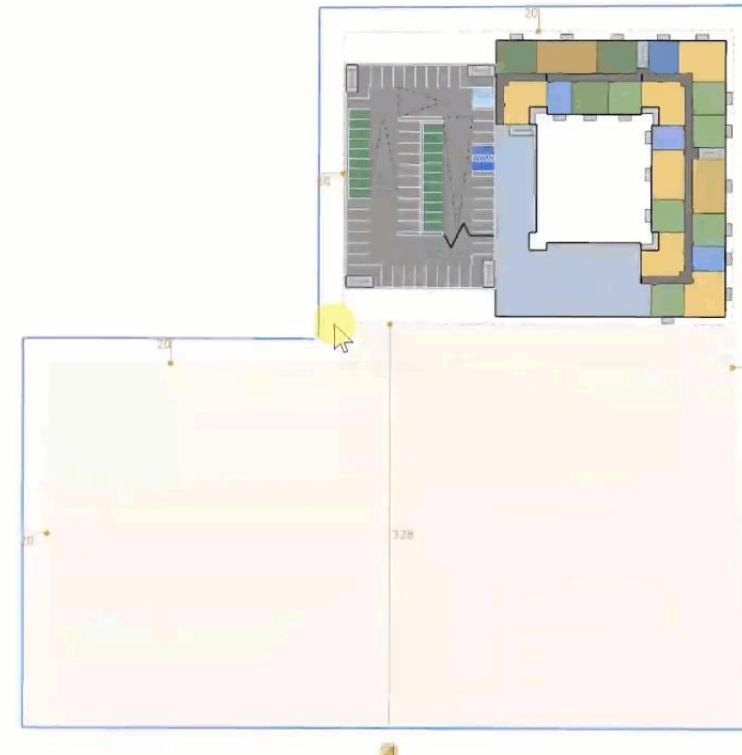
Les outils clé en main

Par exemple: testfit.io



Générer rapidement des enveloppes de bâtiments avec des aménagements intérieurs et extérieurs selon des « préconfigurations »

Objectif: obtenir des coûts pour des solutions et valider une variante de développement de projet



Tabulation	Development	Schemes	Errors	Energy	Rendering		
Site	Multifamily			Parking		Master Plan	
Acreage	6.50 Units	114 1 Beds	51 45% Efficiency	76.3% Stalls	210 Stalls	210	
FAR	0.46 Beds	155 2 Beds	41 36% Height	50.0 Average	315		
DU/AC	17.5 Baths	155.0 Studios	22 19% Average	863 Ratio	1.84 Ratio	1.84	
	Stalls Req.	171			Parking Req.	171	

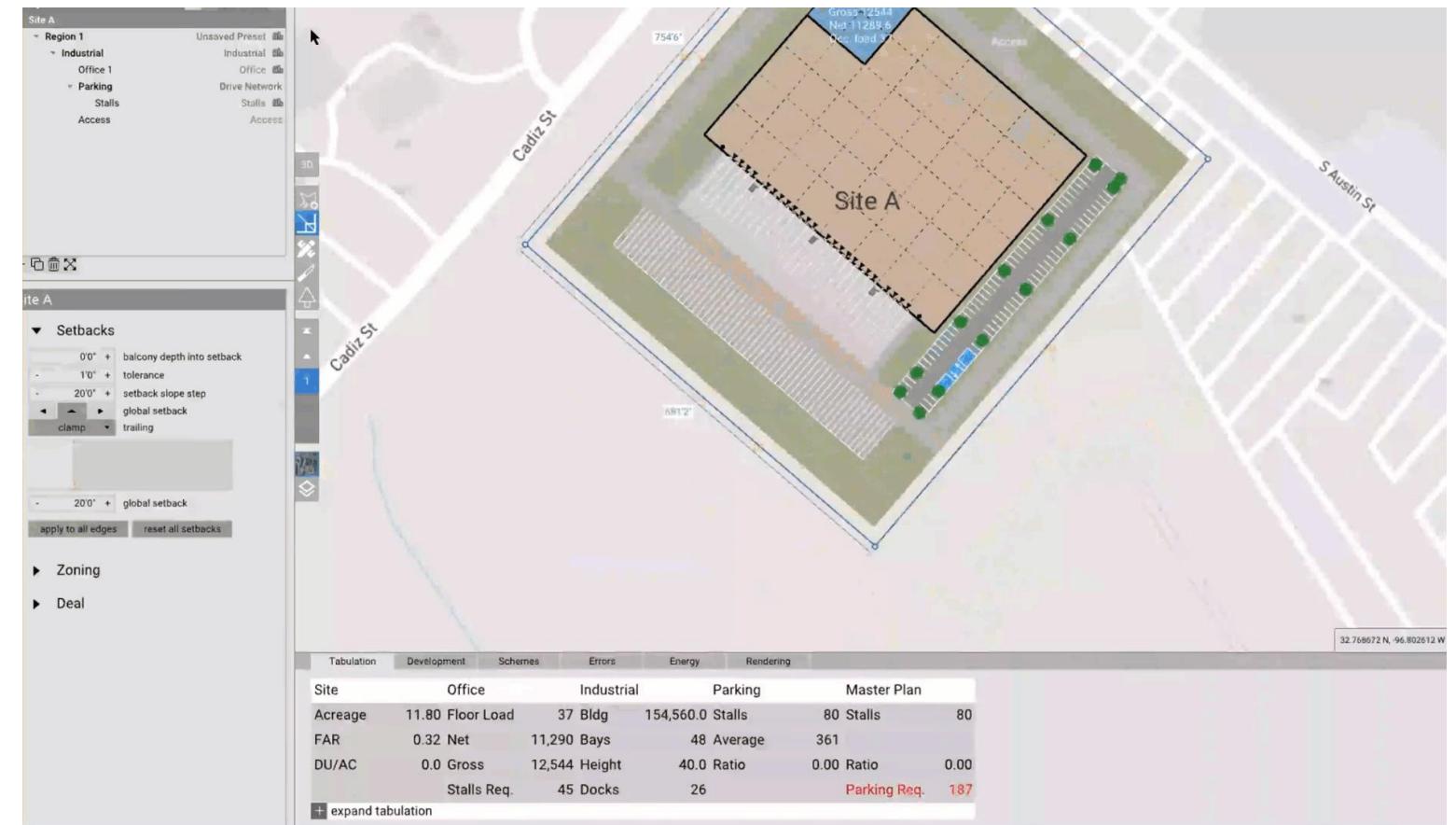
Les outils clé en main
Par exemple: testfit.io



Le site s'adapte aux limites

Son aménagement aussi

Les espaces intérieurs sont majoritairement générés mais peuvent être sur-définis



Les outils clé en main
Par exemple: testfit.io



Et ceci peut se faire sur plusieurs niveaux; en 3D

Possibilité de transférer le modèle vers un outil de modélisation 3D pour continuer le projet



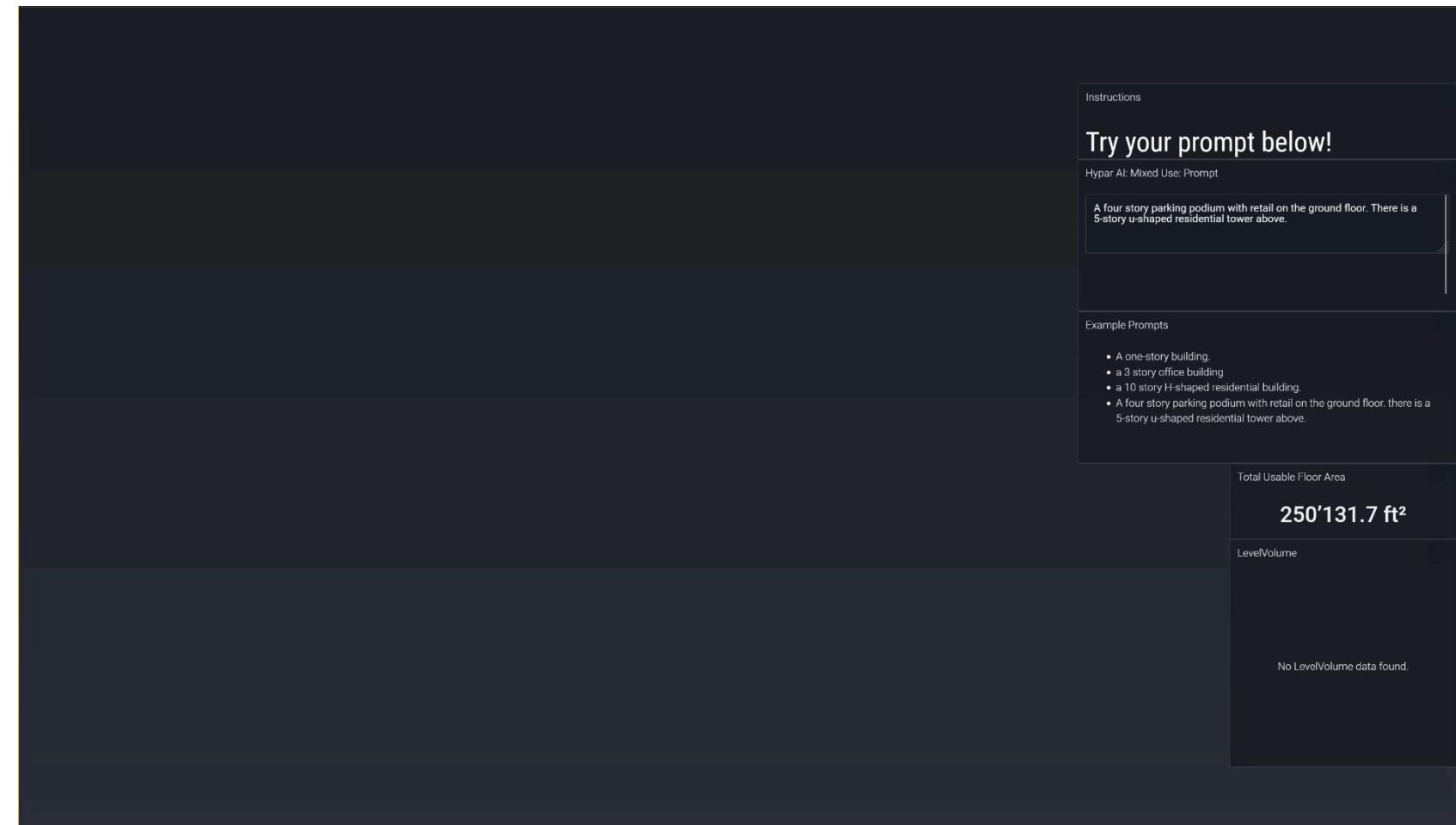
Les outils clé en main

Par exemple: Hypar.io

Générer rapidement des propositions de bâtiments selon une description « Prompt » avec comme résultat:

Un modèle 3D

Certaines données permettant l'évaluation de la proposition



Les outils clé en main

Quelques autres

Archistar.ai



Archistar

DBF Digital Blue Foam



Digital Blue Foam

Mais aussi

Delve, Forma (Anciennement
spacemaker), etc.....

Les outils clé en main

Ce qu'il faut se souvenir...

Ils sont tous **optimisés pour un** ou « quelques » types d'études **très spécifiques**

Ils ont tous leurs points forts et points faibles
(reporting, personnalisation, interopérabilité, etc.)

- ➔ Il faut les essayer et découvrir leurs limites
- ➔ Est-ce qu'ils conviennent pour vos tâches?

Si on est généraliste ou que l'on pratique plusieurs activités:

- ➔ On ne trouvera certainement pas un outil qui fait toutes les tâches que l'on souhaite

Les outils intégrés aux outils de modélisation

Vous en connaissez?

Les outils intégrés aux outils de modélisation

Pour les utilisateurs Autodesk/Revit



Pour les utilisateurs de Rhino ou de rhino.Inside



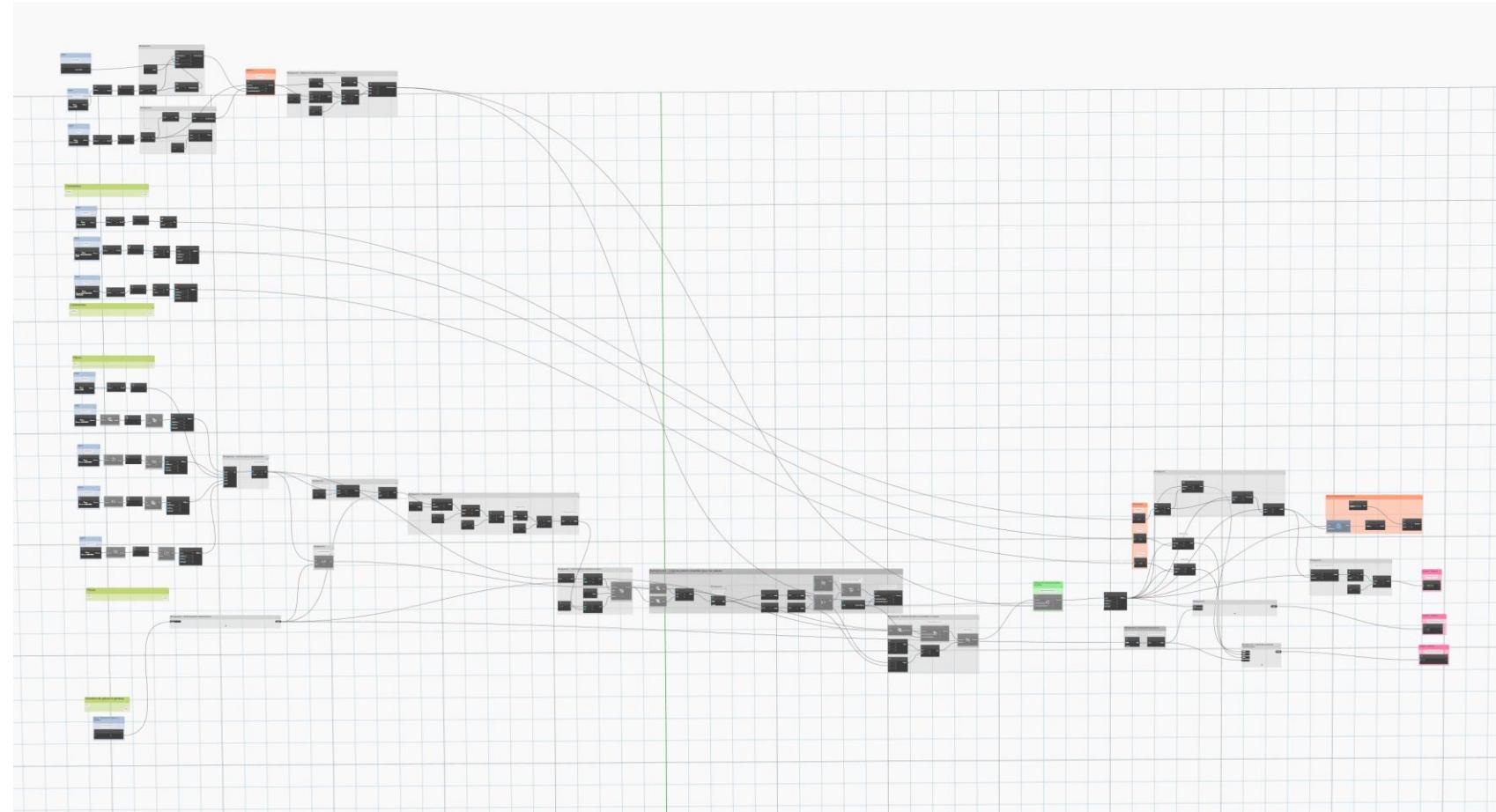
Et pour les utilisateurs de Blender
→ Geometry nodes & Sverchok

Les outils intégrés aux outils de modélisation

Par exemple: Dynamo



Ça peut ressembler à un petit monstre de spaghetti comme ça

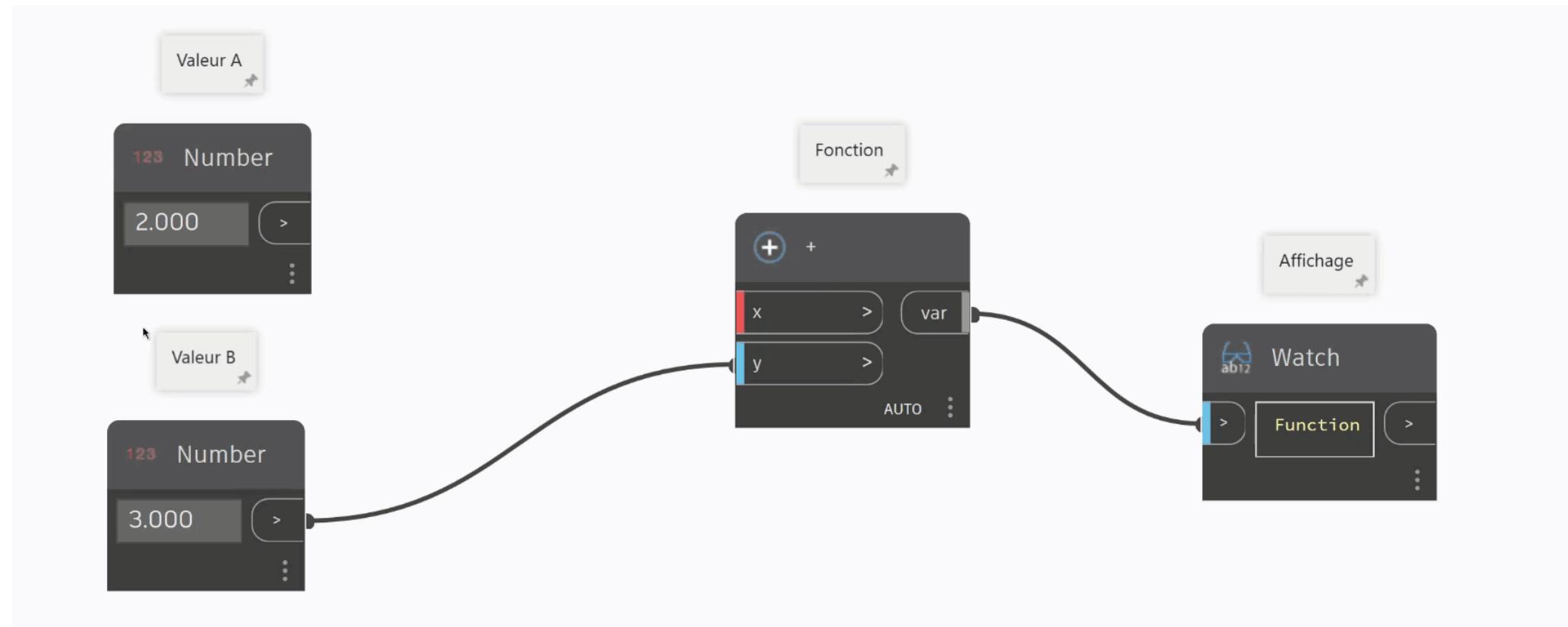


Les outils intégrés aux outils de modélisation

Par exemple: Dynamo



Mais en fait c'est très simple

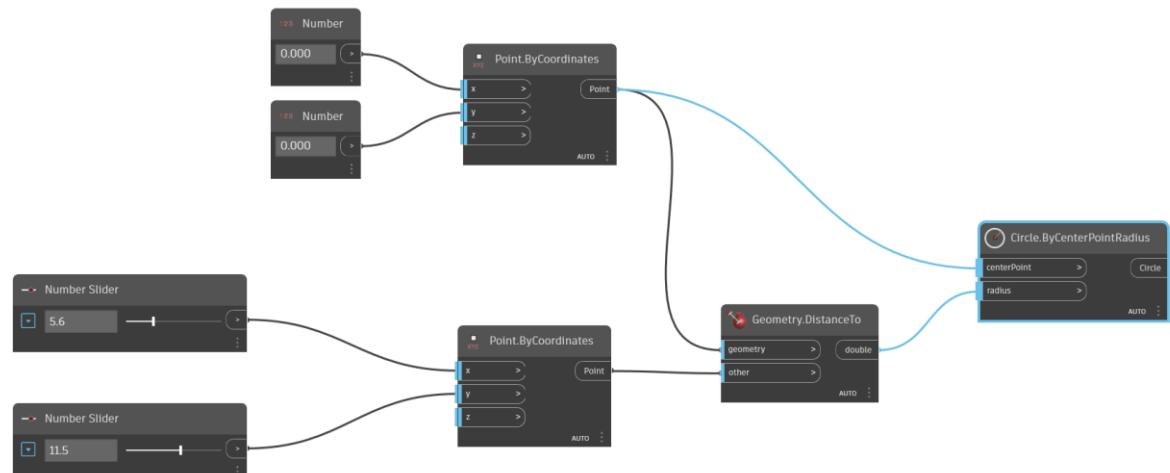


Les outils intégrés aux outils de modélisation

Par exemple: Dynamo



■ Programmation visuelle



■ Programmation (textuelle)

```
myPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);
x = 5.6;
y = 11.5;
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);
dist = myPoint.DistanceTo(attractorPoint);
myCircle =
Circle.ByCenterPointRadius(myPoint,dist);
```

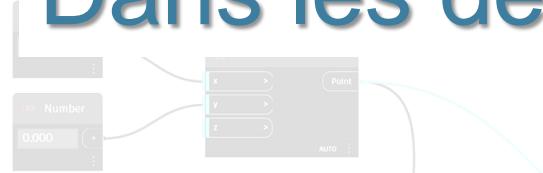
Exemple du dynamo primer

Les outils intégrés aux outils de modélisation

Par exemple: Dynamo

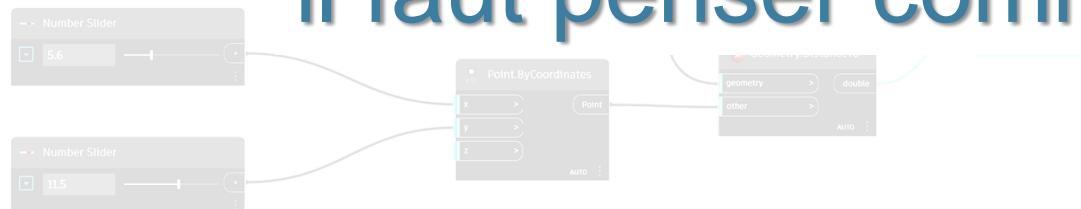


■ Programmation visuelle



■ Programmation textuelle

```
mvPoint = Point.ByCoordinates(0.0,0.0,0.0);  
attractorPoint = Point.ByCoordinates(x,y,0.0);  
dist = mvPoint.DistanceTo(attractorPoint);  
point,dist);
```



Dans les deux cas, on programme
il faut penser comme un développeur

Exemple du dynamo primer

Petit exemple pratique

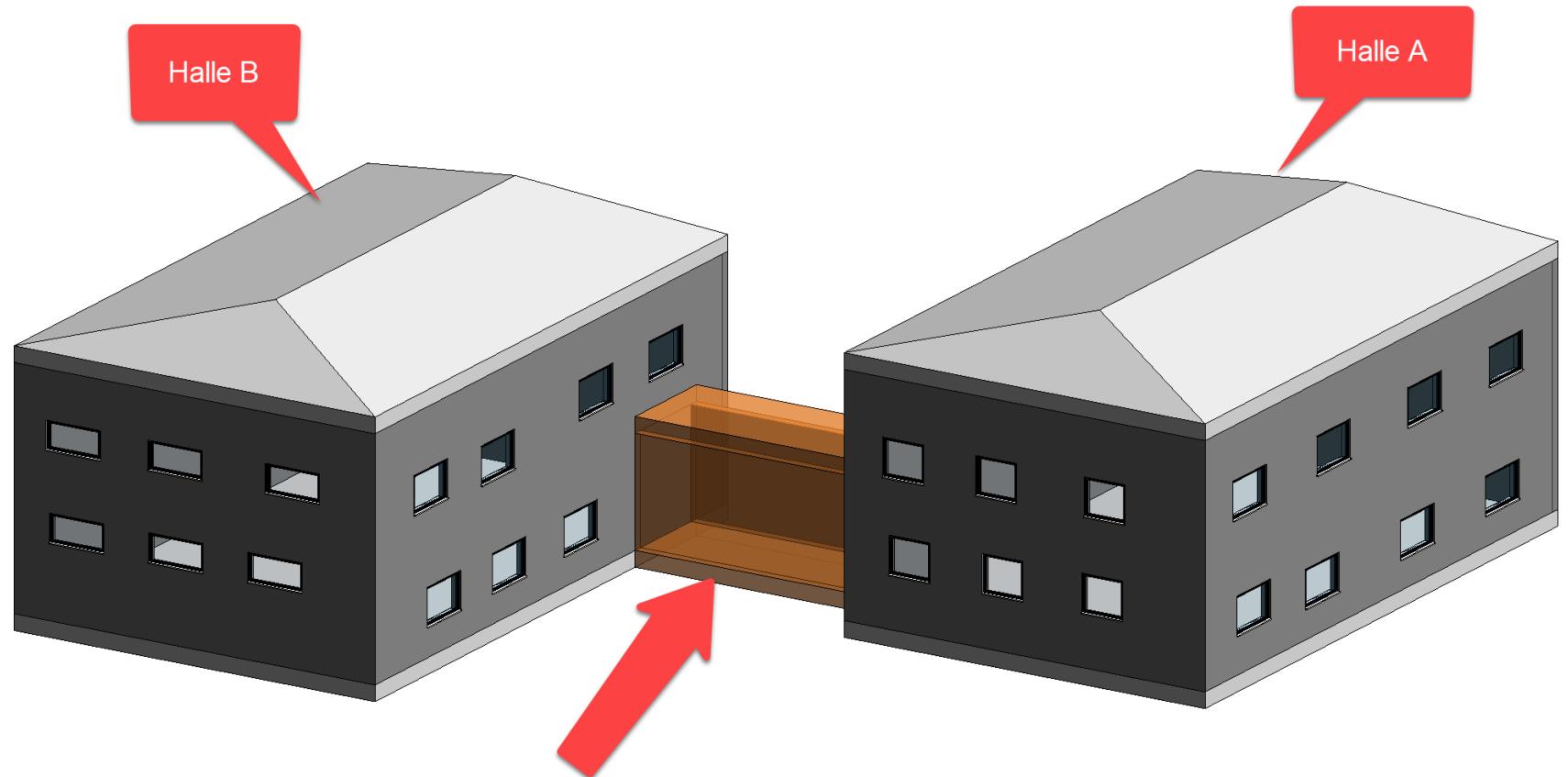
Et si on décortiquait un cas pratique simple?

Par exemple...

Imaginons...

Une entreprise de production alimentaire:

Composée de deux halles industrielles reliées par une liaison de service



Par exemple...

Problème:

Après des changements de processus industriels, ce qui est pré-traité dans la halle A doit être finalisé et empaqueté dans la halle B

La manutention dans les halles se fait à l'aide de chariots élévateurs

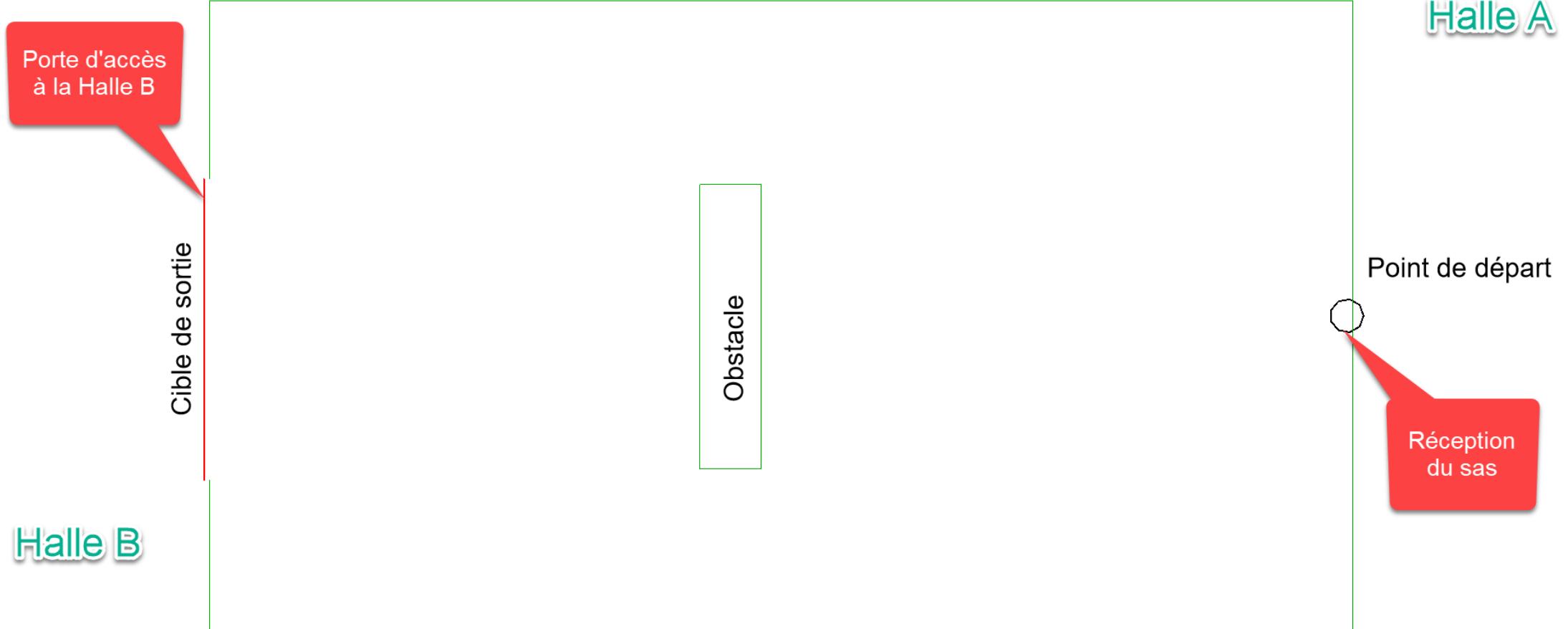
Mais...

Pour des raisons sanitaires, les chariots n'ont pas le droit de transiter entre halles

Ce qui est produit dans la halle A doit donc être déposé dans un sas à l'amorce de la liaison et les palettes doivent être acheminées jusqu'à la zone de réception de la halle B

Petit exemple pratique

Situation de la liaison de service



Petit exemple pratique

Heureusement!

Il y a Bidibop au dépôt de maintenance

C'est un robot mécanique qui se déplace sur des rails et qui peut déplacer nos palettes le long de la liaison

Il a servi il y a quelques années sur un autre projet et a été mis à la retraite depuis

Il est un peu vieux et a quelques contraintes d'utilisation mais il va nous être utile



Petit exemple pratique

Contraintes de Bidibop:

Il n'a que 5 types d'éléments de rails:

Des éléments droits → il peut aller moyennement vite

Des éléments avec angle à 15° → il doit aller lentement
(gauche et droite)

Des éléments avec angle à 45° → il doit les franchir très lentement
(gauche et droite)



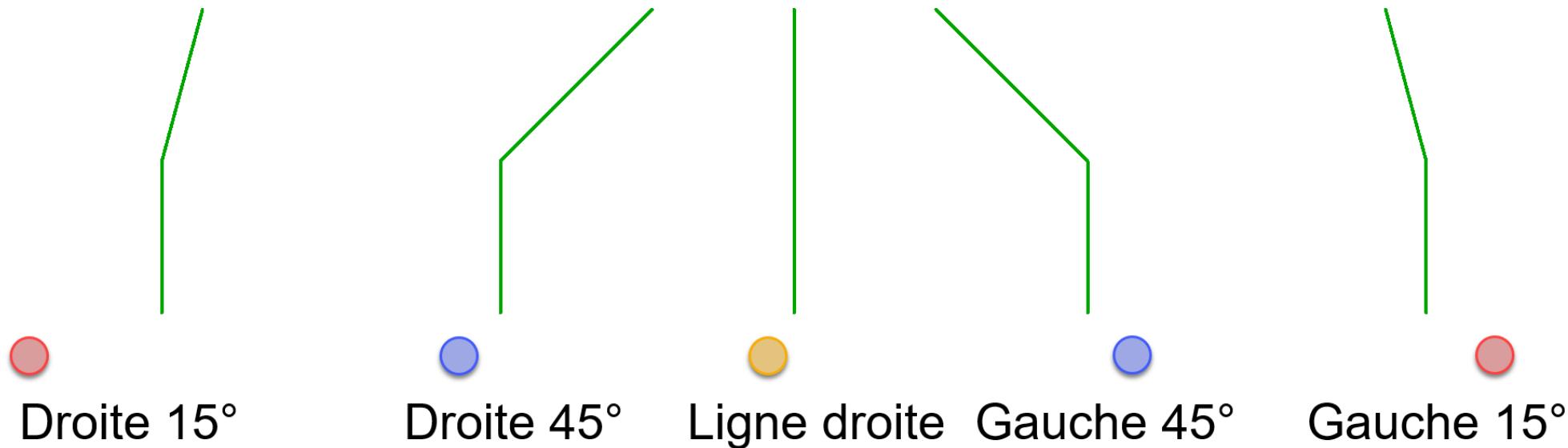
Petit exemple pratique

Contraintes de Bidibop:

 Vitesse = 8

 Vitesse = 4

 Vitesse = 2



Petit exemple pratique

Résumé de ce que l'on connaît:

- On part d'un point fixe
- On doit aller jusqu'à la porte de sortie
- On doit traverser la liaison sans toucher ni les murs ni le poteau au centre
- Bidibop ne peut se déplacer que sur des rails mis bout à bout de forme connue
- Le type de rail choisi impacte la performance de Bidibop

Petit exemple pratique

Plan de bataille 1 - Début

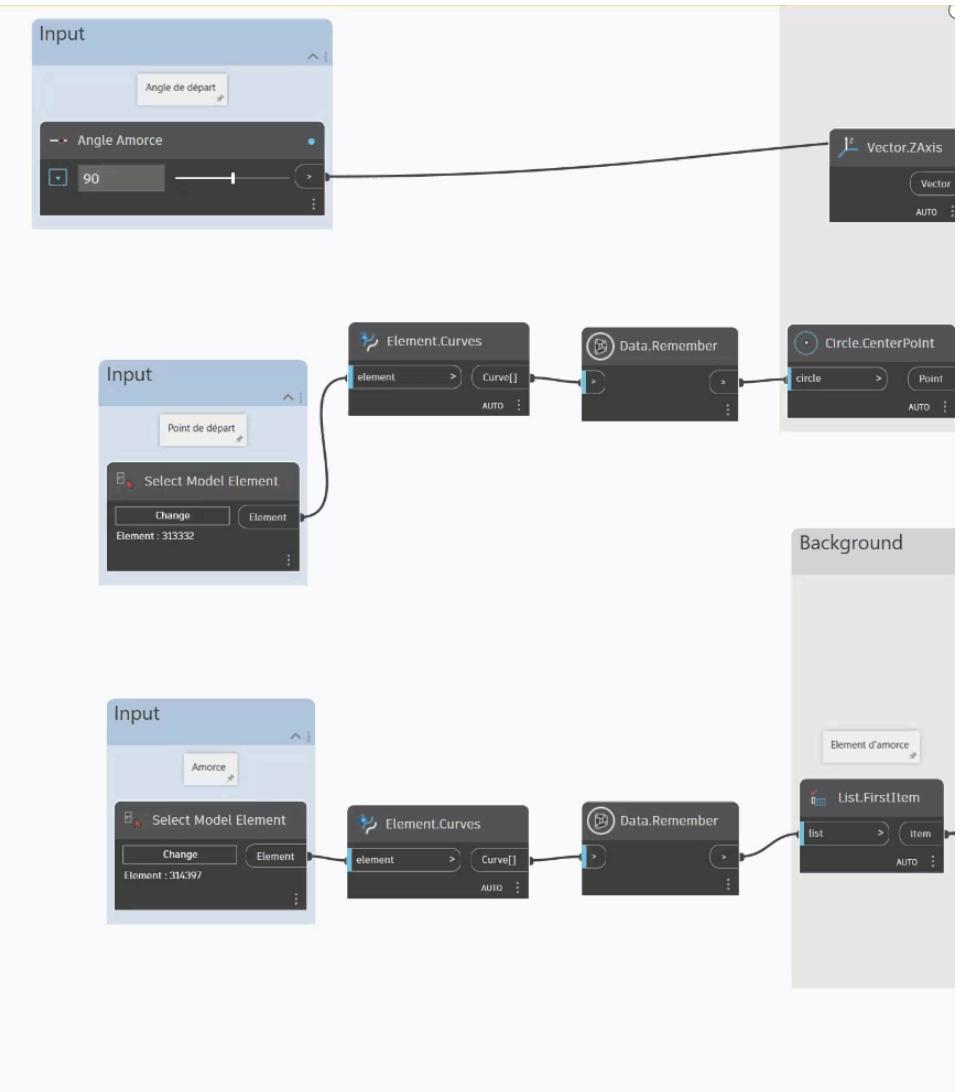
Créer un programme qui récupère:

- L'environnement connu (intérieur des murs et obstacle)
- La position de départ et la zone d'arrivée acceptable
- La forme des 5 types de rails

Petit exemple pratique

Plan de bataille 1 - Début

Récupération:



Petit exemple pratique

Plan de bataille 1 - Début

Une fois les contraintes connues, on peut créer un programme qui assemble des rails en les mettant bout à bout et alignés selon l'angle de fin du segment du rail précédent.

Choix des pièces? pour le premier test on les met de manière aléatoire

Gauche 45°



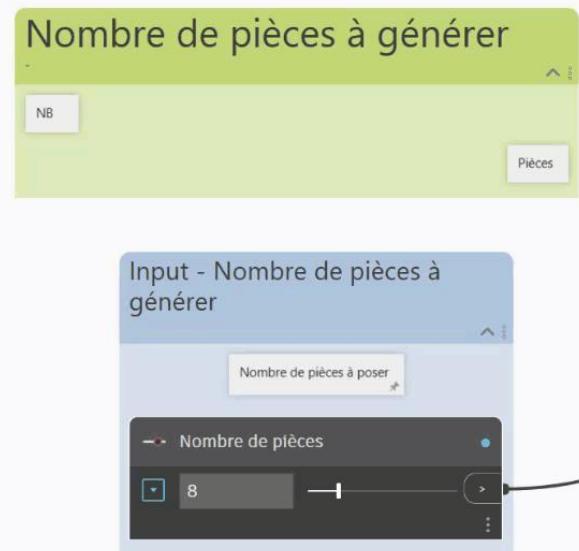
Droite 15°

Ligne droite

Petit exemple pratique

Plan de bataille 1 - Début

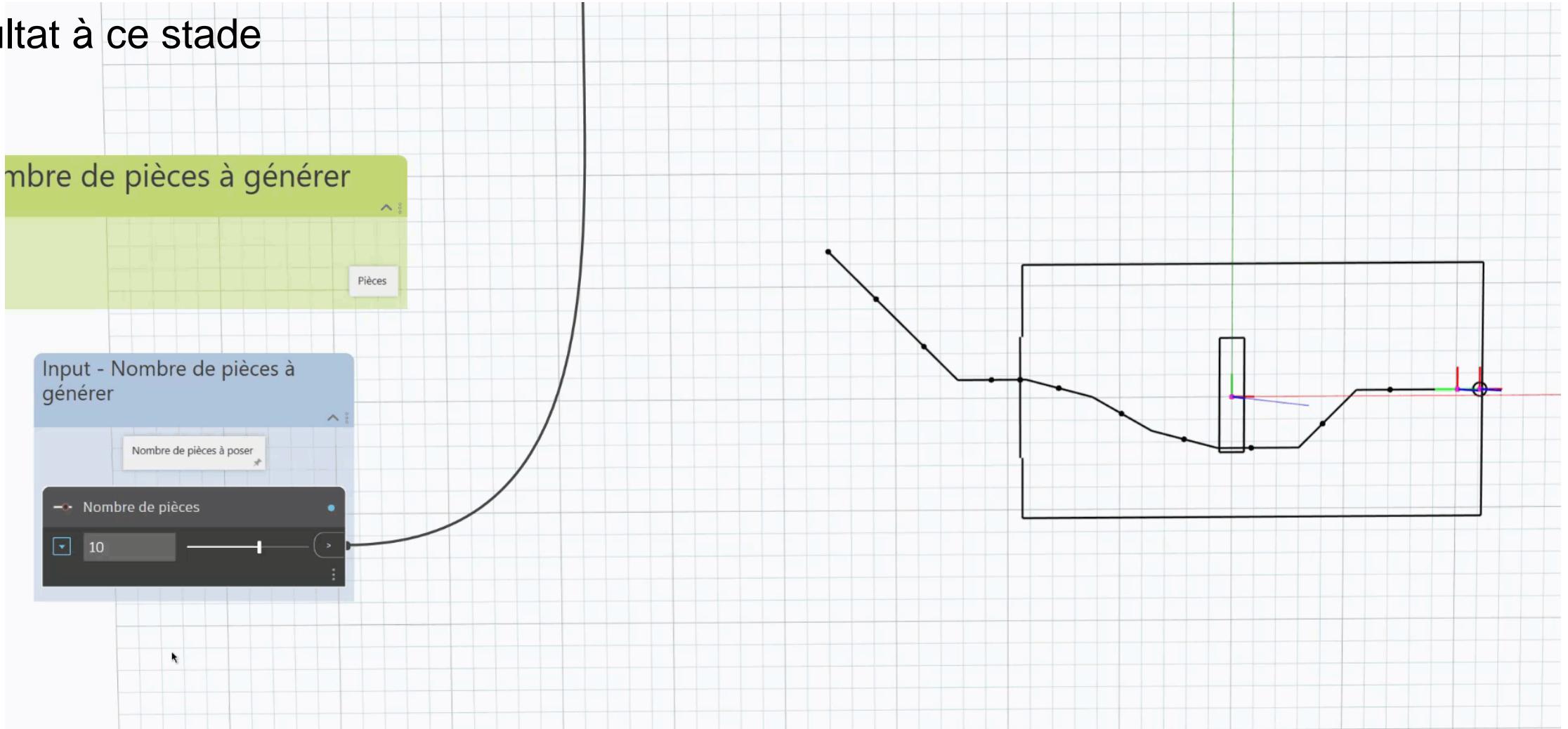
Ça ressemble à:



Petit exemple pratique

Plan de bataille 1 - Fin

Résultat à ce stade



Petit exemple pratique

Plan de bataille 1 - Fin

En **complètement aléatoire**, ce n'est **Pas concluant!**

Si on veut faire toutes les solutions et que l'on considère qu'il faut minimum 8 pièces pour faire le chemin → $5^8 = 390'625$ **solutions**
(si on multiplie par les angles de départ ça dépasse les 7Mio)

Beaucoup de solutions ne remplissent pas les critères de succès d'une variante

Et même avec des processeurs à 5Ghz ça va prendre beaucoup de temps

Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 - Début

Et si on force un peu la direction du cheminement?

Par exemple:

Admettons que les angles à droite soient positifs et les angles à gauche soient négatifs

Et testons si la valeur cumulée des angles du cheminement est comprise entre -60° et 60° sinon on limite les pièces de rail à disposition pour la suite du cheminement

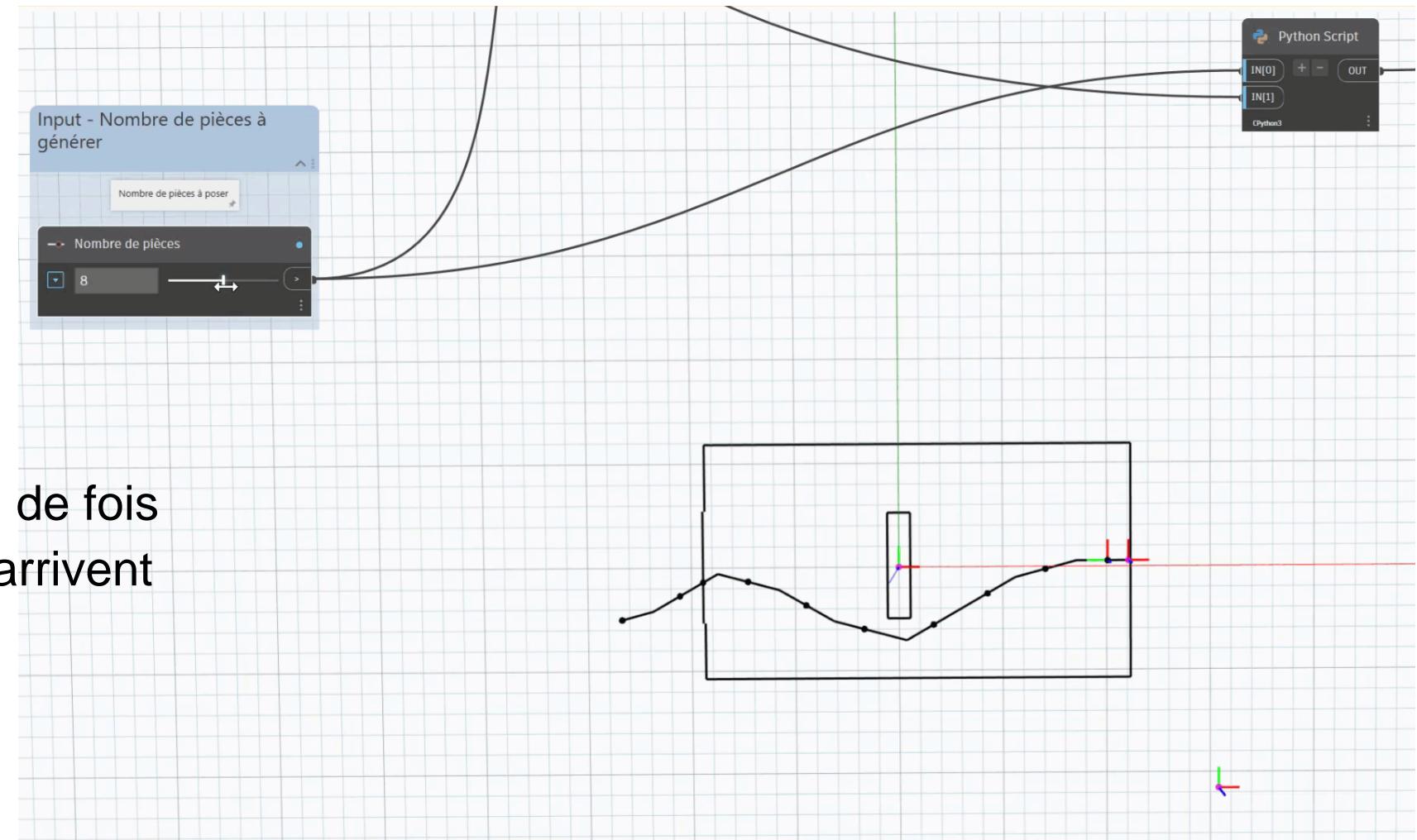
→ Ça forcerait un cheminement allant « plutôt » dans la direction de la cible

Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 - Début

Ça prend forme!

On augmente le nombre de fois
où de bonnes solutions arrivent



Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 - Suite

Comment on termine le programme?

On ajoute des tests pour savoir quelles sont les bonnes solutions

- Le cheminement ne doit pas toucher les murs
- Le cheminement ne doit pas toucher l'obstacle
- Le cheminement doit toucher la ligne de sortie

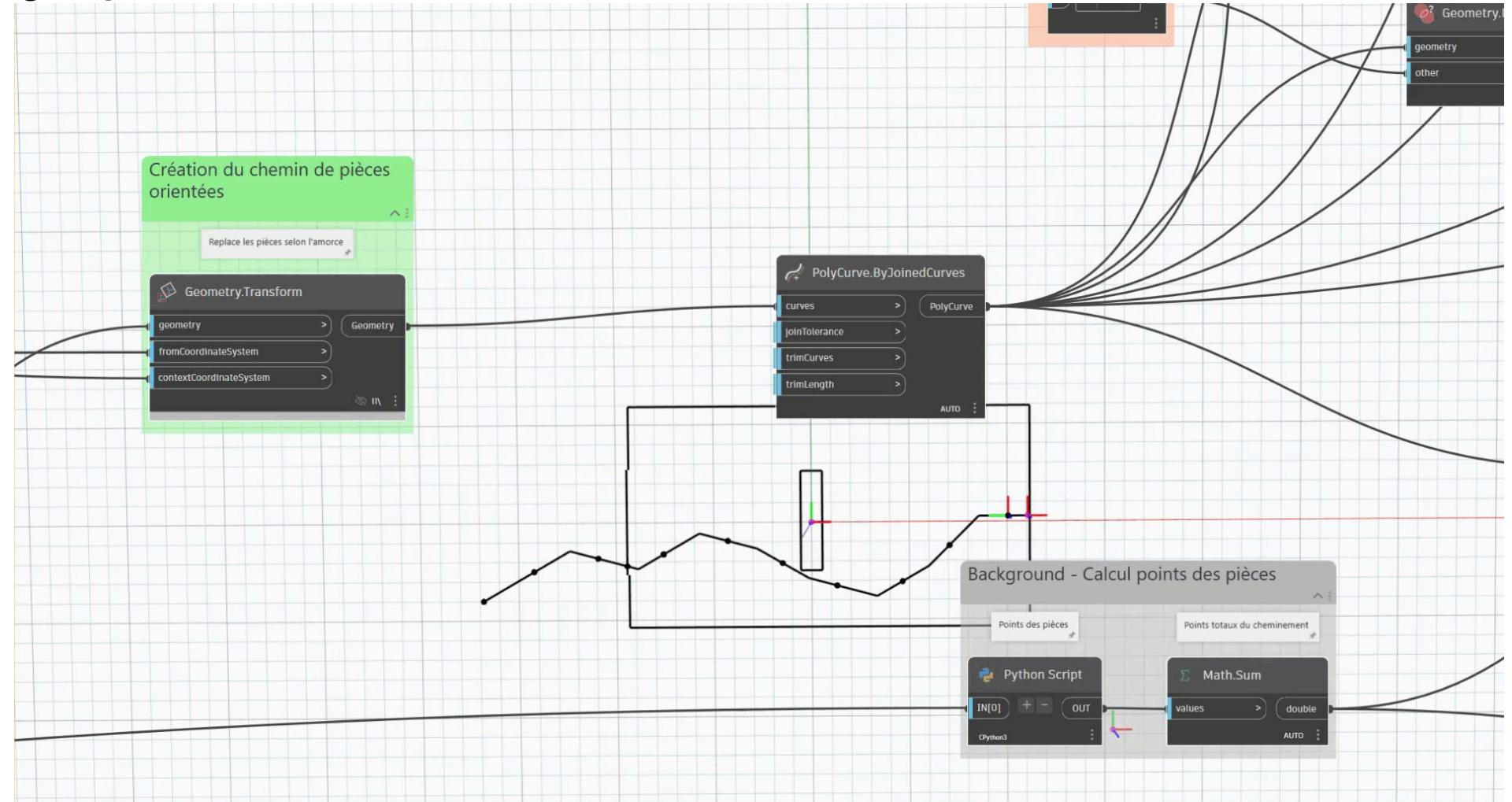
On ajoute des mesures et des évaluations sur les solutions pour analyser leur performance

- Vitesse de trajet
- Longueur de parcours

Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 - Suite

Comment on intègre ça dans l'outil?



Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 – Suite

On devrait maintenant tout avoir pour lancer la génération, non?

On a:

Des cheminements « plutôt » souvent bons qui se génèrent

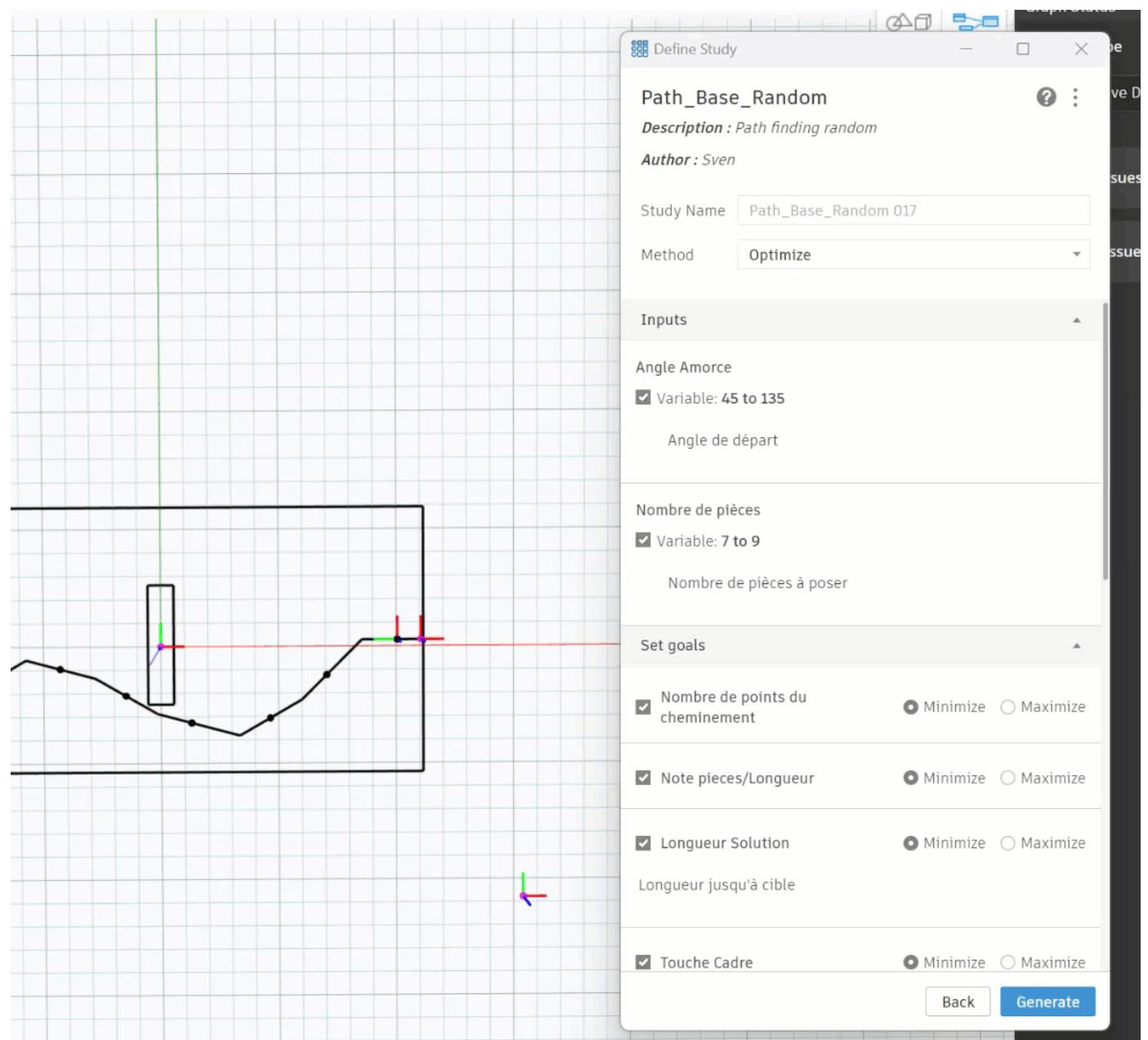
Des mesures et des valeurs pour évaluer les solutions proposées

Essayons!

Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 – Génération!

Préparons notre première tentative



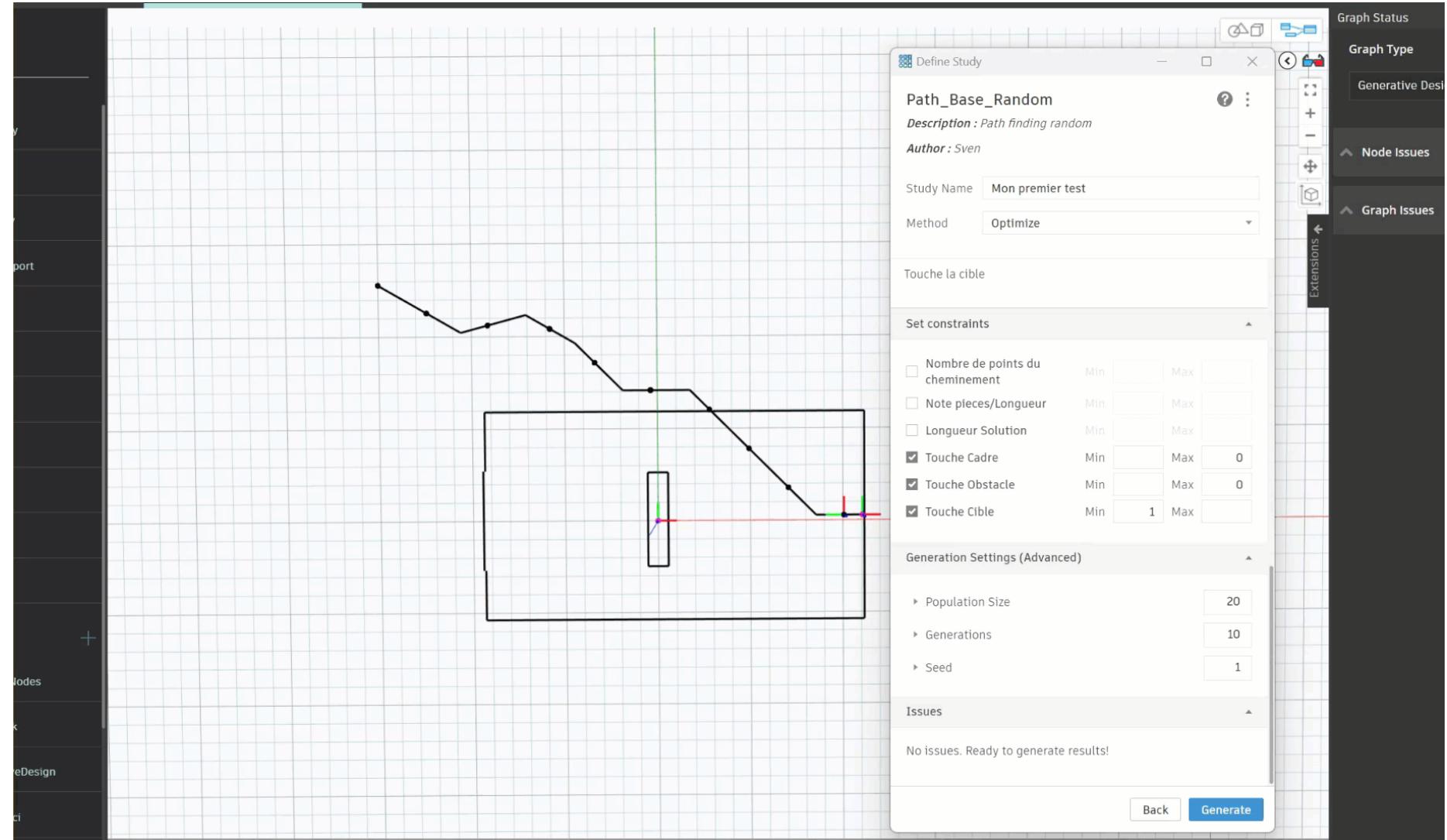
Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 – Génération!

Et c'est parti!

Temps de génération

Env. 3 minutes



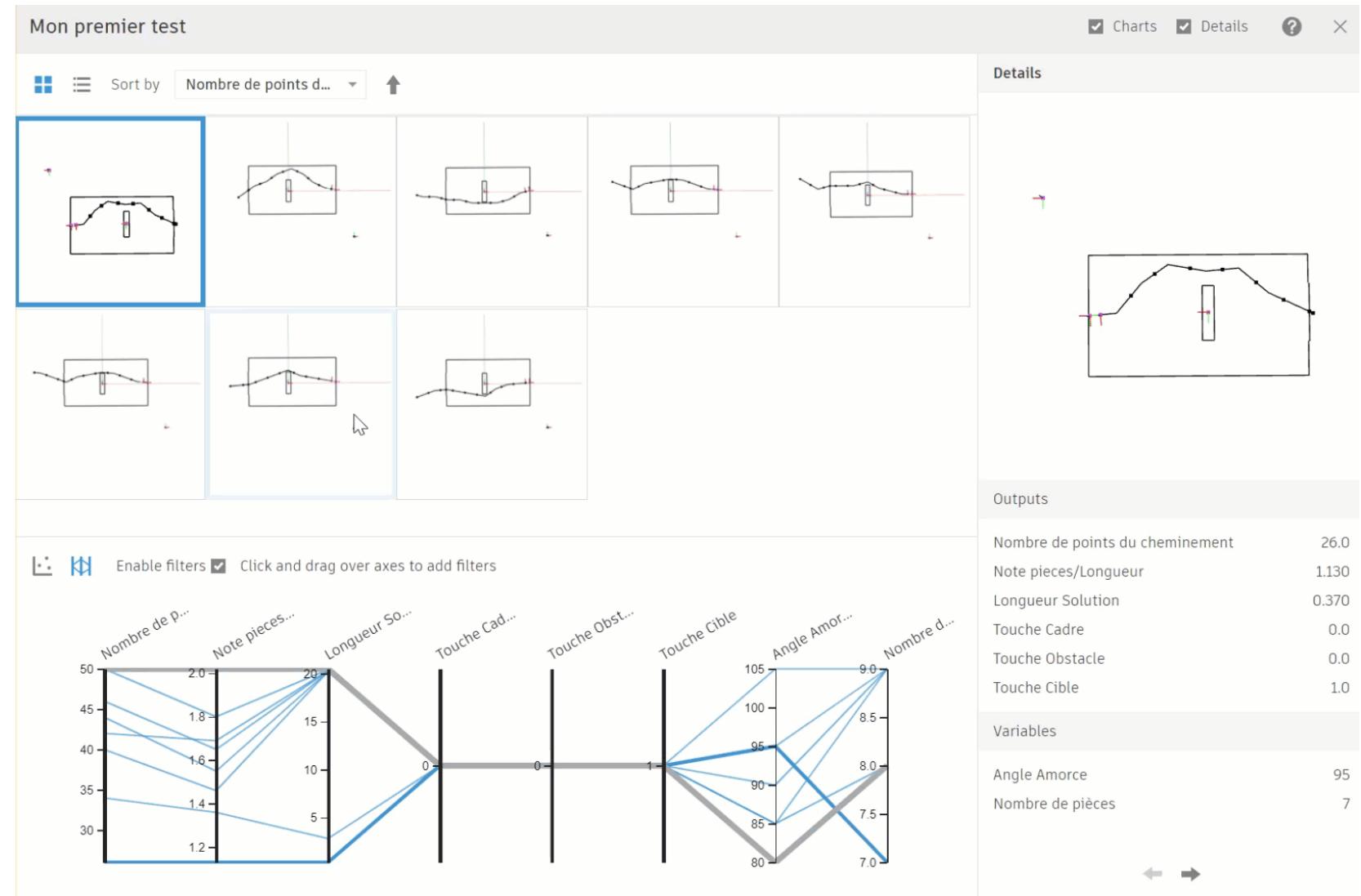
Petit exemple pratique

Plan de bataille 2 – Exploration

Explorer les options

Choisir

(Optioneering)



Petit exemple pratique

Plan de bataille **2** – Remarque

Pour rappel, nous sommes ici dans certains outils et même certaines versions d'outils d'aide au Generative Design

Le processus de création de la logique et de l'évaluation ainsi que l'interface utilisateur peut changer en fonction de sur quel outil vous êtes

Petit exemple pratique

Plan de bataille **2** – Problème

Par contre, il reste un problème

Difficile d'optimiser quelque chose qui est aléatoire

On ne peut pas vraiment piloter l'aléatoire pour tendre vers de meilleurs résultats par itération

Cette solution irait avec un processus: Génération de solutions en masse puis sélection manuelle

➔ Peut-on supprimer la partie aléatoire?

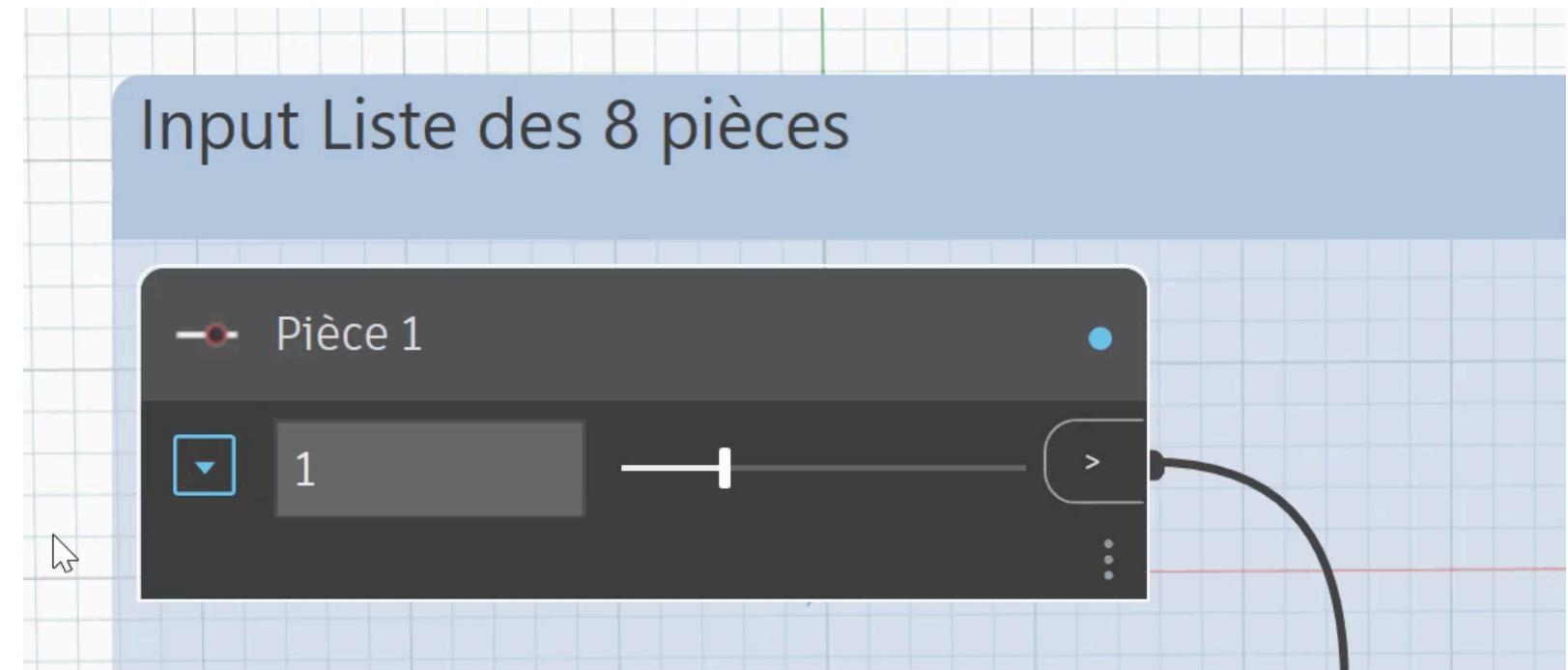
Petit exemple pratique

Plan de bataille 3 – Adaptations

Création du jeu de pièce de rails à l'aide de « slider » manuels qui seront pilotables

Choix parmi 5 pièces

De 0 à 4

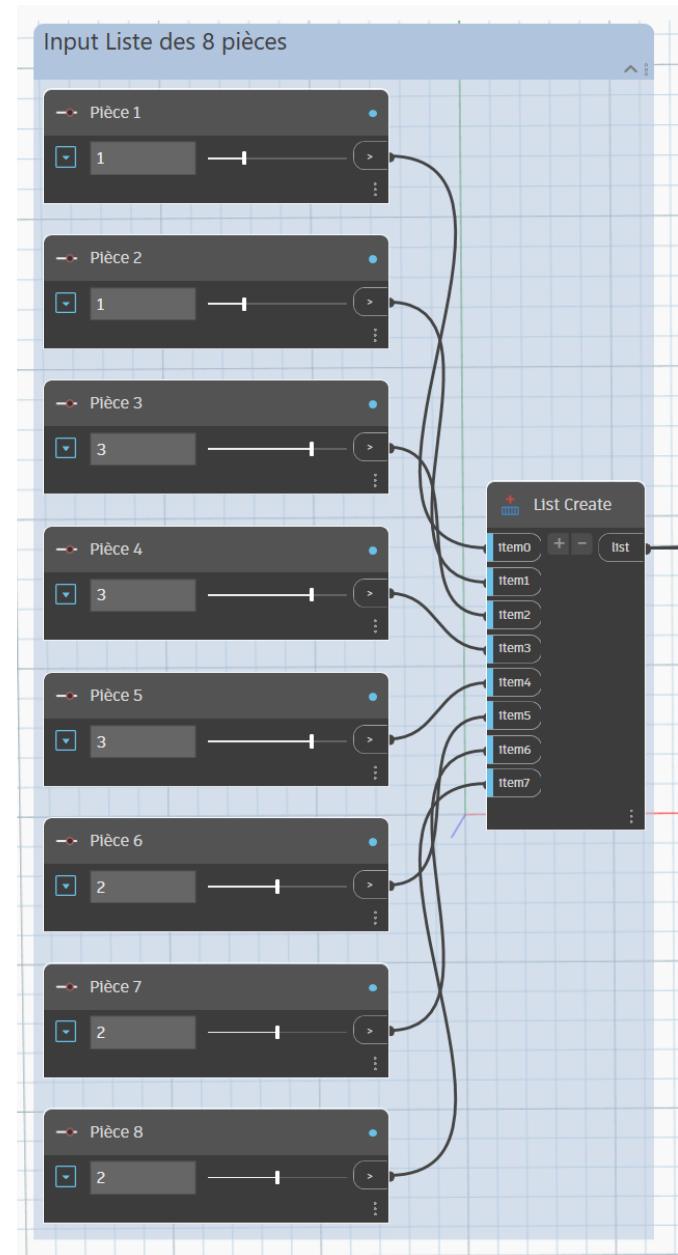


Petit exemple pratique

Plan de bataille 3 – Adaptations

Et on fait ça pour un nombre de pièces imposé:

On rend la sélection des pièces pilotable



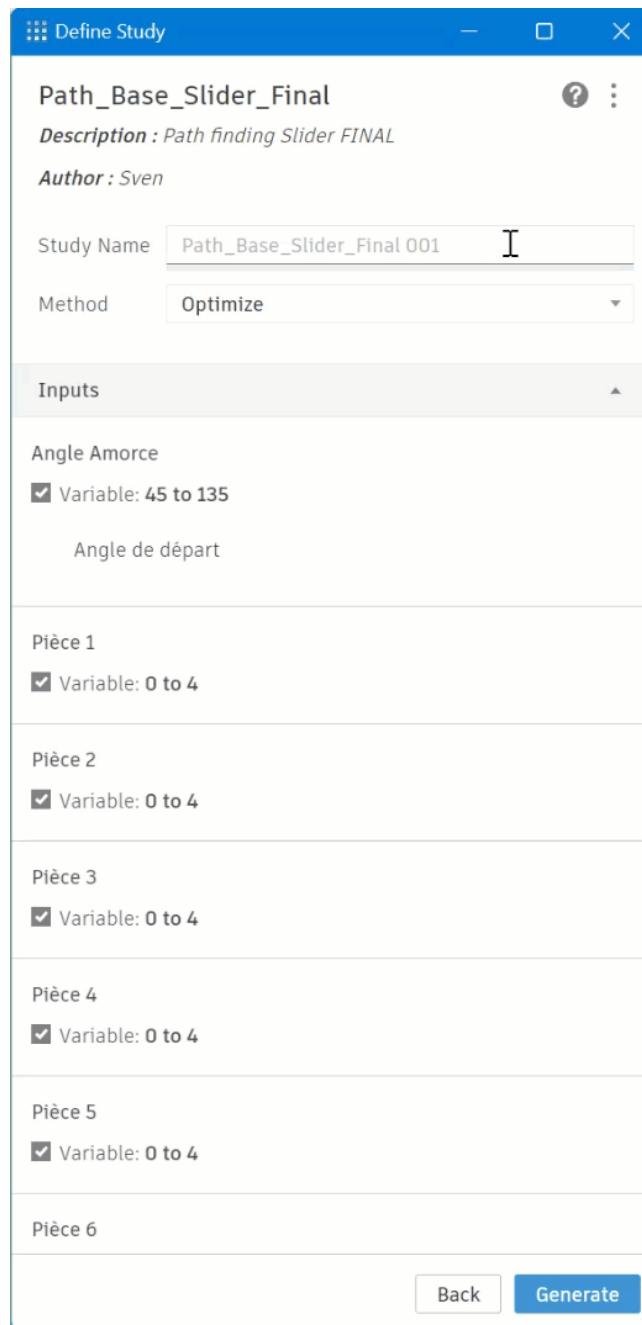
Petit exemple pratique

Plan de bataille 3 – Adaptations

Si on relance la génération:

Temps de génération

Env. 3 minutes

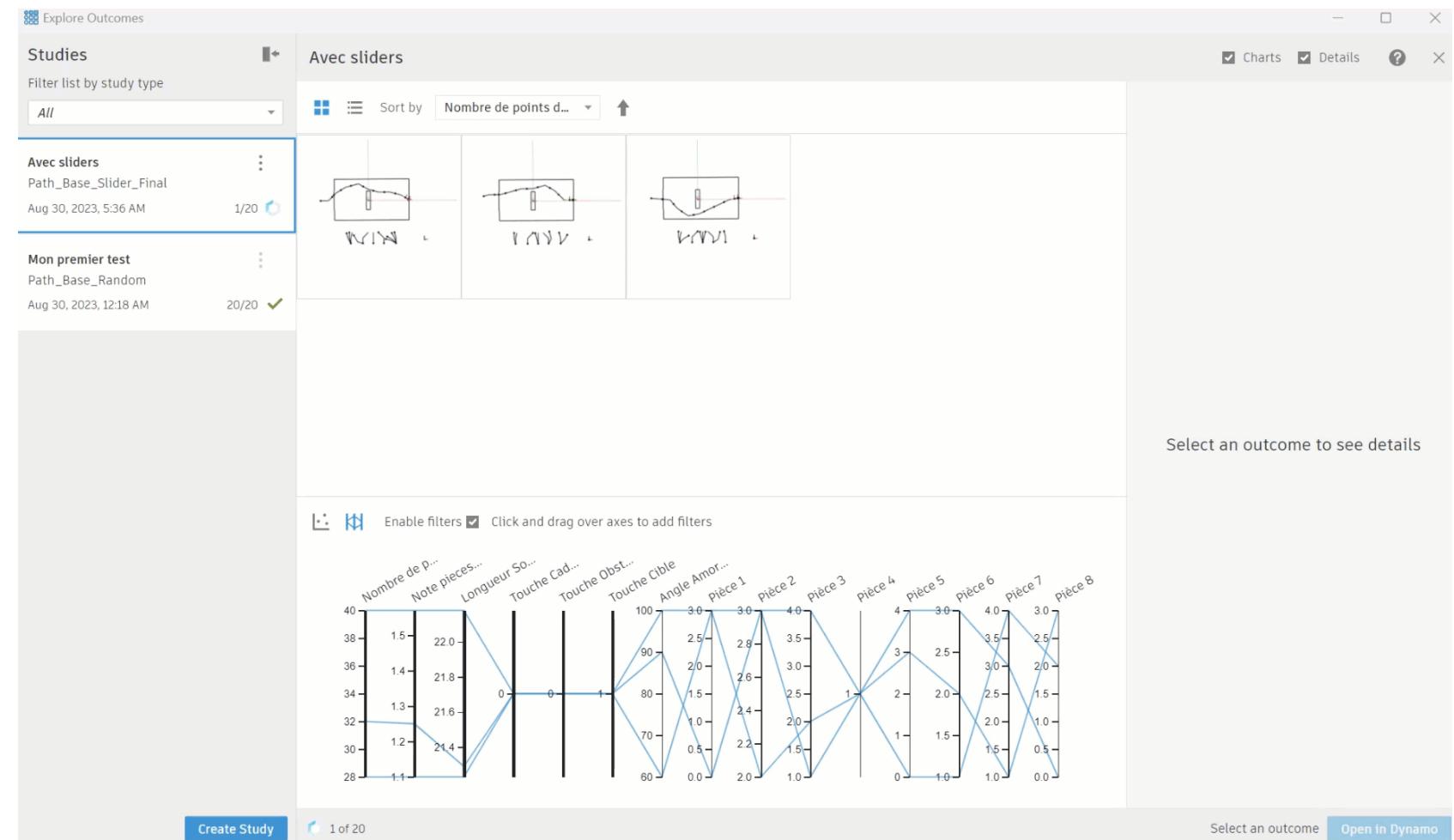


Petit exemple pratique

Plan de bataille 3 – Adaptations

Cette fois il arrive à piloter les sliders

Et propose des résultats plus définis



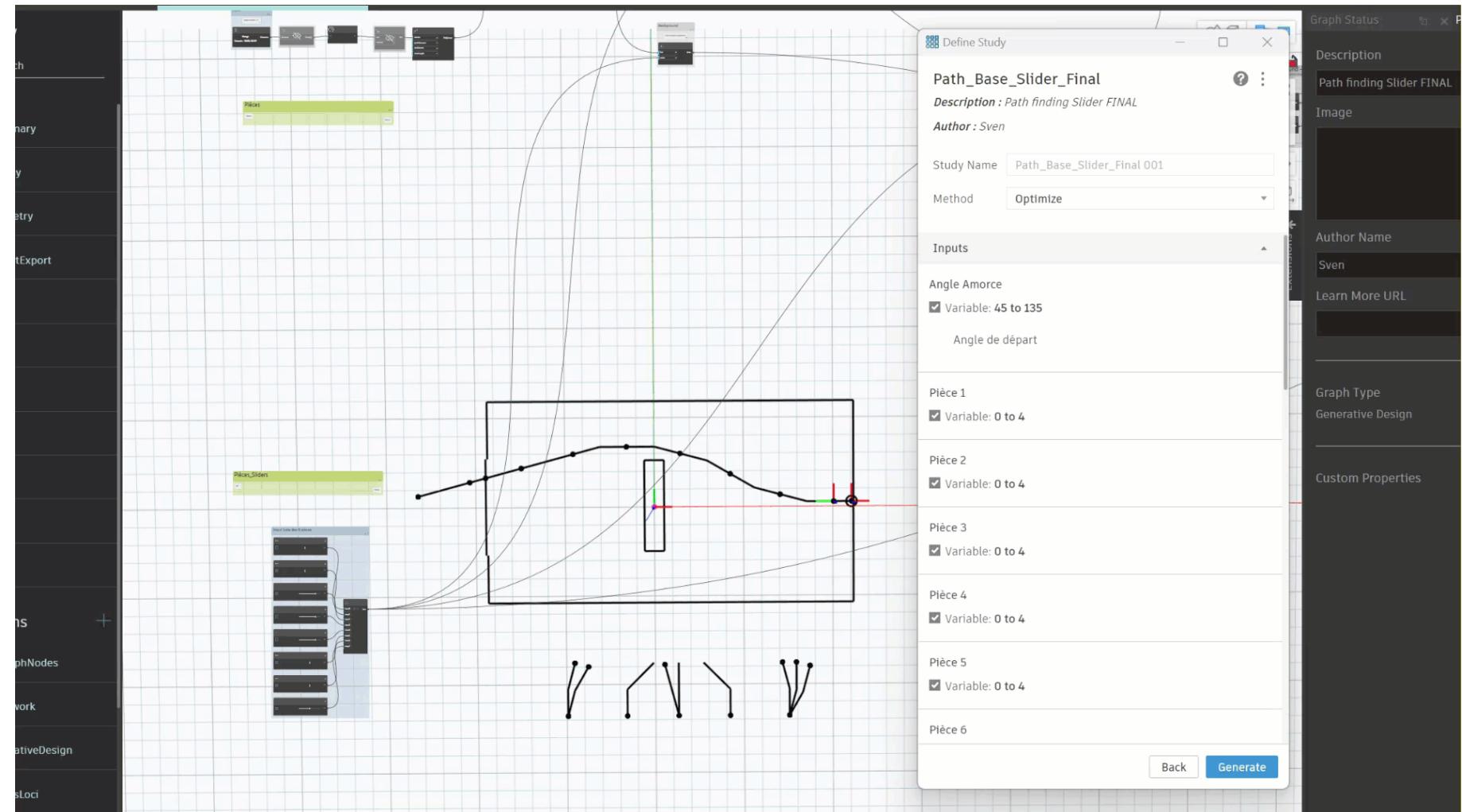
Petit exemple pratique

Plan de bataille 3 – Variante

On peut également ne pas optimiser la génération

Temps de génération

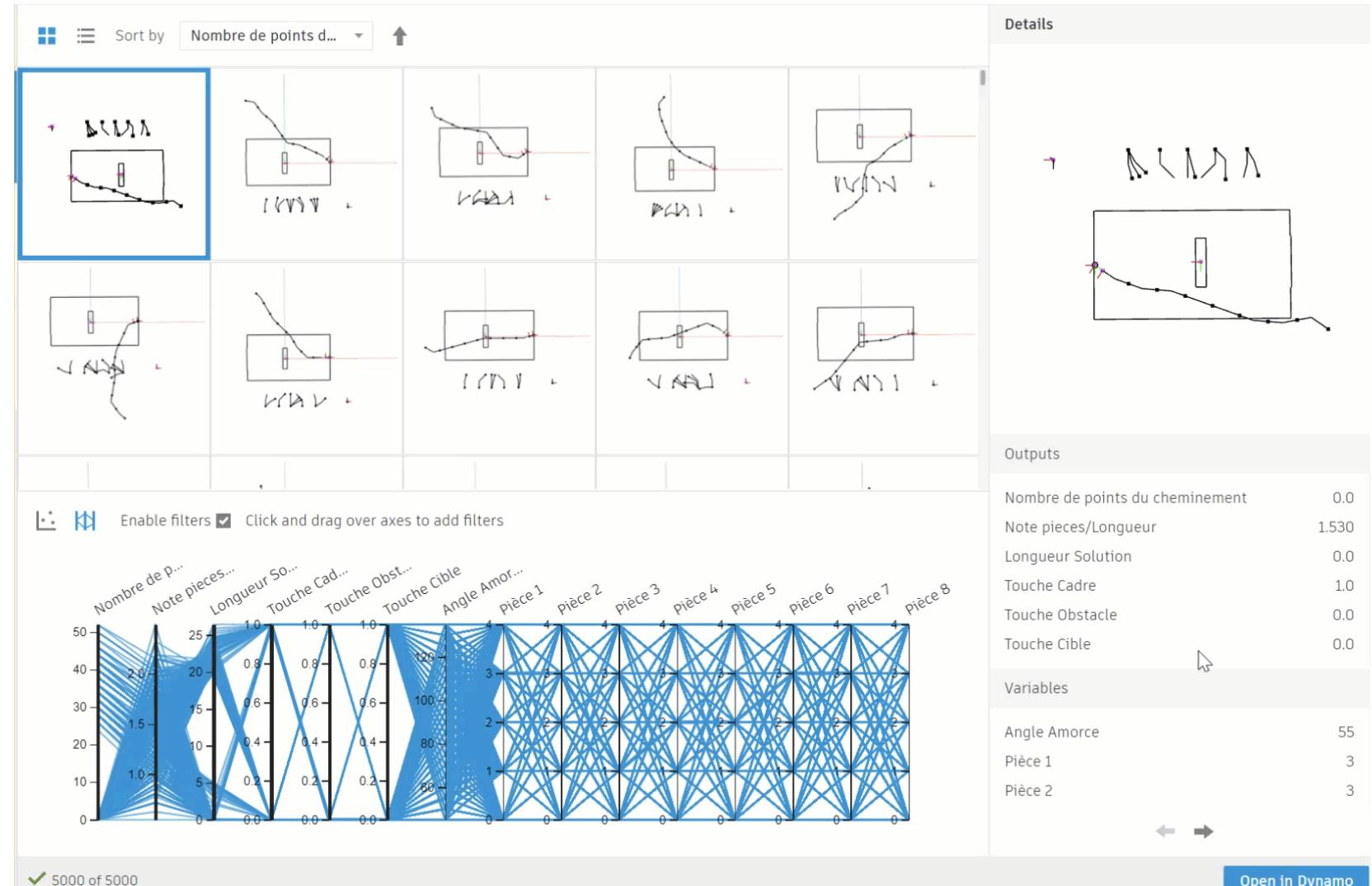
Env. 7 minutes



Petit exemple pratique

Plan de bataille 3 – Variante

Plus qu'à filtrer
les résultats
Et choisir une variante



Petit exemple pratique

Solution générée!

Désormais, on peut soit utiliser la solution générée

Soit l'adapter un peu manuellement

Soit venir adapter le « programme » pour obtenir d'autres types de résultats

C'est souvent la solution mise en oeuvre



Solutions personnalisées

Vous pouvez soit partir des éditeurs de codes de vos solutions de modélisation, soit complètement développer des plugins ou programme de zéro

Dans tous les cas, c'est la solution la plus personnalisable mais également la plus compliquée à mettre en oeuvre

Autres explorations

Vous avez vu passer les outils de génération d'image?

Vous en connaissez?

Autres explorations

- Midjourney
- Stable Diffusion
- Leonardo
- Etc..

Autres explorations

- On donne un « prompt » ou une description

- Et hop!



c r b

Autres explorations

Prompt: a photorealistic rendering of a concrete bridge, assymetrical archs in a prairie crossing a river --ar 16:9



Autres explorations

Et si.... On arrivait à créer un modèle 3D à partir de cette image?

Autres explorations

Des idées?

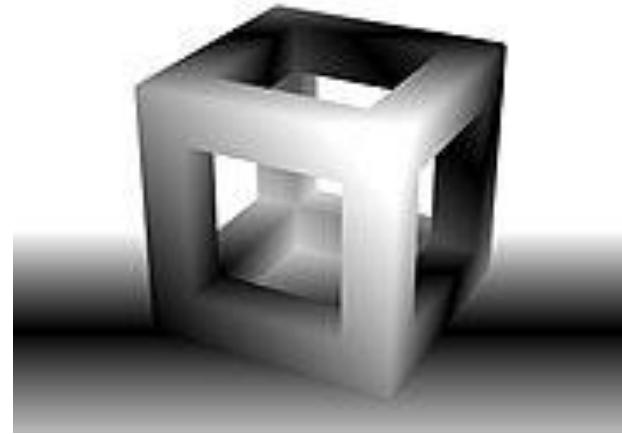
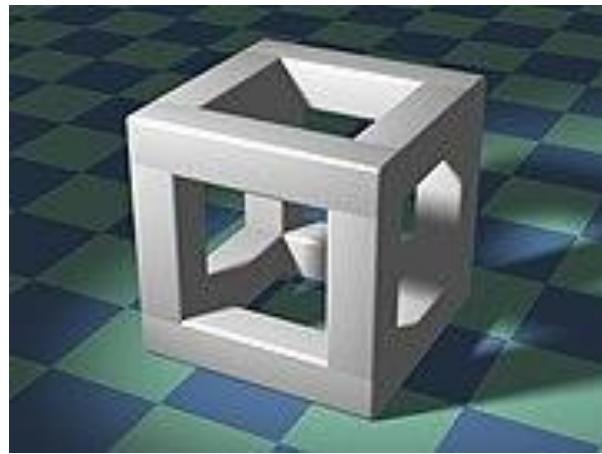
Autres explorations

Vous connaissez les depth map?

(carte de profondeur?)

Autres explorations

En fonction de la teinte, ça définit ce qui est proche ou éloigné du plan focal



Autres explorations

Est-ce que l'on n'arriverait pas à créer une depth map interprétée depuis une seule image?

Par exemple... notre image générée

Autres explorations

MiDaS

Outil open source basé sur le machine learning pour générer des Depth map à partir d'une seule Image

Parfait!

[View on Github](#) [Open on Google Colab](#) [Open Model Demo](#)

MiDaS

By Intel ISL

MiDaS models for computing relative depth from a single image.

Model Description

MiDaS computes relative inverse depth from a single image. The repository provides multiple models that cover different use cases ranging from a small, high-speed model to a very large model that provide the highest accuracy. The models have been trained on 10 distinct datasets using multi-objective optimization to ensure high quality on a wide range of inputs.

Dependencies

MiDaS depends on [timm](#). Install with

```
pip install timm
```

Example Usage

Download an image from the PyTorch homepage

```
import cv2
import torch
import urllib.request

import matplotlib.pyplot as plt
```

Autres explorations

Je prends mon image de pont, je la passe dans MiDaS et je récupère une depthmap?



Autres explorations

Et maintenant il faut interpréter la depth map et l'image

Blender

LEiaPix converter

Rhino + grasshopper

Etc.



Mais également:



Lien: <https://depthmapviewer.ugocapeto.com/>

Autres explorations

Ce n'est pas parfait

Mais les modèles s'améliorent vite (voir GPT..) et de nouveaux outils émergent régulièrement

Imaginer une solution:

Générer l'image > Faire la depth map > Créer un nuage de point > Faire de la reconnaissance de forme sur le nuage de point > Générer un modèle 3D

Va devenir du monde du réel d'ici quelques temps

Conclusion

Le Generative Design arrive !

Mais il va falloir jouer un peu avec avant de pouvoir en profiter

Dans un premier temps, il va falloir apprendre à mieux décrire nos intentions et notre environnement pour que les logiciels nous comprennent

Il y aura bientôt plein de nouveaux outils et cas d'usage possible

La prise en main des solutions intégrées devrait se simplifier dans les années à venir

En résumé

Notre job va devenir encore plus intéressant pour les gens curieux et ouverts à apprendre de nouvelles choses

Si vos cas d'usage ont une solution « clé en main », il serait intéressant de déjà vous y mettre

Avec les solutions intégrées et solutions personnalisées, c'est encore majoritairement exploratoire et nécessite des ressources assez spécifiques

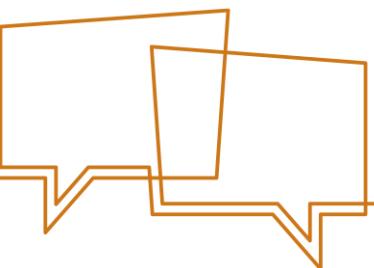
Les documents

Les slides ainsi que la plupart des modèles et scripts produits sont disponibles
(Revit 2024, Dynamo)

Lien: https://github.com/SvenAmiet/2023_DigitalisationCH

Questions?

Merci pour votre attention



CRB. Pour une compréhension réciproque.