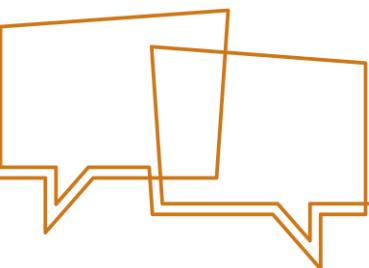


# Le Generative Design

Introduction pour la construction



CRB. Pour une compréhension réciproque.

Académie d'été HES-SO 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 les étudiants et les professionnels du secteur de la construction qui sont curieux d'explorer des approches moins conventionnelles
- Bien que nous aborderons les concepts essentiels, ce n'est pas un atelier dédié à sa mise en pratique

# 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](mailto:sven.amiet@emchberger.ch)



Emch+  
Berger

c r b

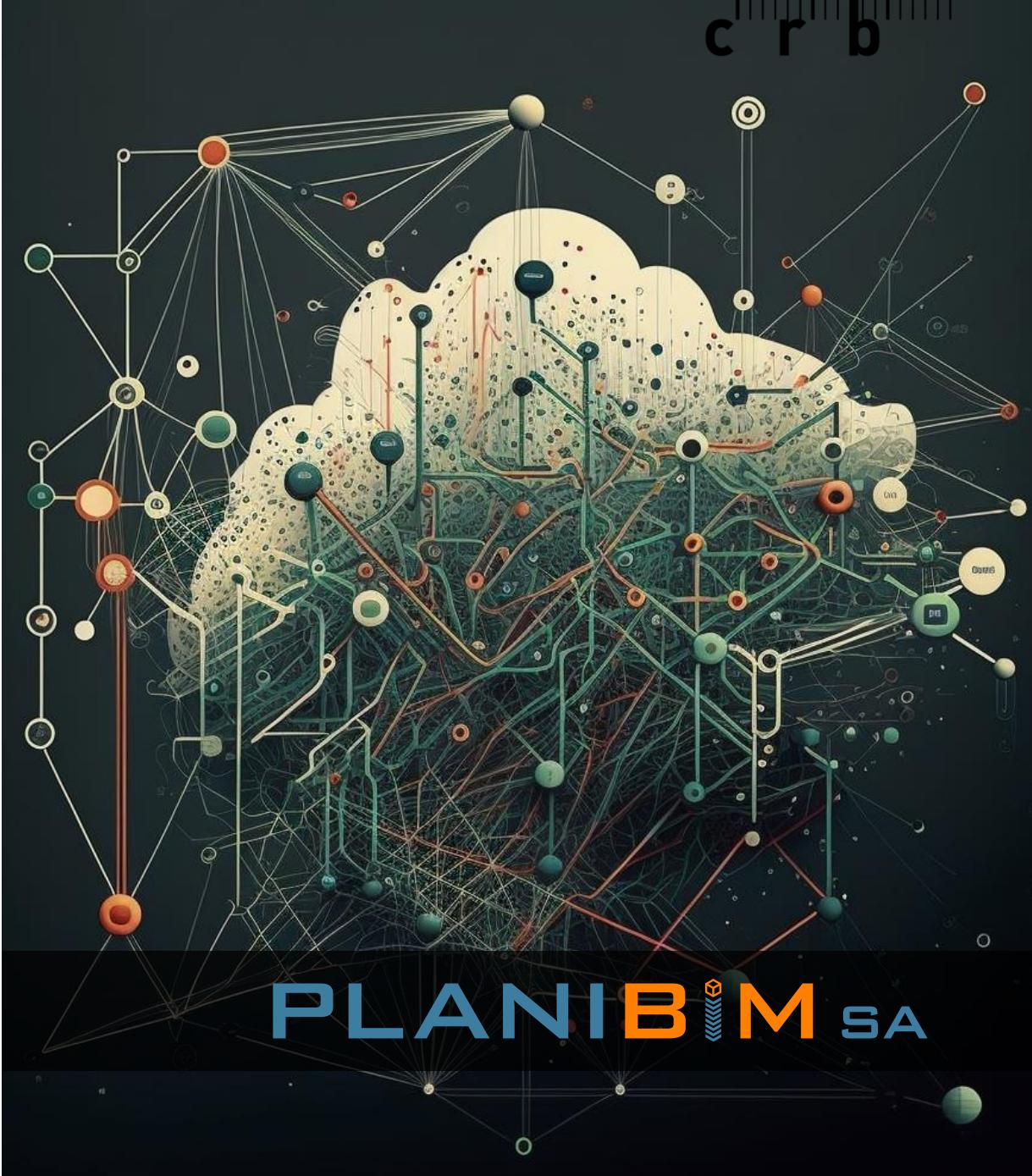
# PlaniBIM SA

## 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](mailto:sven.amiet@planibim.com)



Autre...



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



[ConversationConstructive.ch](http://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)

# Présentation participative

Pour participer et répondre à des questions

Utile sur les slides quand il y aura ce logo:



Vous pouvez laisser la page ouverte



Joignez-vous à :  
[ahaslides.com/  
OGONO](https://ahaslides.com/OGONO)

# Présentation participative



AhaSlides

Par exemple, maintenant...

# AGENDA

## Ce que l'on va voir ensemble

**01** Introduction p. 11

**02** Clé en main p.16

**03** Intégrées p.22

**04** Personnalisées p.58

**05** Autre exploration p.59

**06** Documentation p.75

**07** Questions p.76

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

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

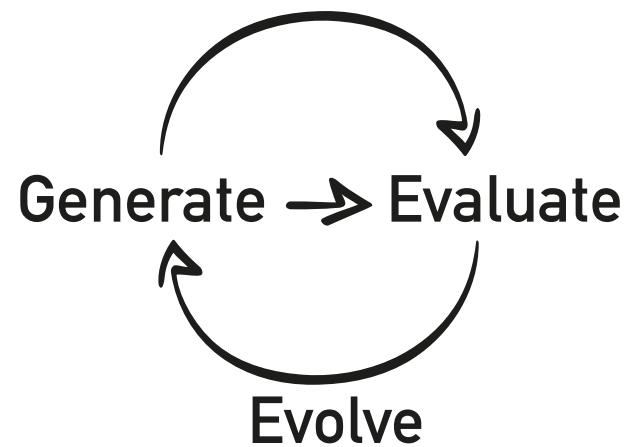
Il peut être **ou non** couplé avec de l'apprentissage automatique (ML ou IA)

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

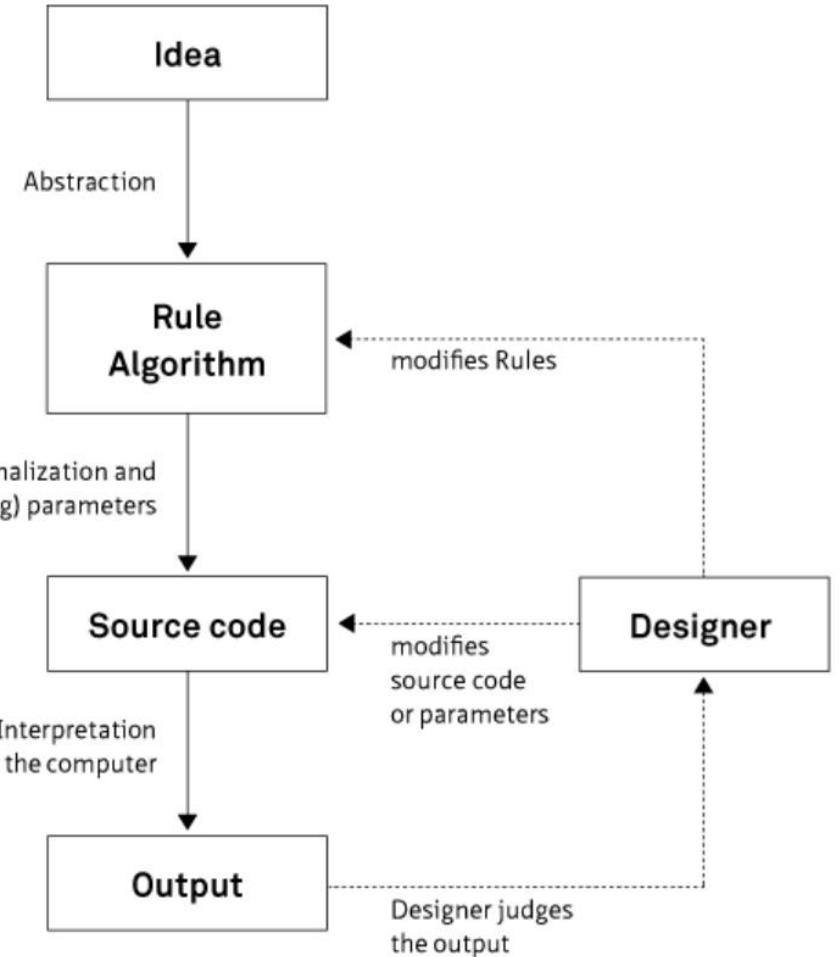
Il est important de se souvenir que le Generative Design **ne donne pas** LA meilleure solution mais nous propose une solution optimisée **contenue dans l'échantillonnage que l'on a pu générer**

# 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



Copyright Hartmut Bohnacker, Julia Laub, Benedikt Groß, Claudius Lazzeroni (2009)  
Book „Generative Gestaltung“, [www.generative-gestaltung.de](http://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?

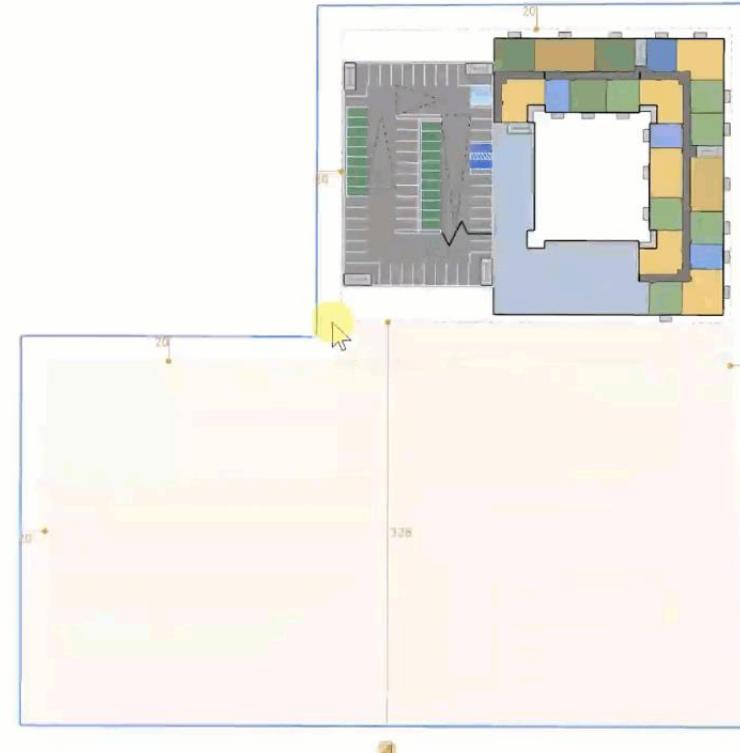
Les outils clé en main

Par exemple: [testfit.io](https://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	

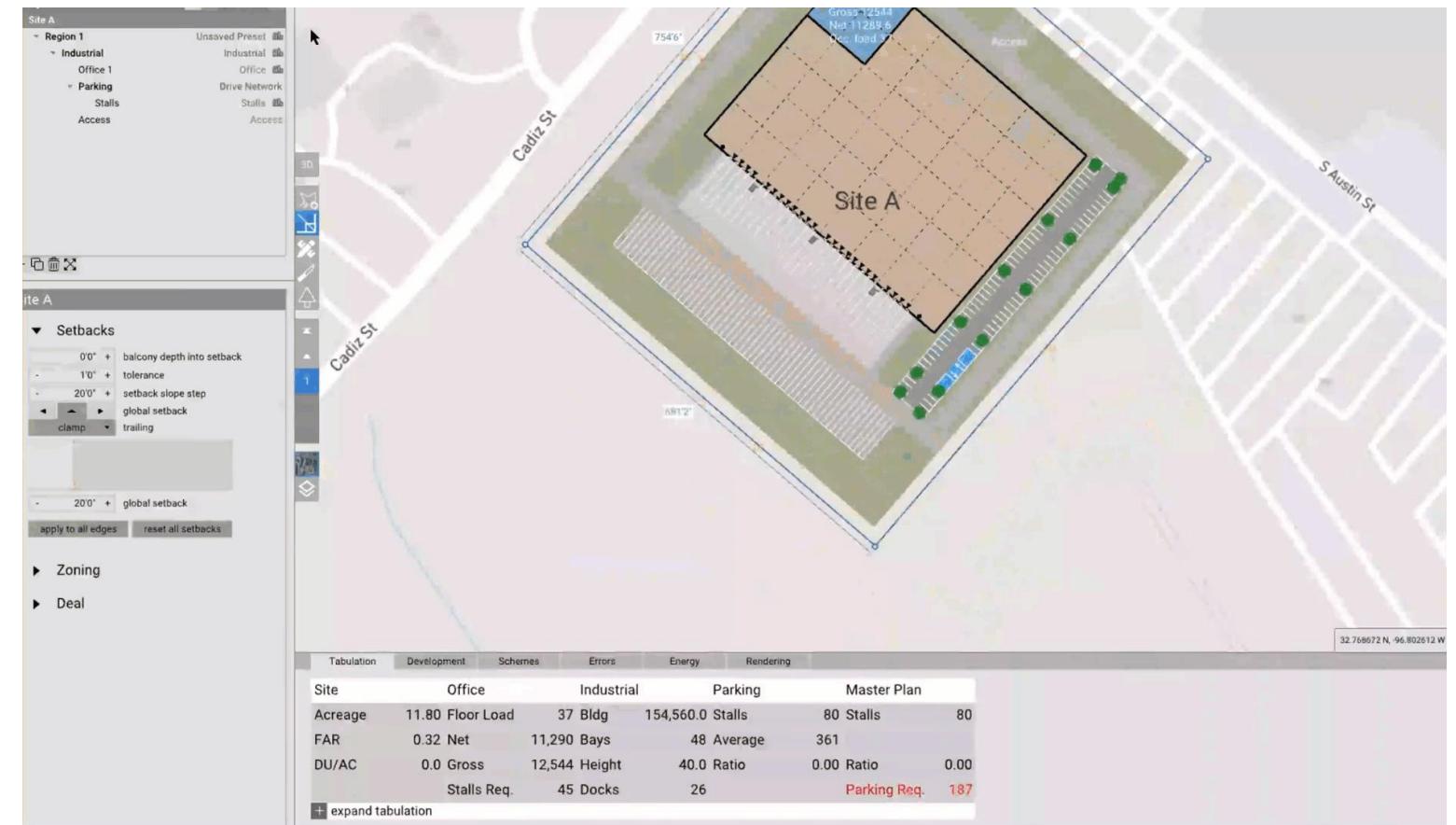
Les outils clé en main  
Par exemple: testfit.io



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

### Quelques autres

Hypar.io



Archistar.ai



Archistar

DBF Digital Blue Foam



Digital Blue Foam

Mais aussi  
Delve, Forma, 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



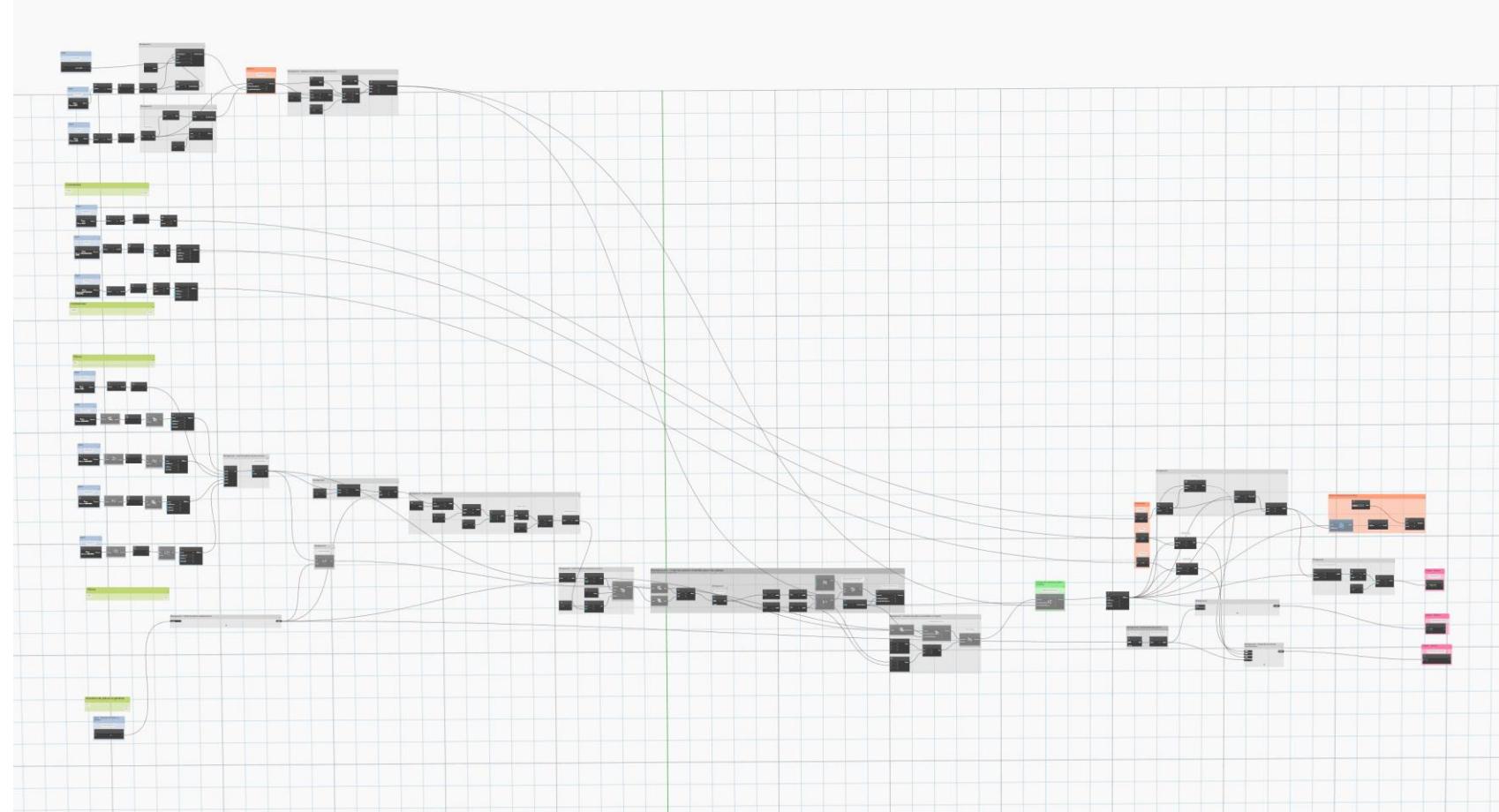
Et pour les utilisateurs de Blender  
→ Geometry nodes & Sverchok

# Les outils intégrés aux outils de modélisation

Par exemple: Dynamo



Ça peut ressembler à un petit monstre de spaghetti comme ça

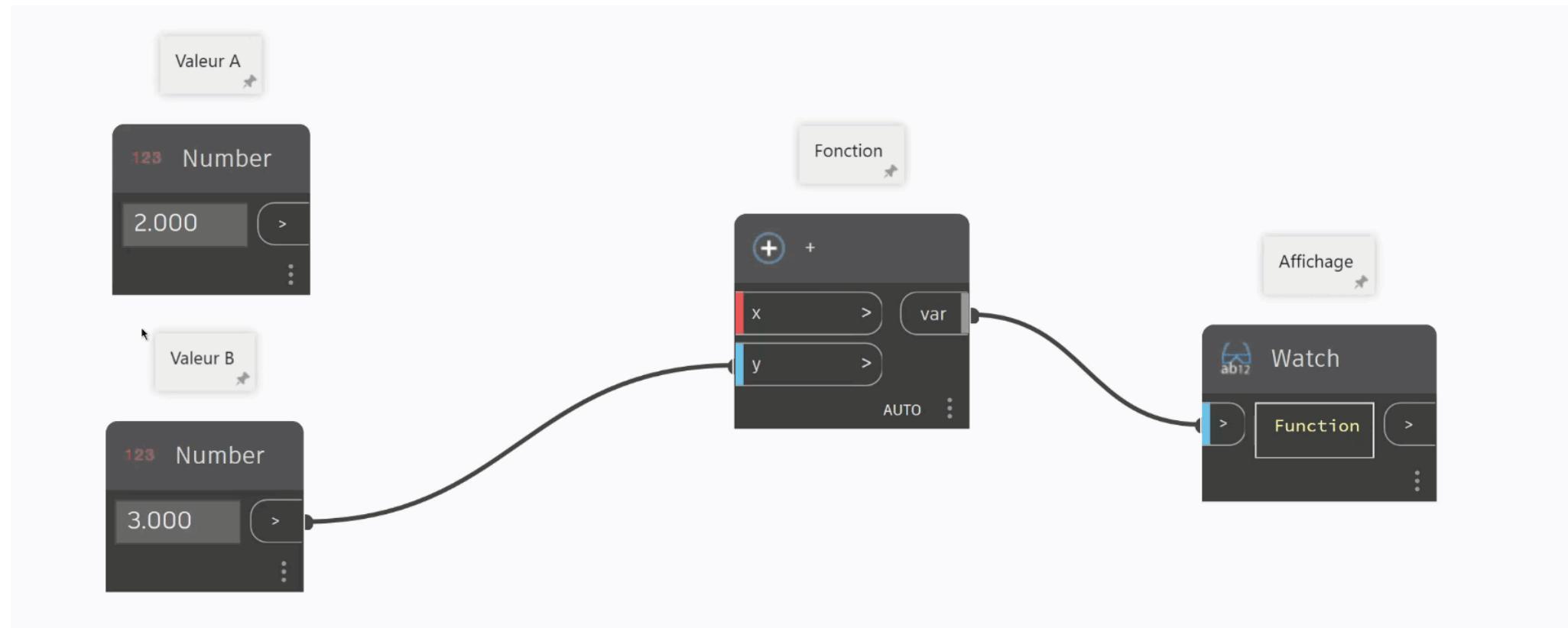


# Les outils intégrés aux outils de modélisation

Par exemple: Dynamo



Mais en fait c'est très simple

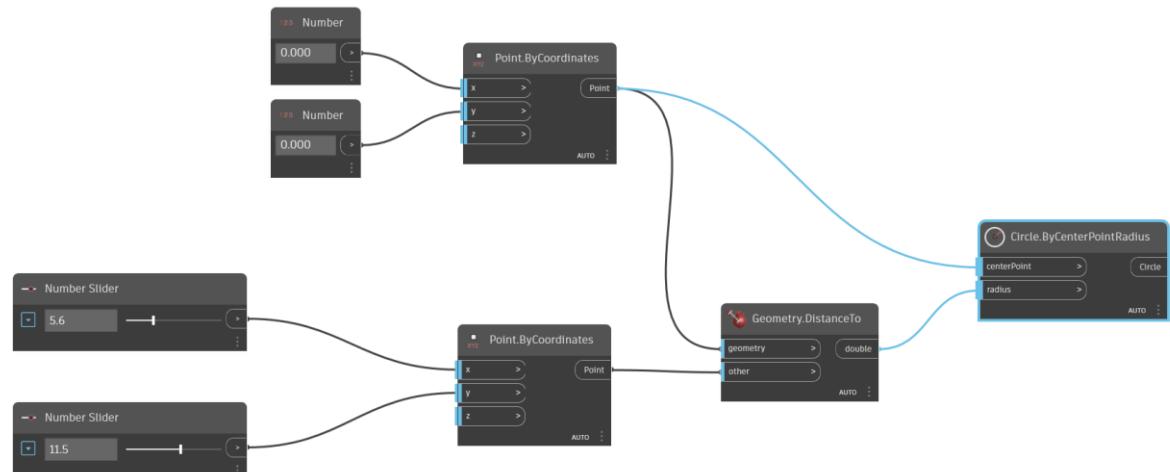


# Les outils intégrés aux outils de modélisation

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);
```

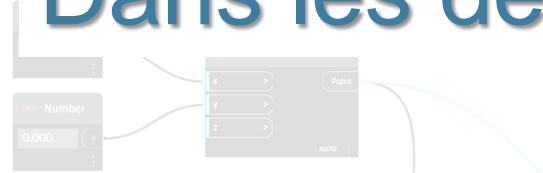
*Exemple du dynamo primer*

# Les outils intégrés aux outils de modélisation

Par exemple: Dynamo

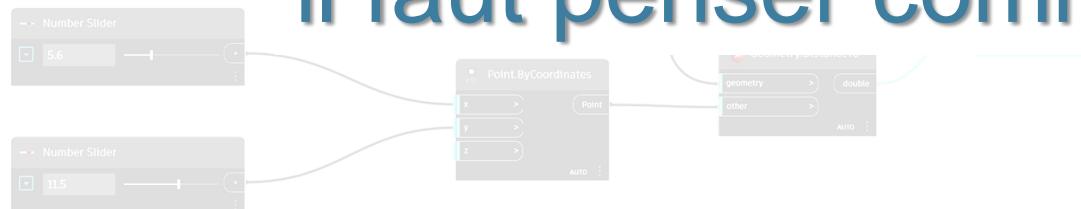


■ Programmation visuelle



■ 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

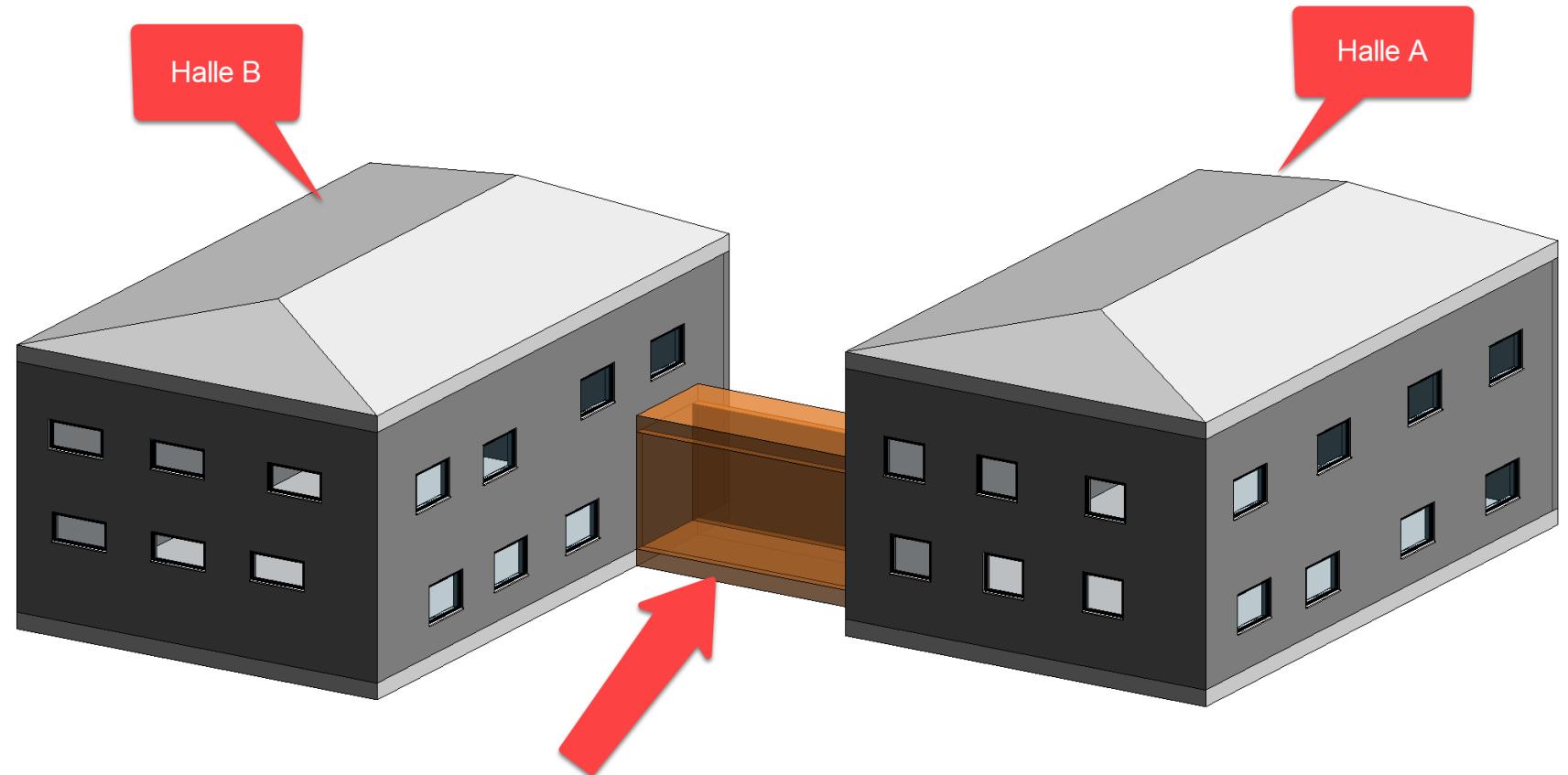
Et si on décortiquait un cas pratique simple?

## 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

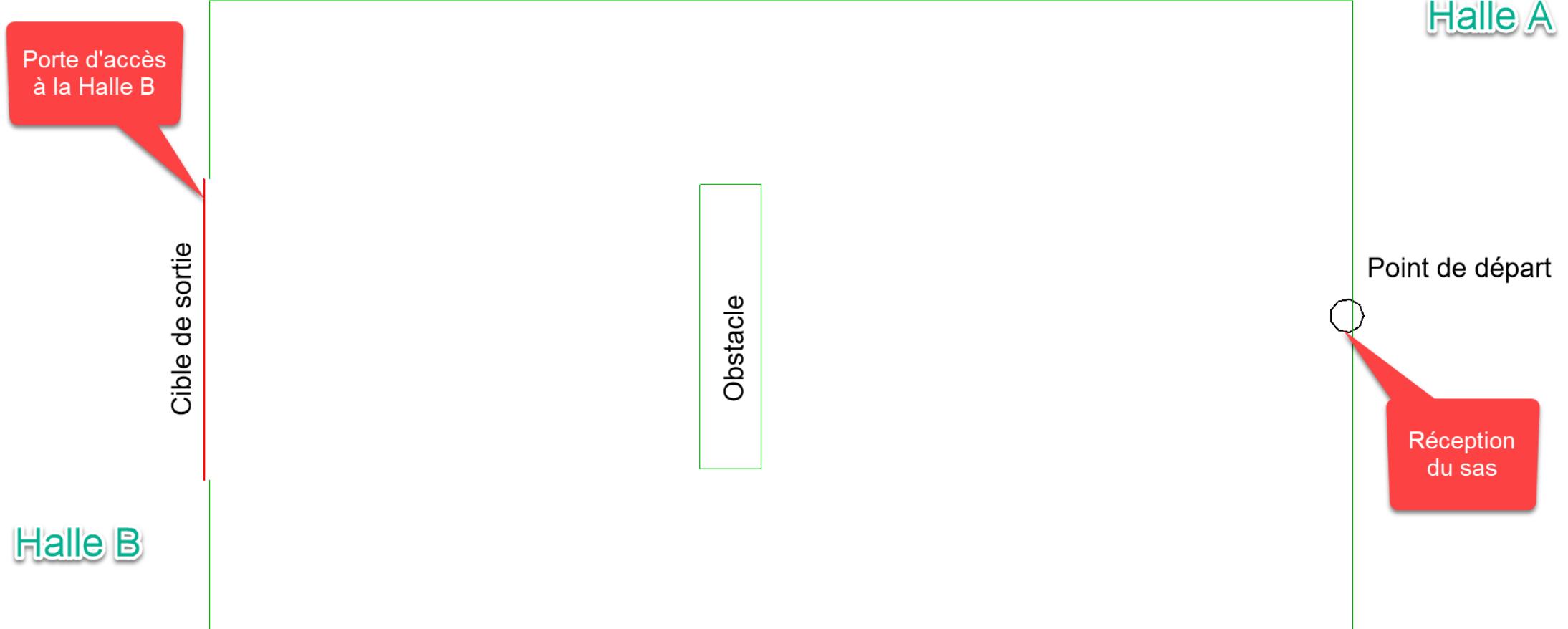
Mais...

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  $15^\circ$  → il doit aller lentement  
(gauche et droite)

Des éléments avec angle à  $45^\circ$  → il doit les franchir très lentement  
(gauche et droite)



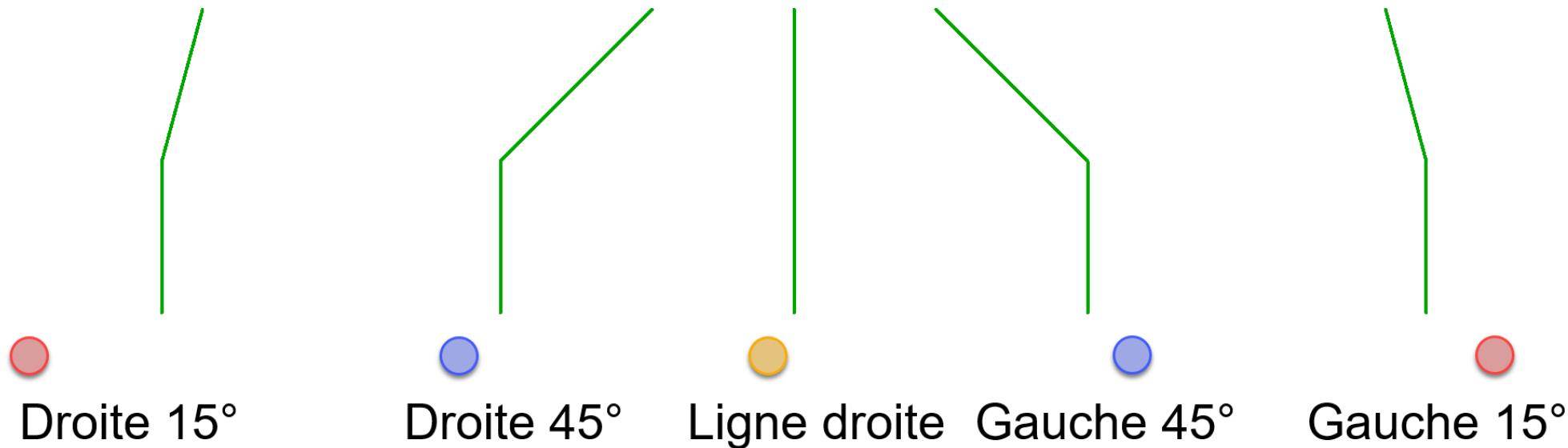
## Petit exemple pratique

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 ne doit traverser la liaison sans toucher 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

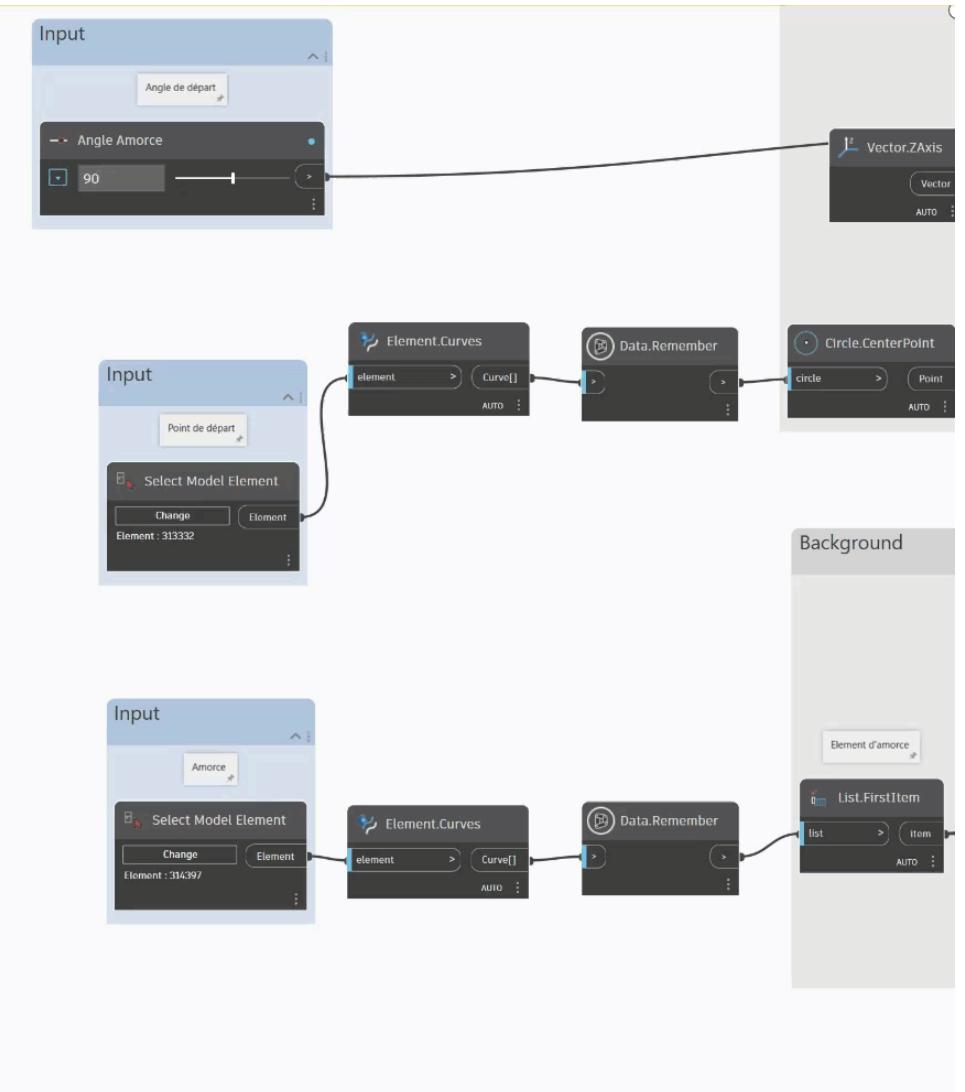
Créer un programme qui récupère:

- 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

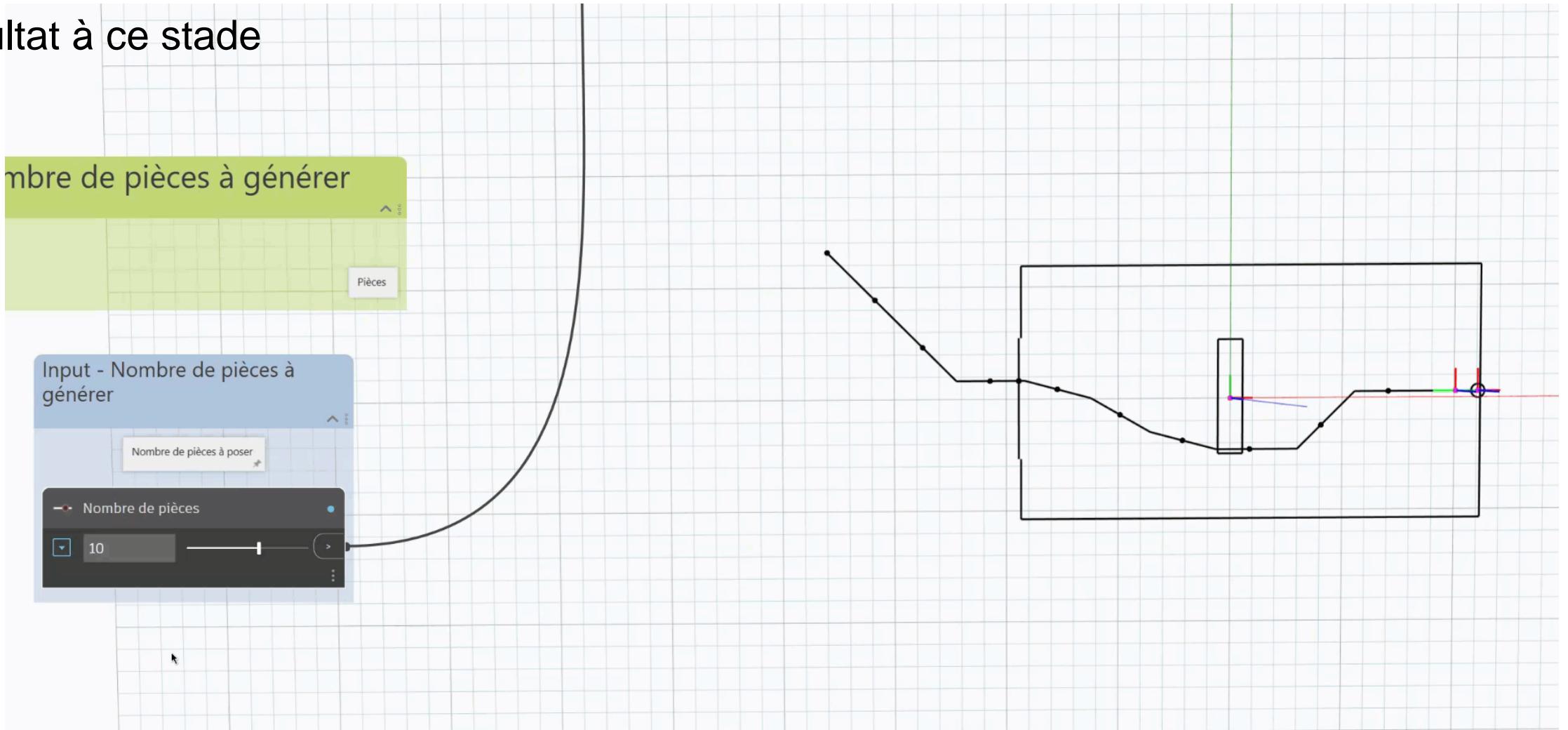
Ça ressemble à:



# 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<sup>8</sup> = 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  $-60^\circ$  et  $60^\circ$  sinon on limite les pièces de rail à disposition pour la suite du cheminement

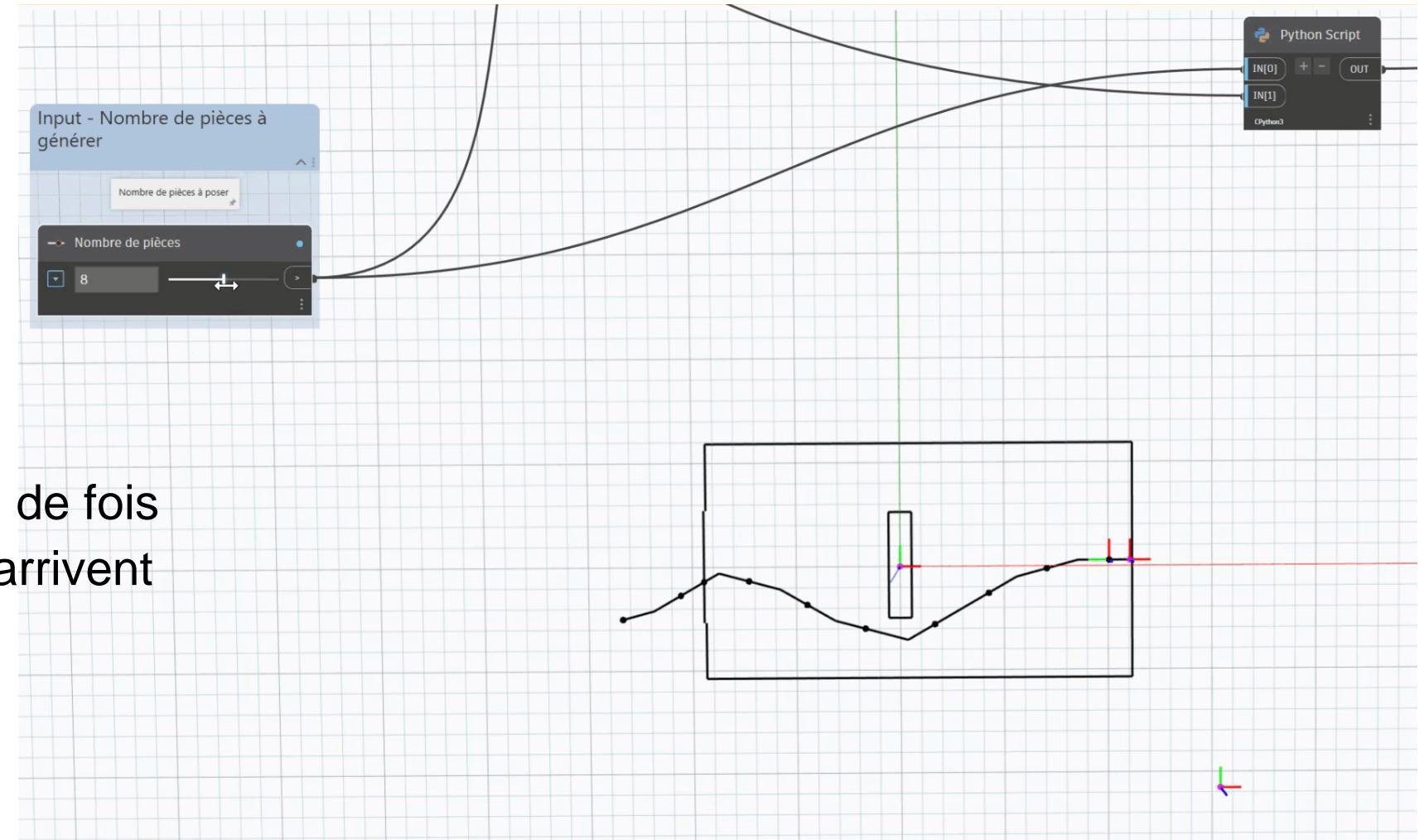
→ Ça forcerait un cheminement allant « plutôt » dans la direction de la cible

# 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

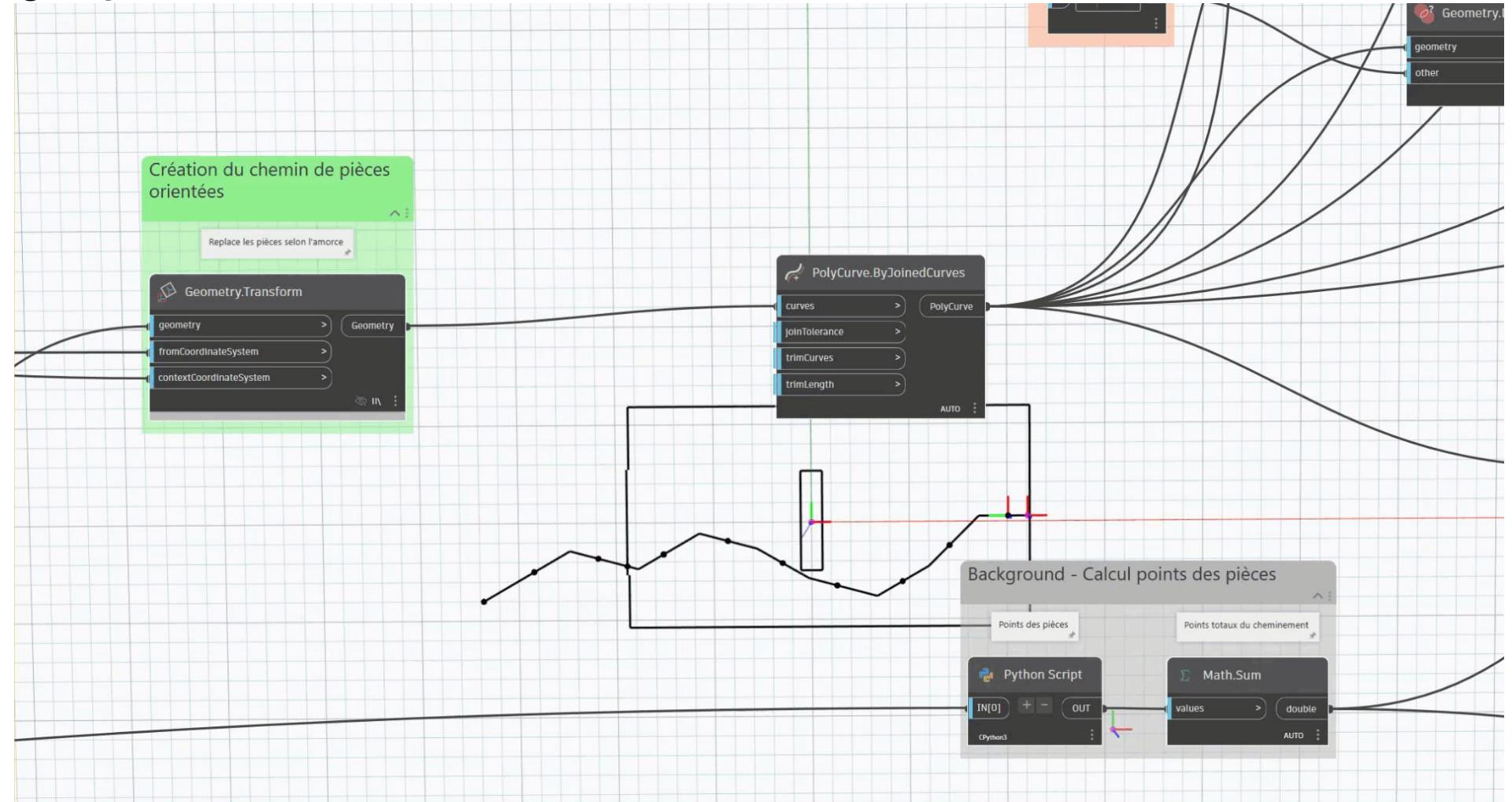
On ajoute des mesures et des évaluations sur les solutions pour analyser leur performance

- 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

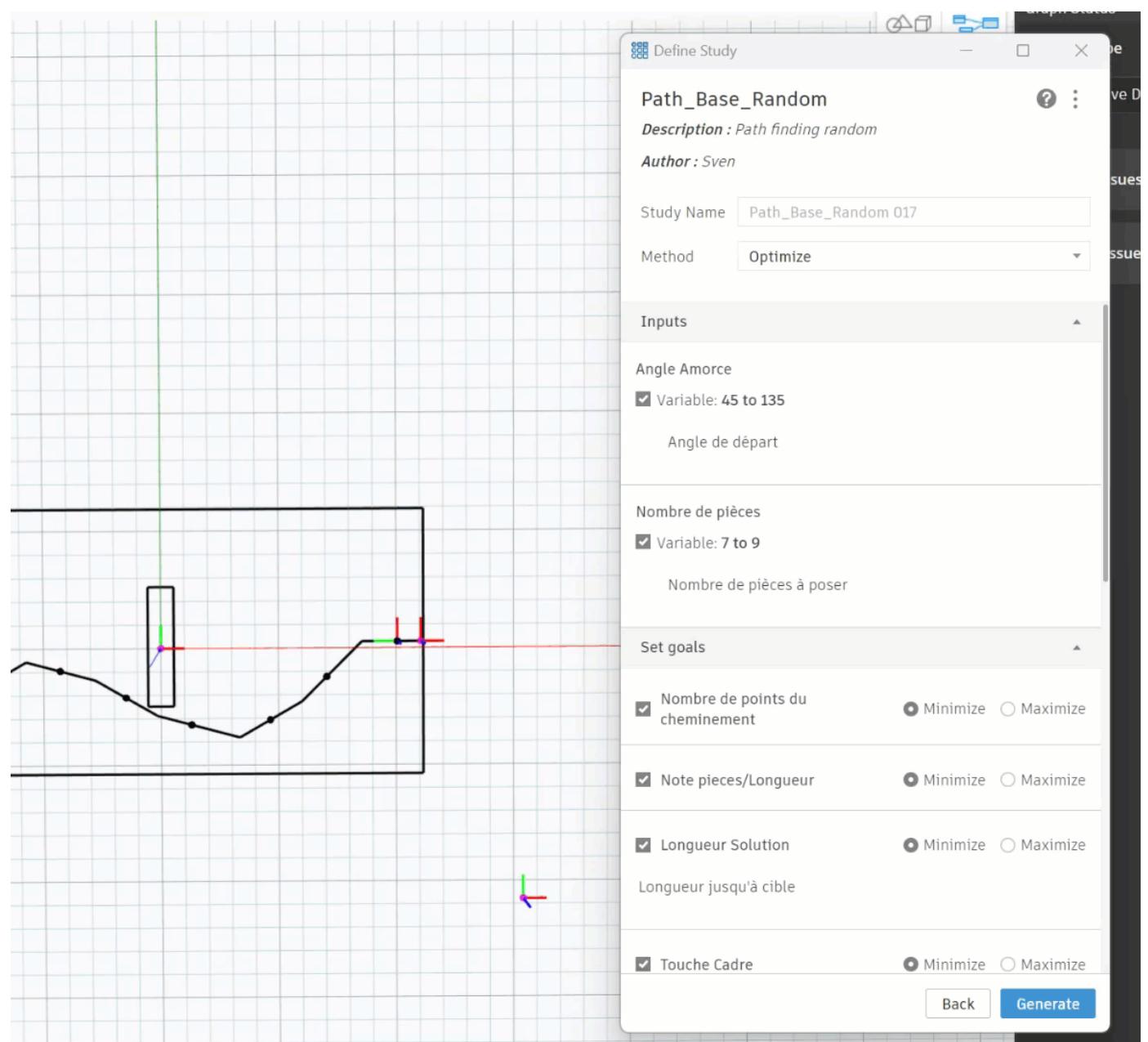
Des mesures et des valeurs pour évaluer les solutions proposées

Essayons!

# Petit exemple pratique

## Plan de bataille 2 – Génération!

Préparons notre première tentative



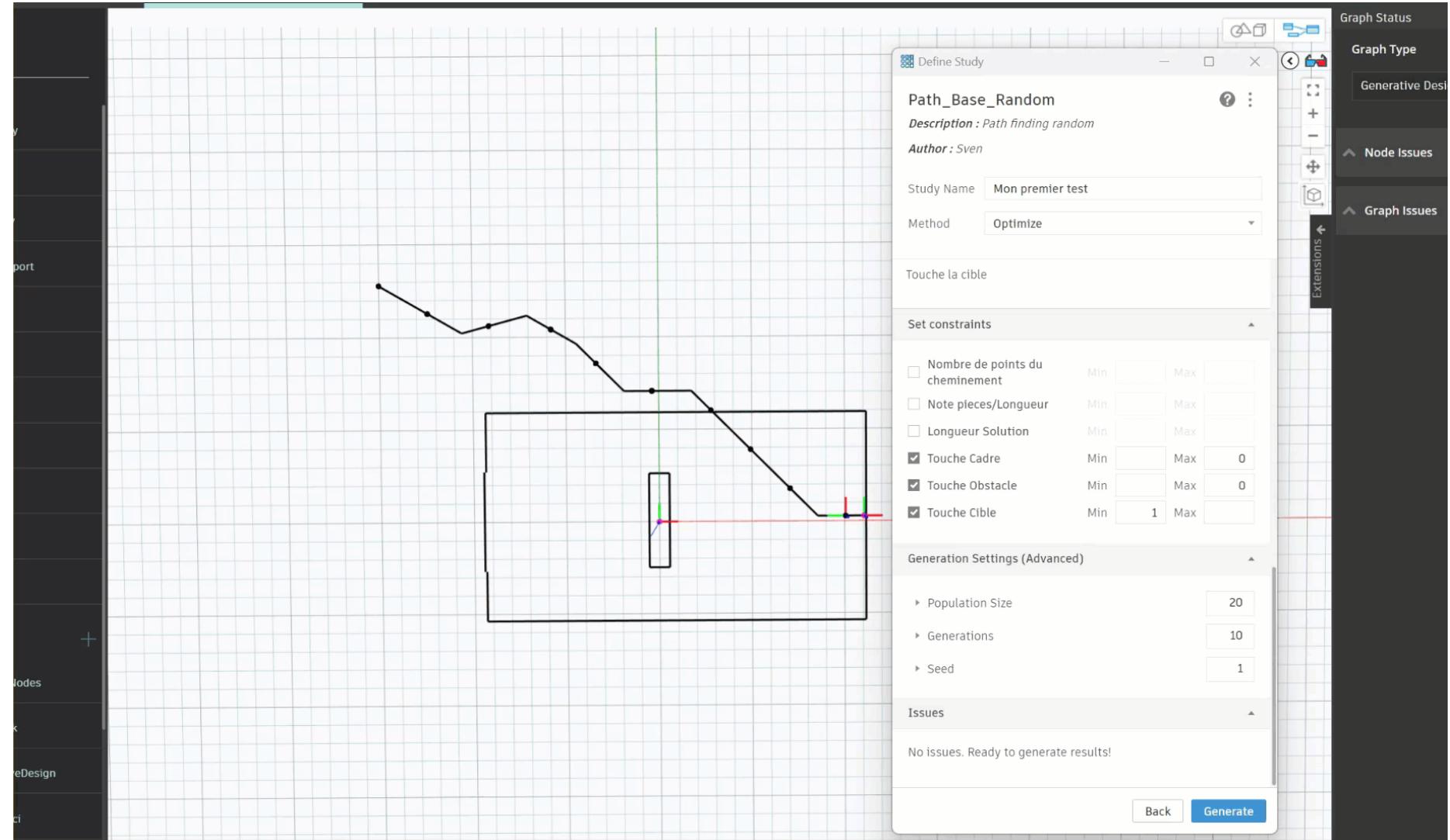
# Petit exemple pratique

## Plan de bataille 2 – Génération!

Et c'est parti!

Temps de génération

Env. 3 minutes



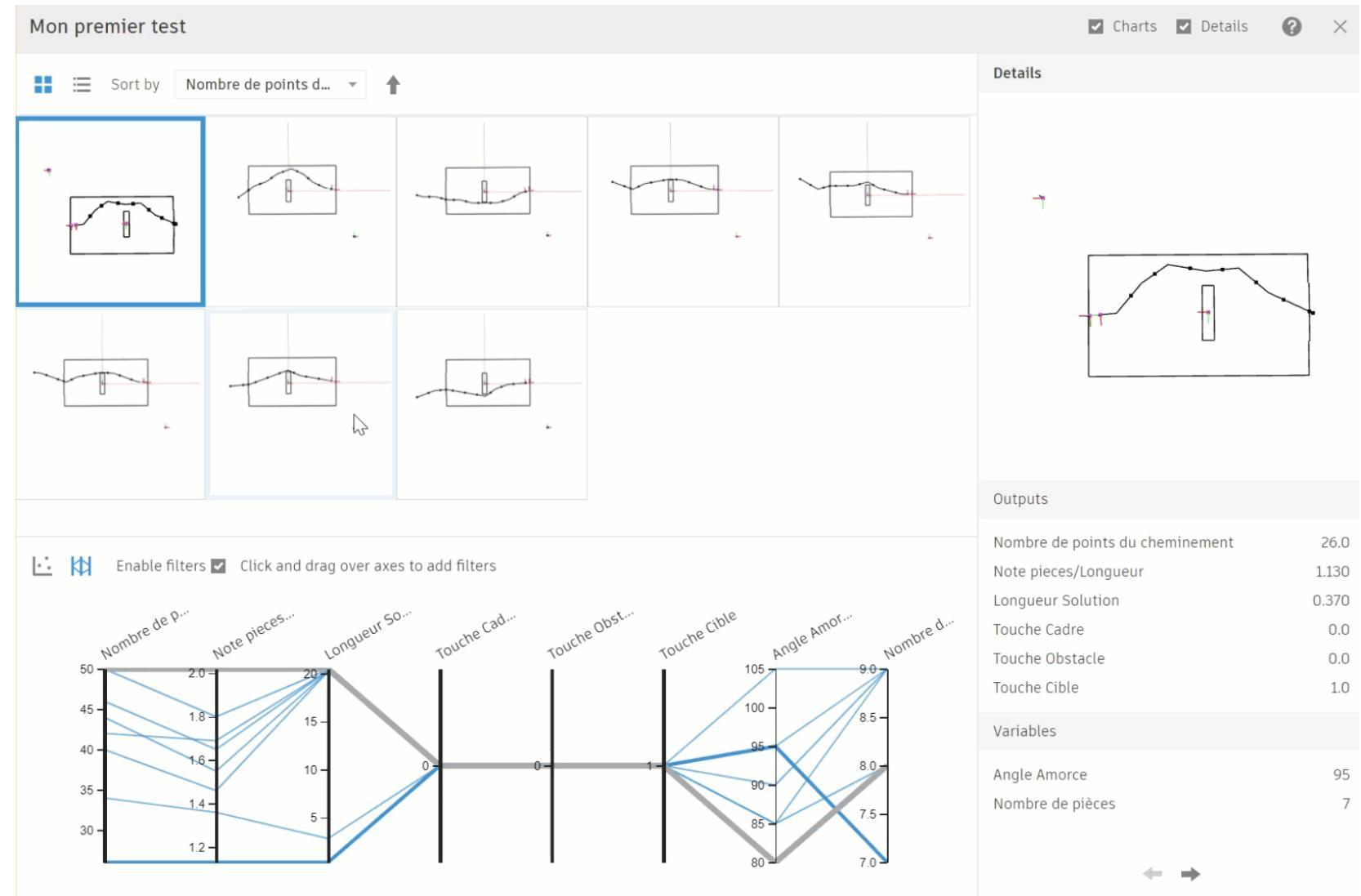
# Petit exemple pratique

## 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?

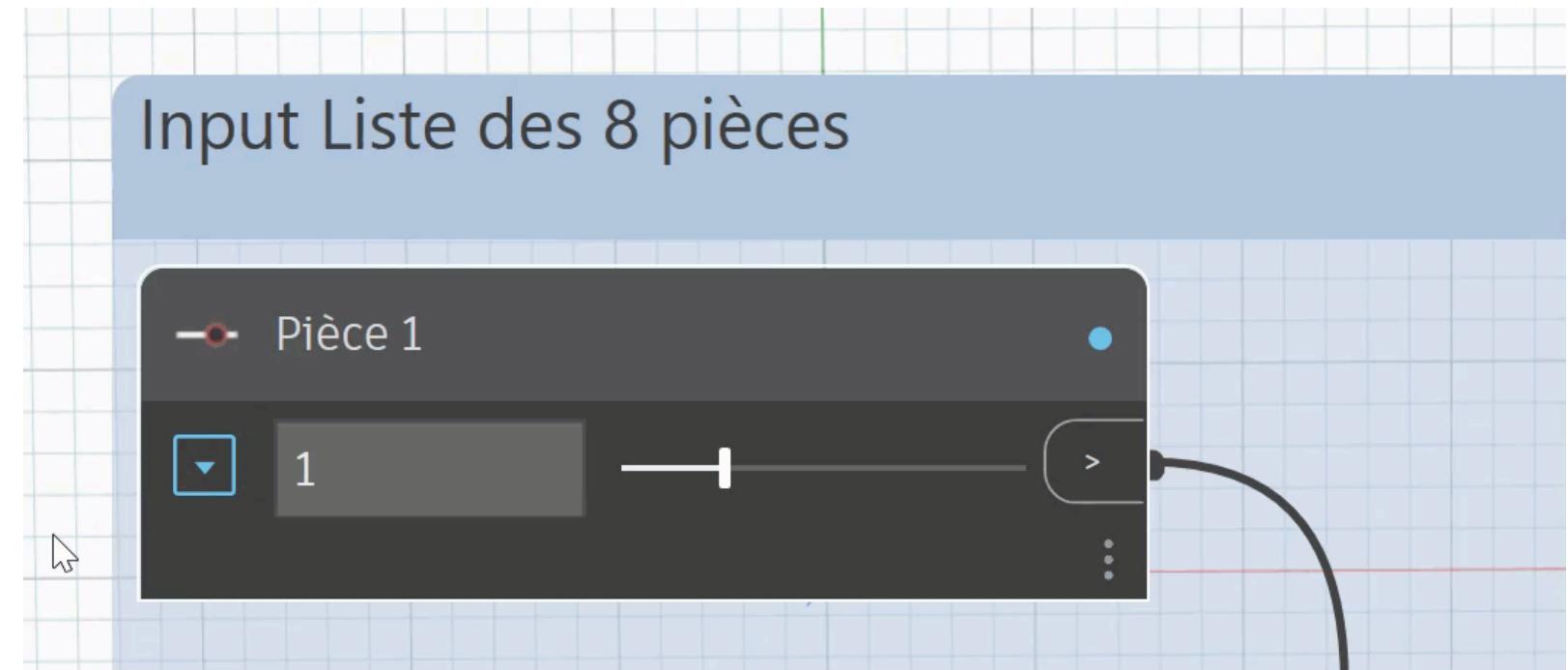
## Petit exemple pratique

### 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

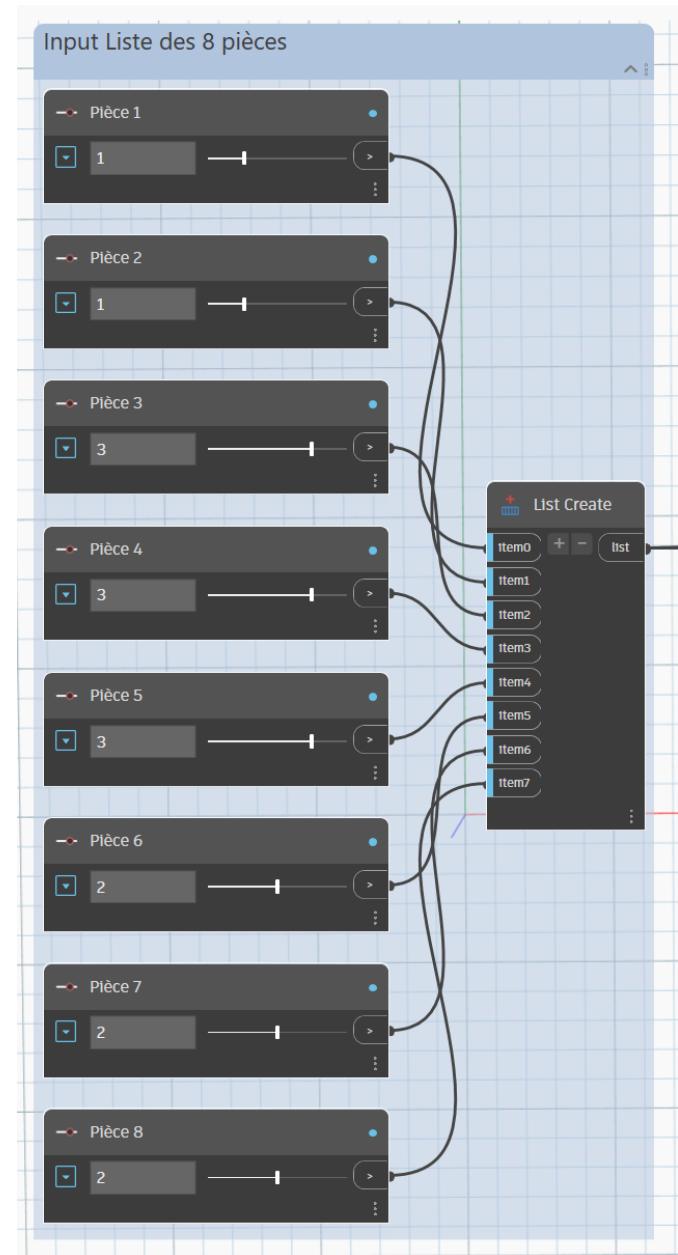


# Petit exemple pratique

## Plan de bataille 3 – Adaptations

Et on fait ça pour un nombre de pièces imposé:

On rend la sélection des pièces pilotable



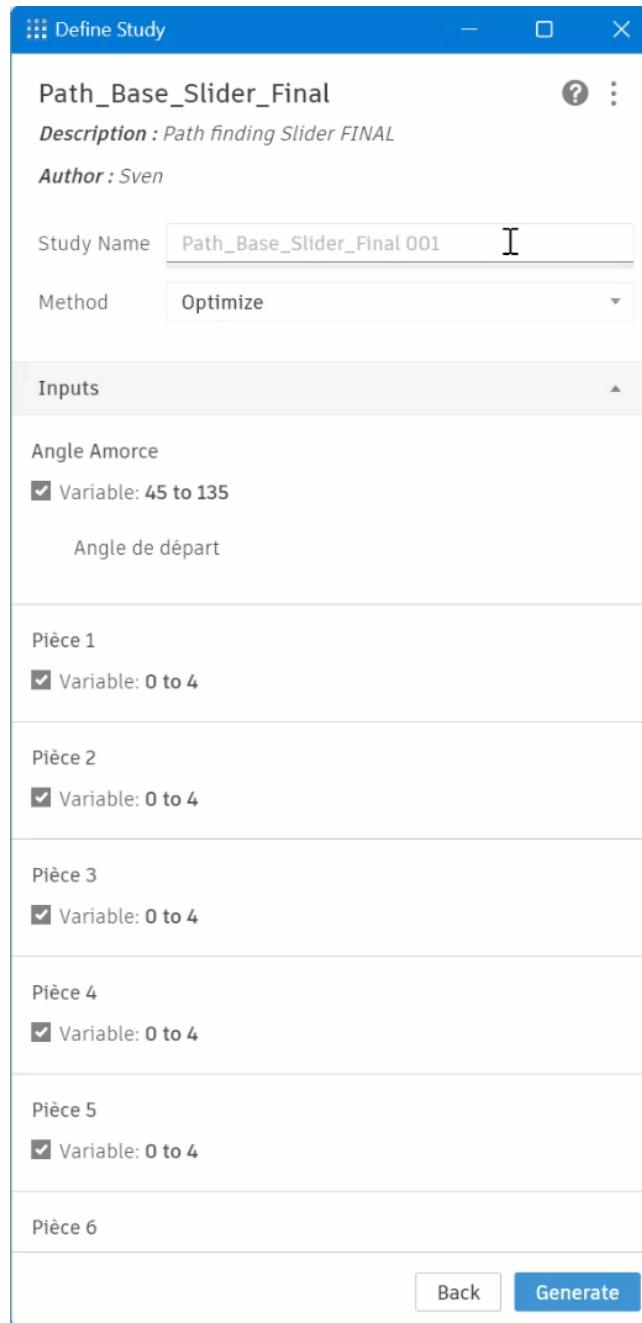
# Petit exemple pratique

## Plan de bataille 3 – Adaptations

Si on relance la génération:

Temps de  
génération

Env. 3 minutes

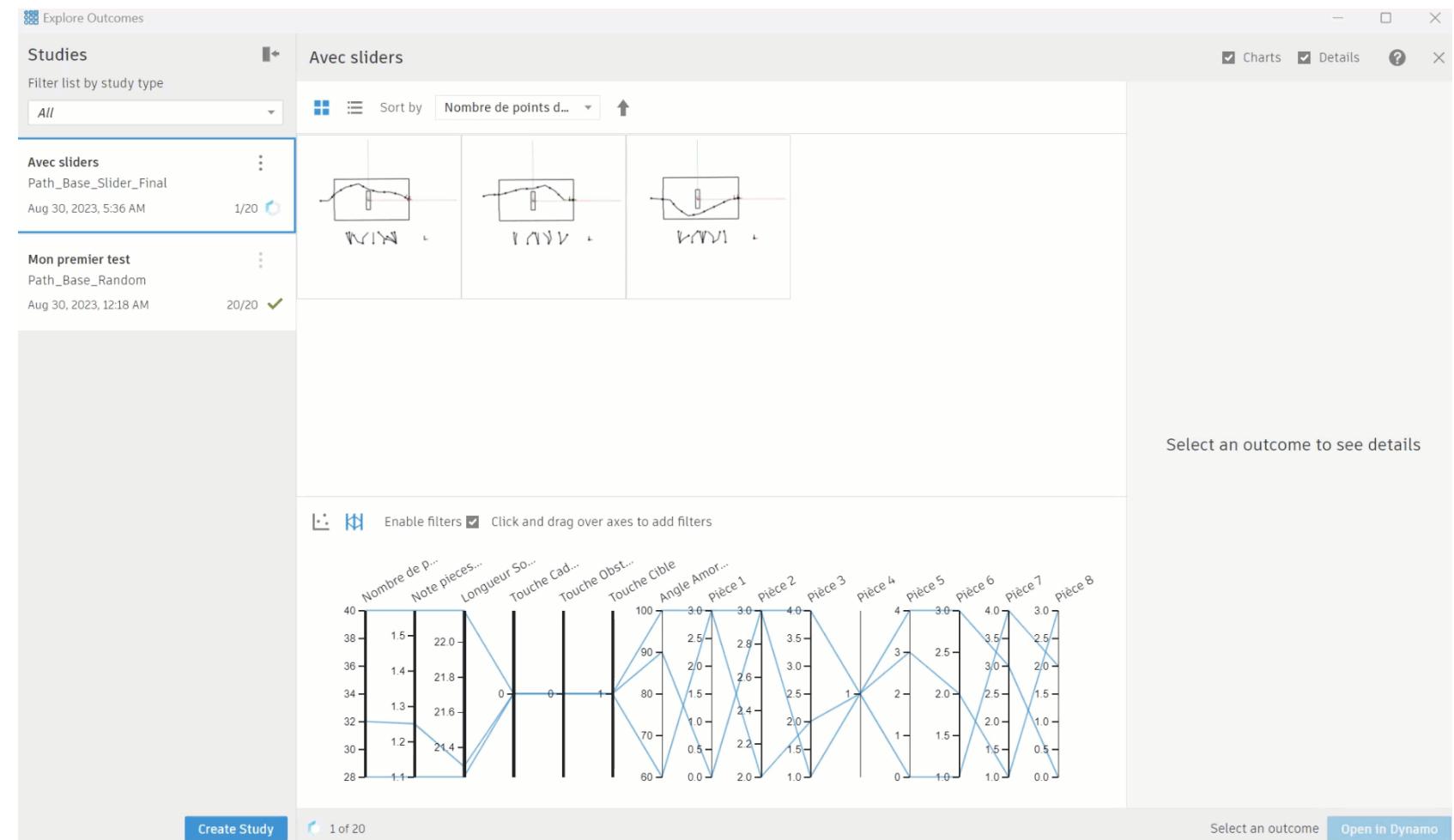


# Petit exemple pratique

## Plan de bataille 3 – Adaptations

Cette fois il arrive à piloter les sliders

Et propose des résultats plus définis



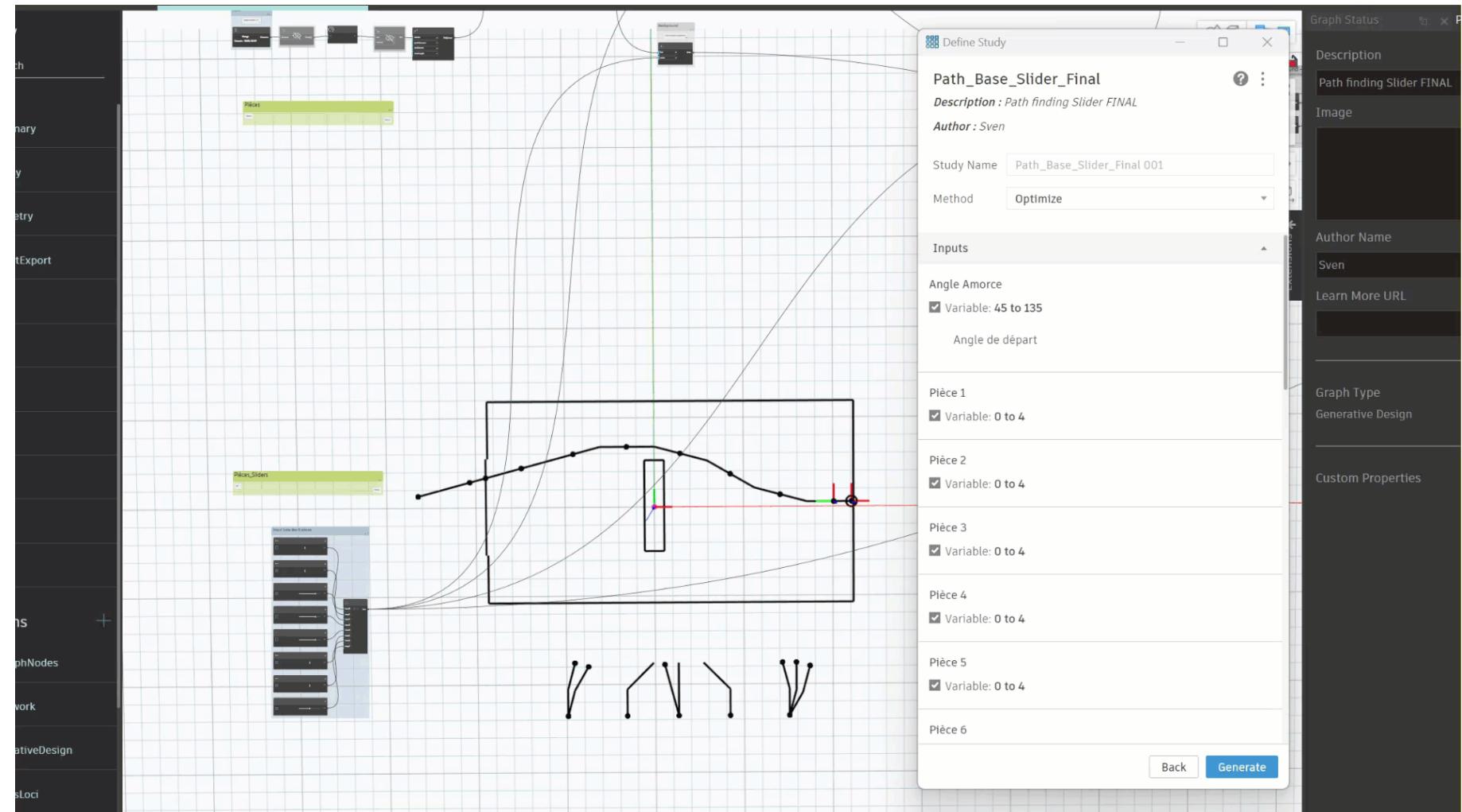
# Petit exemple pratique

## Plan de bataille 3 – Variante

On peut également ne pas optimiser la génération

Temps de génération

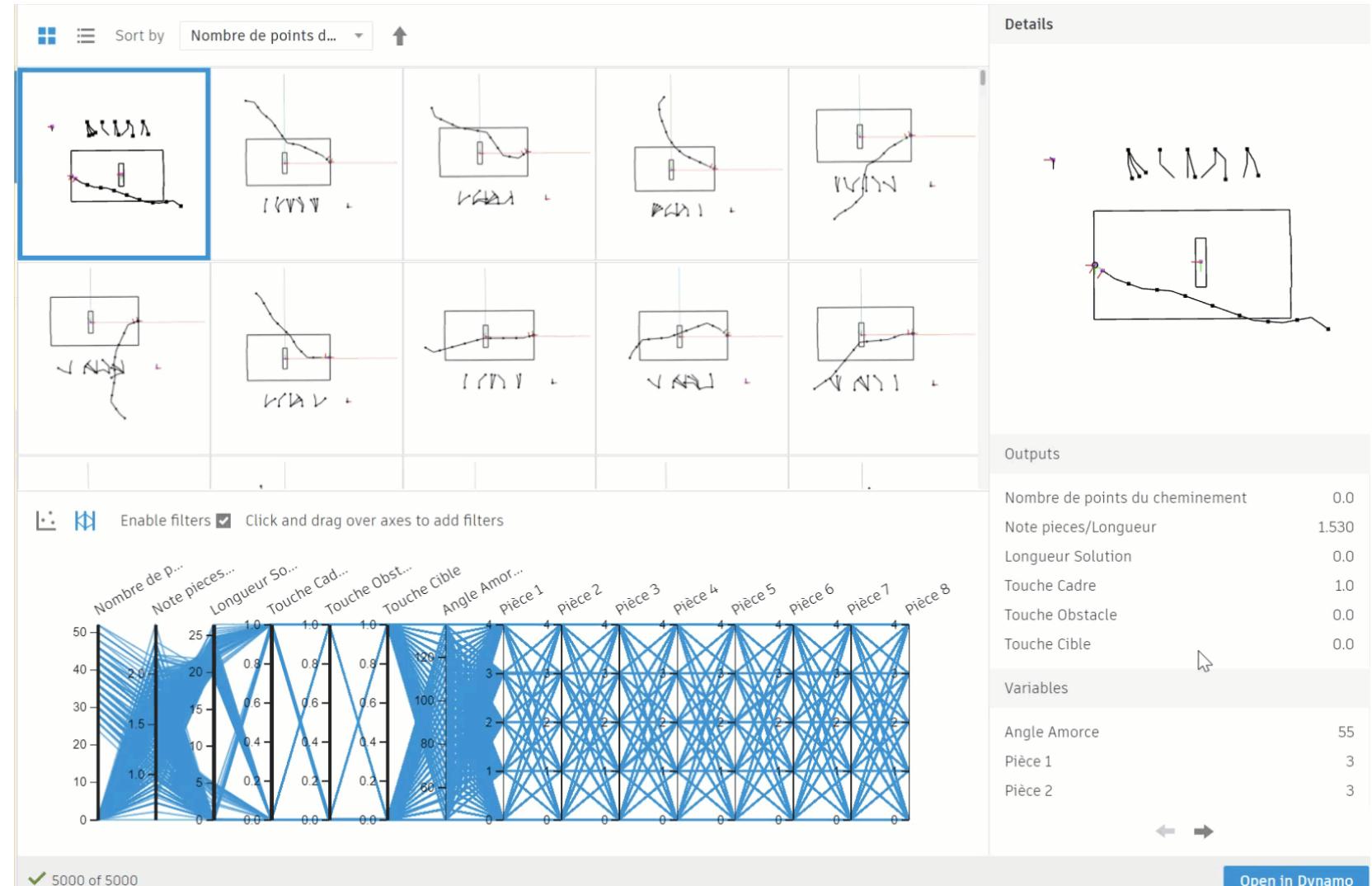
Env. 7 minutes



# 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?

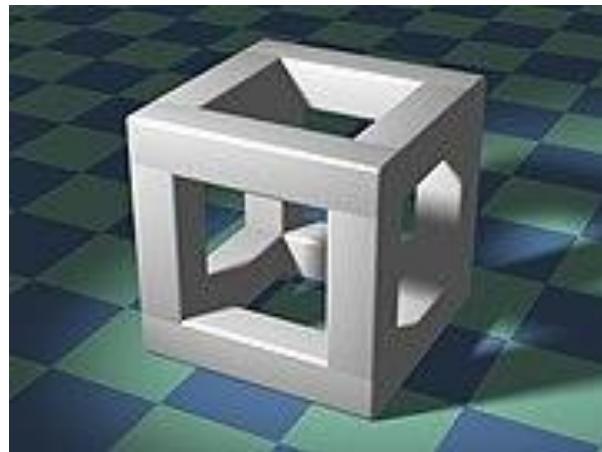
## Autres explorations

**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



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 !

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

## En résumé

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

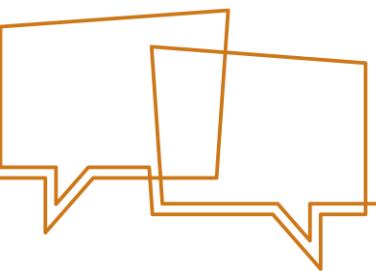
## Les documents

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

Lien: [https://github.com/SvenAmiet/2023\\_CRB\\_Academie](https://github.com/SvenAmiet/2023_CRB_Academie)

# Questions?

Merci pour votre attention



CRB. Pour une compréhension réciproque.