

Modélisation Expressive

L'informatique graphique au service de la créativité

Marie-Paule Cani

Professeure à l'Ecole Polytechnique, laboratoire LIX

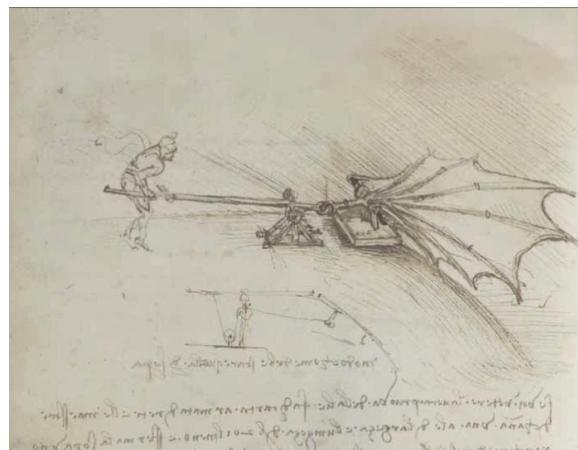
Membre de l'Académie des Sciences



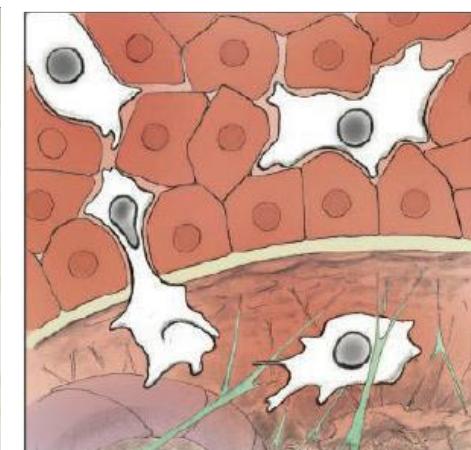
Représentations visuelles Indispensables pour comprendre et créer!



@ Leonard de Vinci



@ Renaud Chabrier



**“Les créations graphiques sont des outils cognitifs,
qui renforcent et étendent notre cerveau.”**

Colin Ware, *Visual Thinking for Design*, 2008



Quels outils pour concevoir et créer?

- Media numérique
 - « Dessiner », mais en 3D ?
 - « Sculpter » aussi les mouvements ?
- S'affranchir des contraintes
 - Echelle du support, des doigts, des outils
 - Défaire/refaire... Copier, dupliquer, coller...



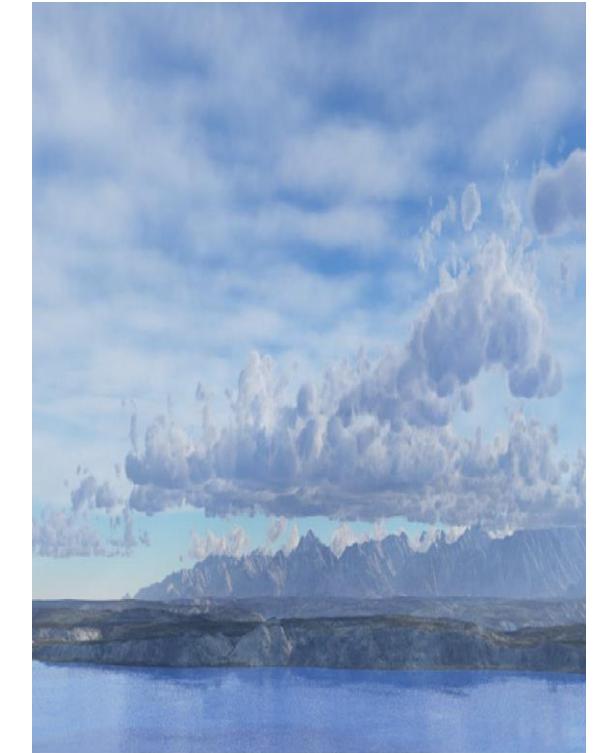
La création 3D, animée, peut-elle devenir accessible à tous?

Rendre la création 3D accessible ?

Plan de exposé

1. Pourquoi étudier cette question ?

- Mes recherches en informatique graphique
 - Surfaces implicites animées
 - Nature et mondes virtuels



2. Modélisation Expressive

- Un nouveau média qui nous rendra plus créatifs ?

L'informatique graphique

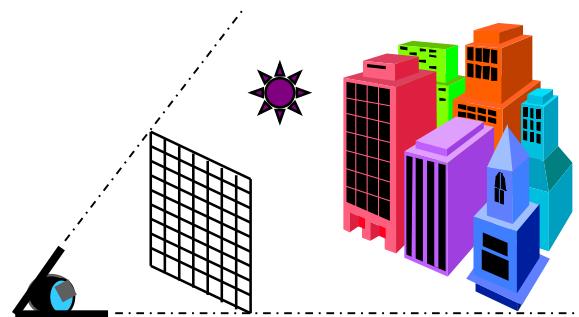
Représentation visuelle d'un monde 3D imaginaire

Ni traitement d'images ni imagerie

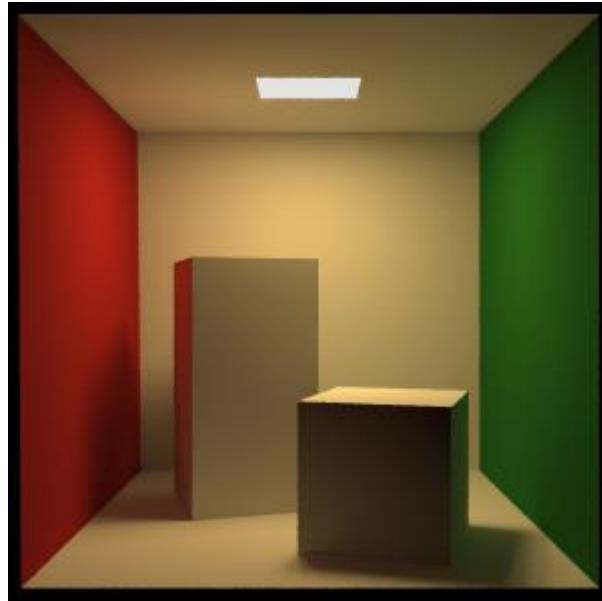
- Part de modèles mathématiques pour **créer** des images!

Trois étapes

1. Modélisation géométrique
2. Animation
3. Rendu



Les débuts: fin des années 80s
Développement des techniques de « rendu »



Radiosité
Cornell U.

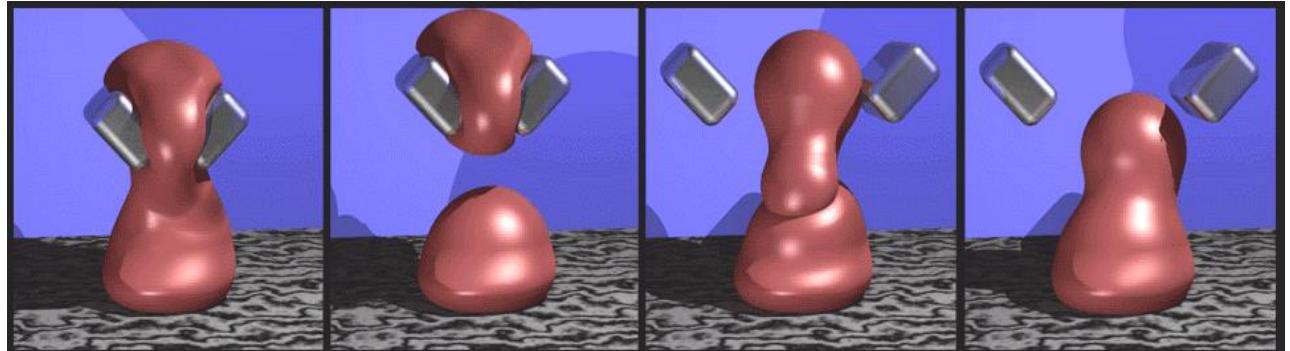
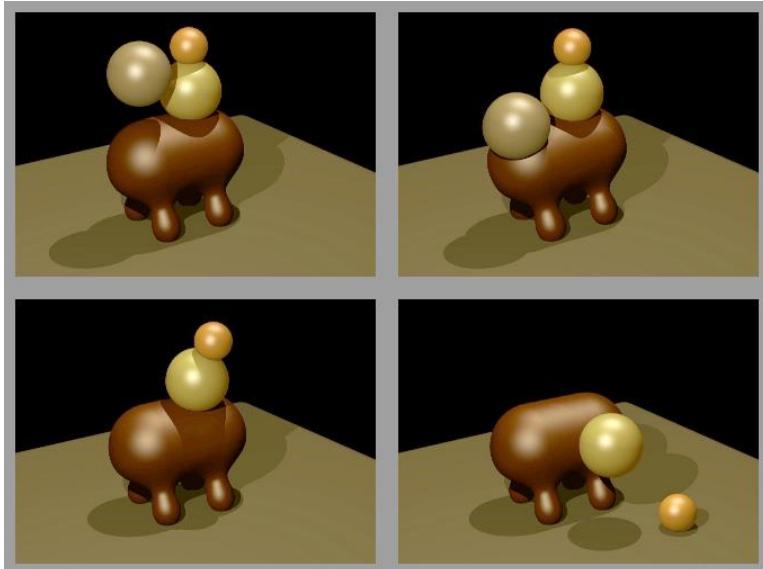


Théière de l'Utah

Ombrage de
Gouraud

Mes recherches

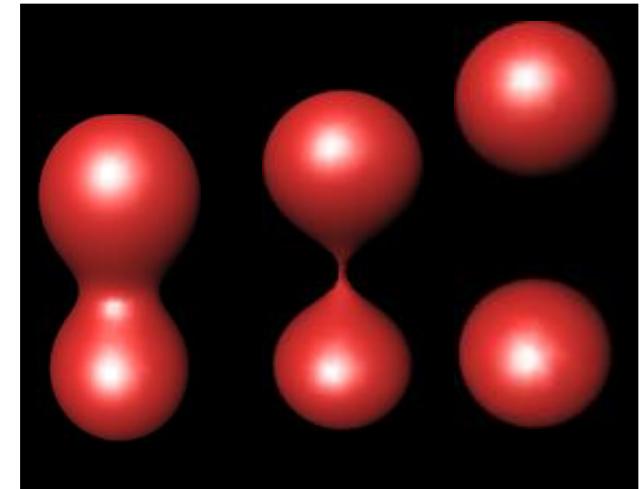
- Créer des formes plus lisse, « organiques » ?
- Pouvoir les animer!



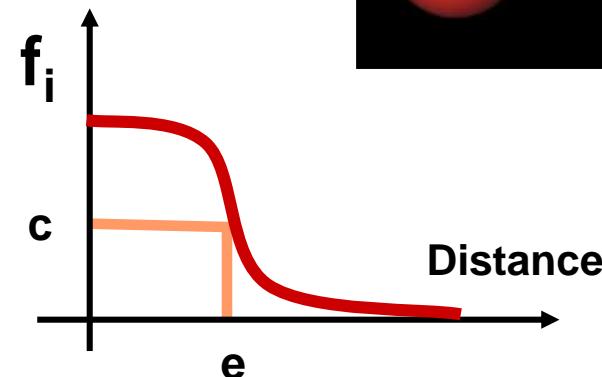
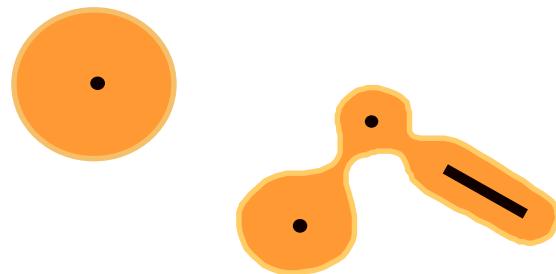
Les surfaces “implicites”

Iso-surfaces de champ potentiel $S = \{ P(x,y,z) / f(x,y,z) = c \}$

- Volume interne : $f(x,y,z) > c$
- Mélange lisse : $f = f_1 + f_2$
- Séparations & fusions
→ Animation d'objets très déformables!



Surfaces implicites « à squelettes »



Surfaces implicites combinées à des modèles « physiques »

Animation d'objets déformables



- Modélisation des contacts

[Cani 1993]



- Séparations et fusions

« Kitchen fiction »

[Desbrun Cani 1995]

1997-2007

Pourrait-on modéliser des scènes et objets naturels?

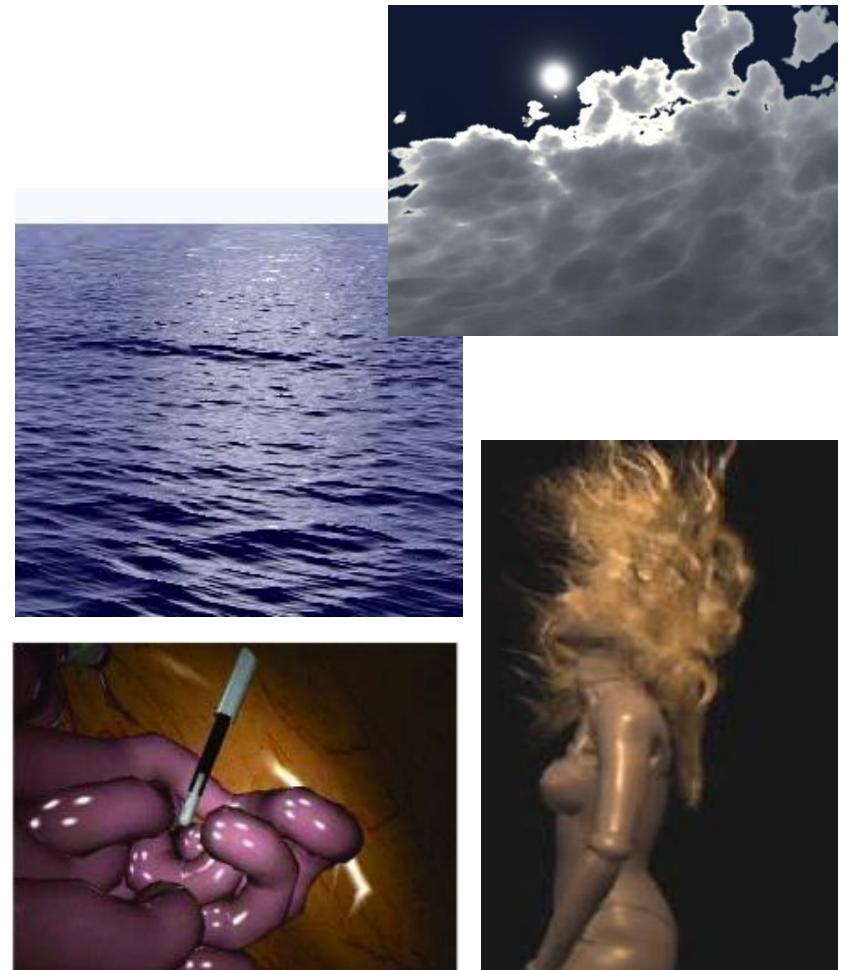
Défi : Gérer la complexité

- Des formes
- Des mouvements
- En nombre d'éléments

Collaborations avec les autres sciences!

Besoins spécifiques en informatique 3D

- Réalisme visuel
- Contrôle utilisateur!
- Rapidité de calcul



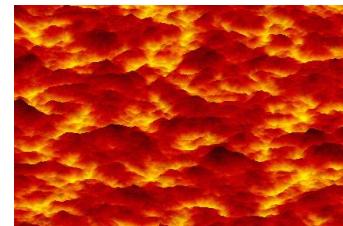
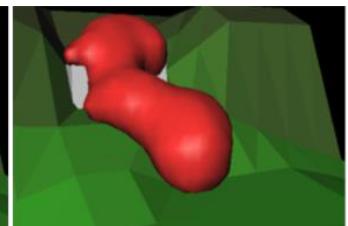
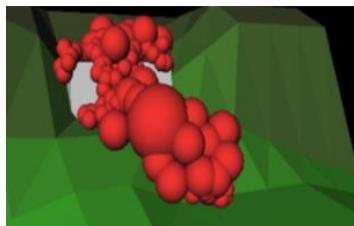
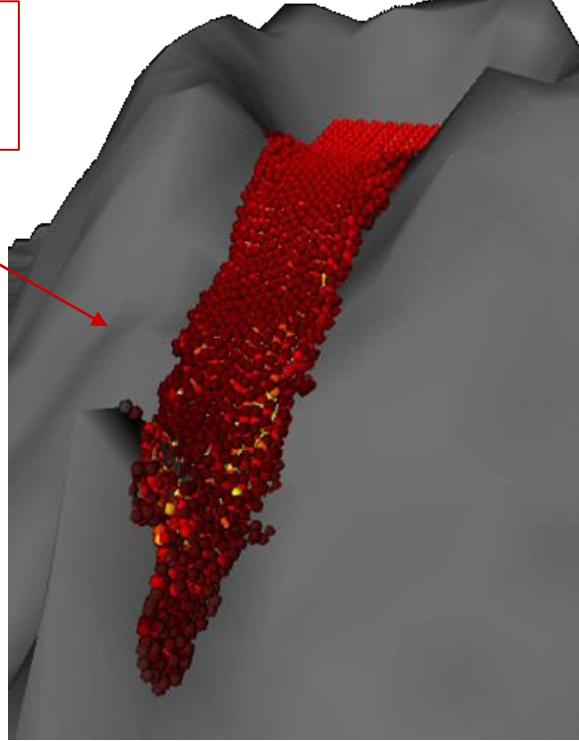


Comment gérer la complexité?

Méthodologie...

1. Décomposer le problème
2. Pour chaque « sous-phénomène »
 - Trouver la représentation la plus adaptée
 - Simuler à une échelle adaptée
 - Avoir plusieurs versions si besoin
3. Coupler les sous modèles
 - Assure la cohérence!

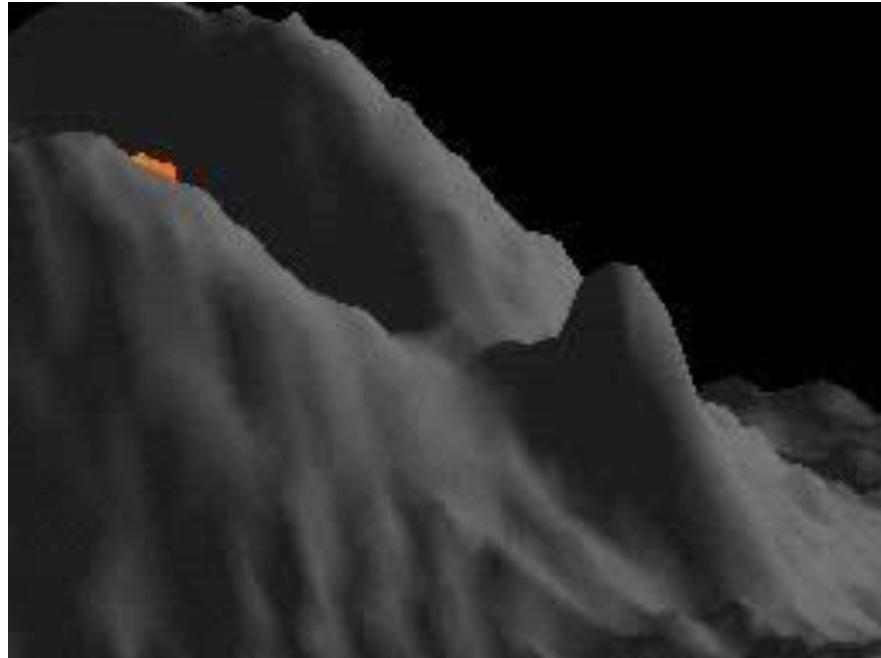
Particules $F = m A$
Equations différentielles



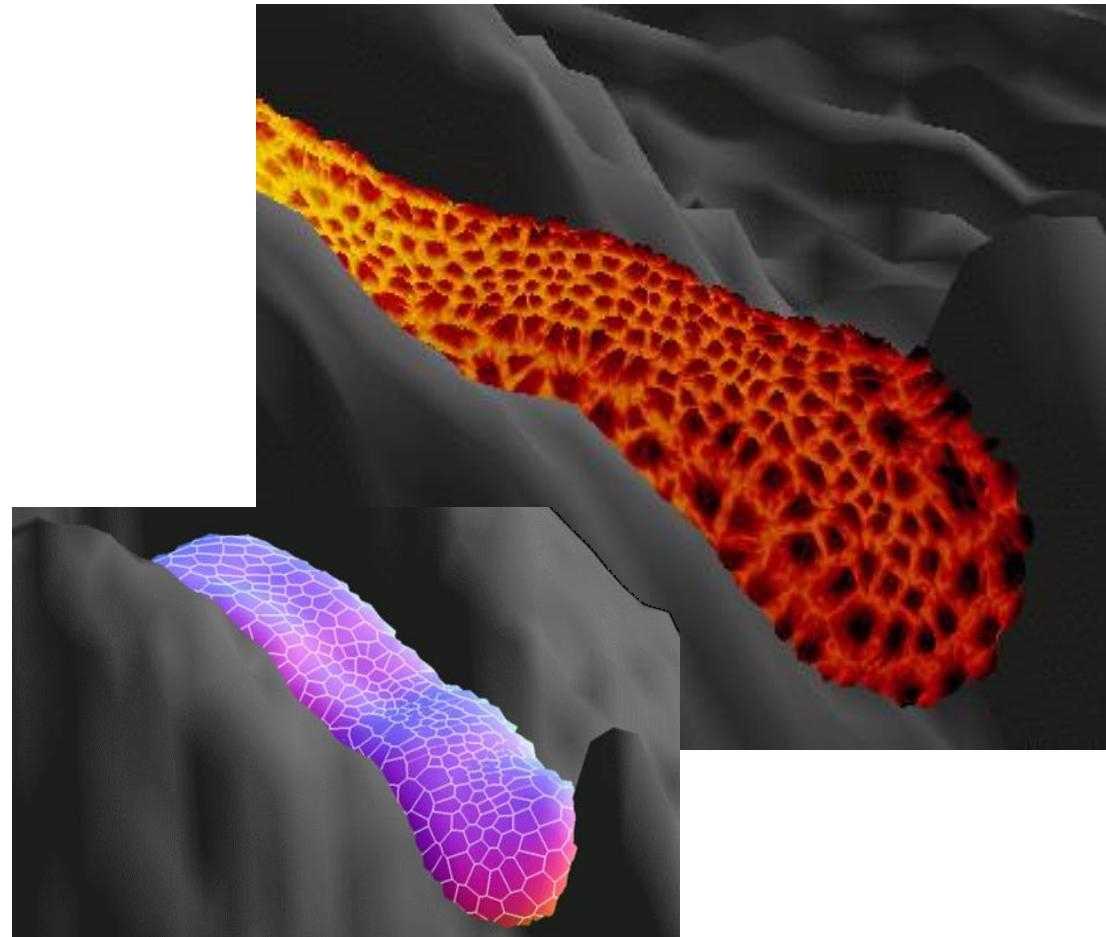
Surface implicite

Texture procédurale

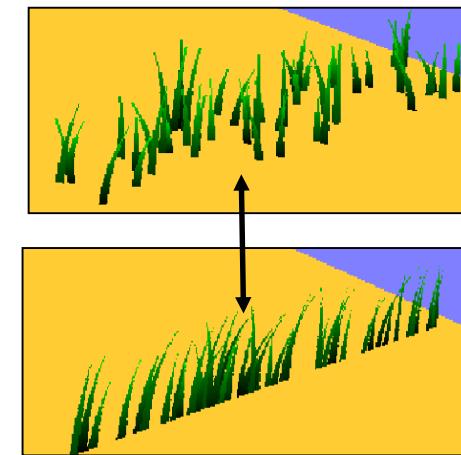
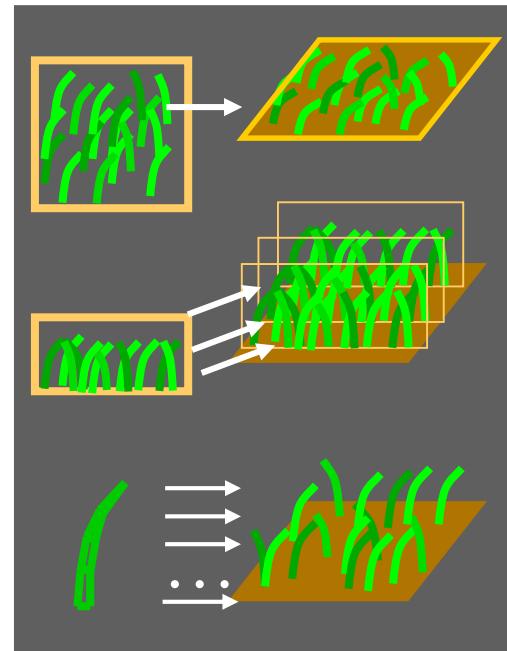
1999, Première coulée de lave



[Stora Agliati Neyret Cani, GI'1999]



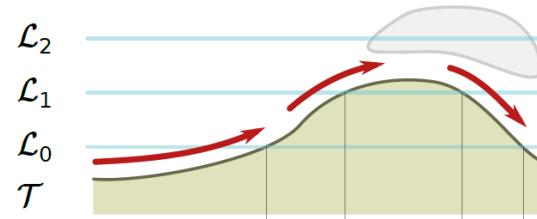
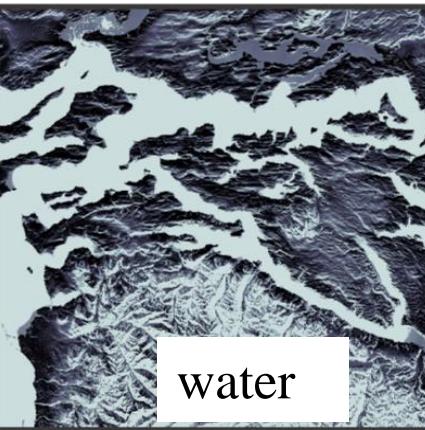
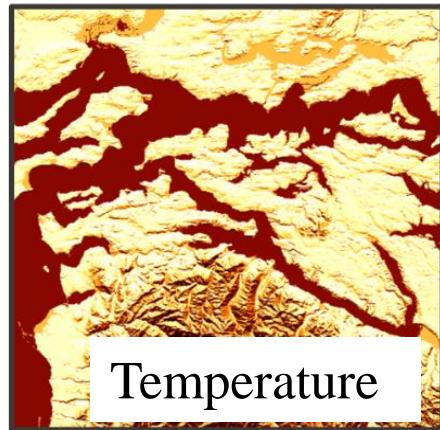
*2001, en temps réel pour le jeu vidéo
Une prairie agitée par le vent...*



[Perbet Cani, I3D'2001]

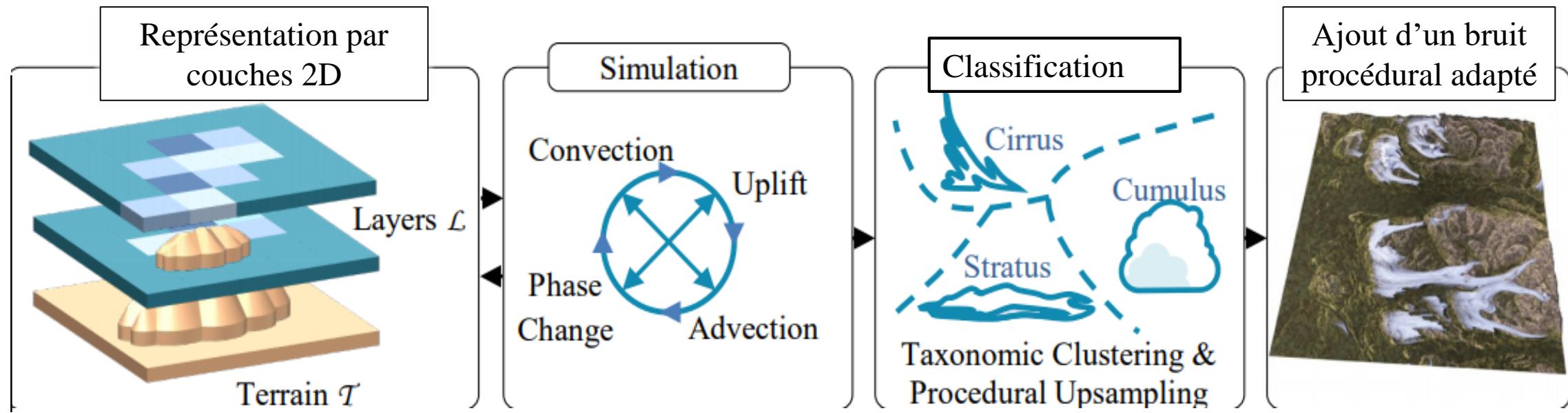
Cette méthodologie est encore pertinente de nos jours!

Animation de nuages

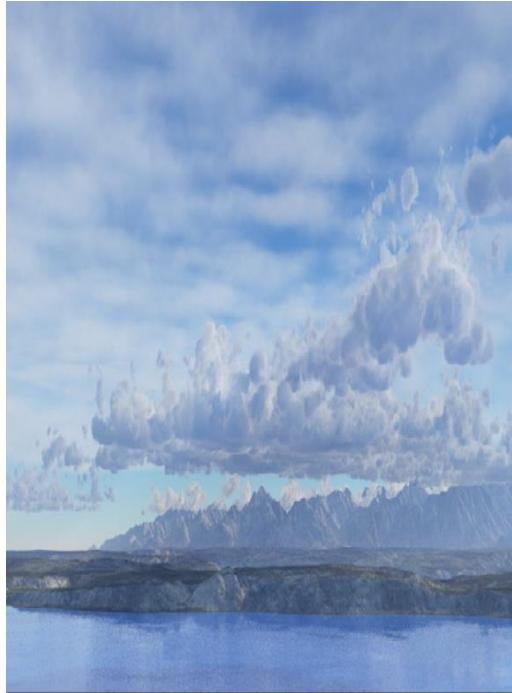


Effet Orographique:

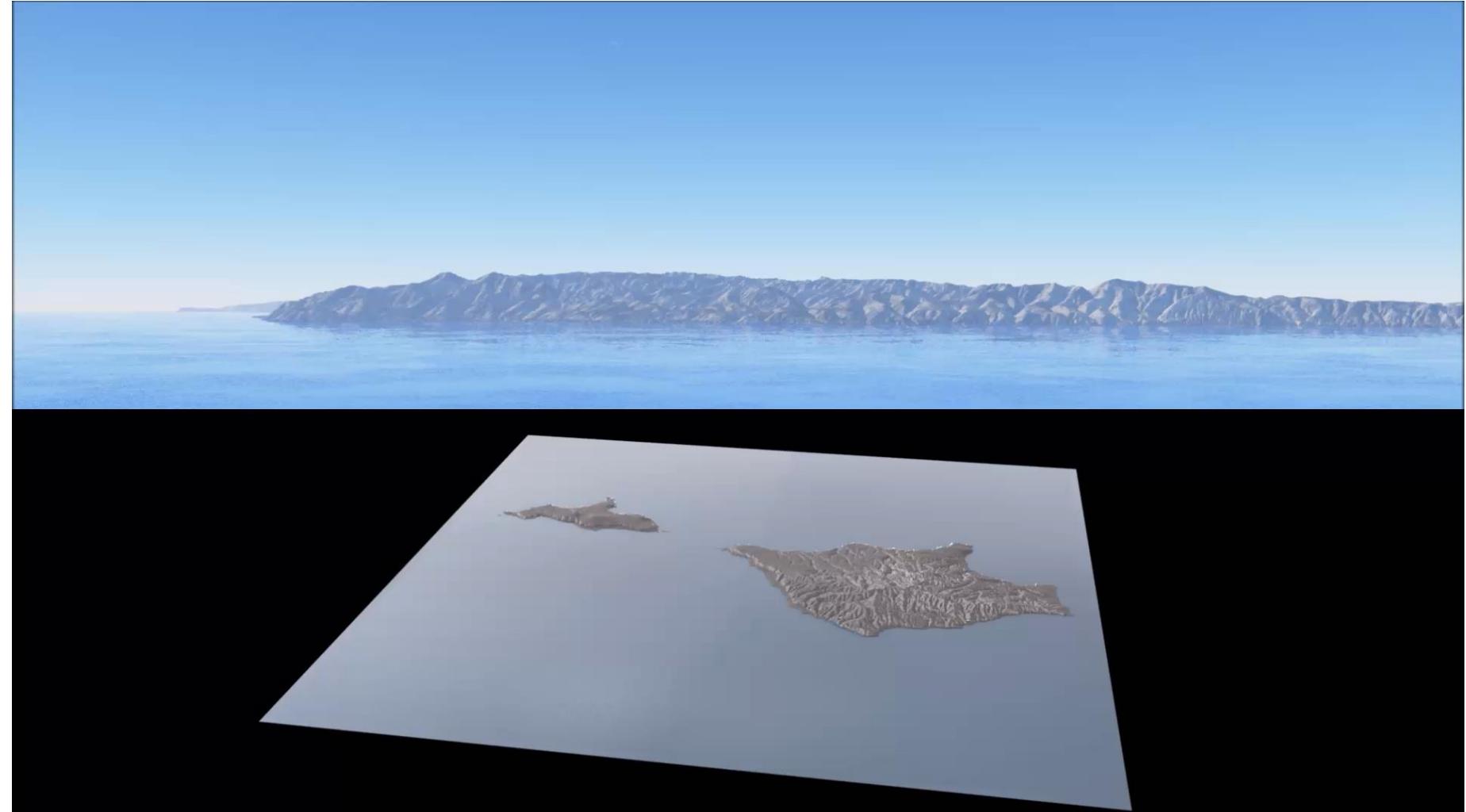
Le frottement avec le terrain réduit la vitesse



Animation de nuages : Résultats



[Vimont EG 2020]



Depuis une dizaine d'années : Mondes virtuels très réalistes

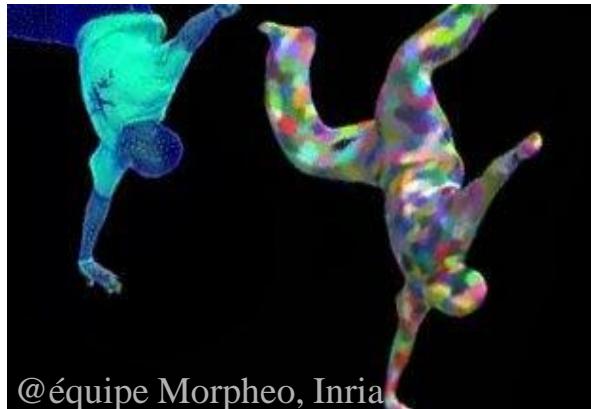


[@Crytek]

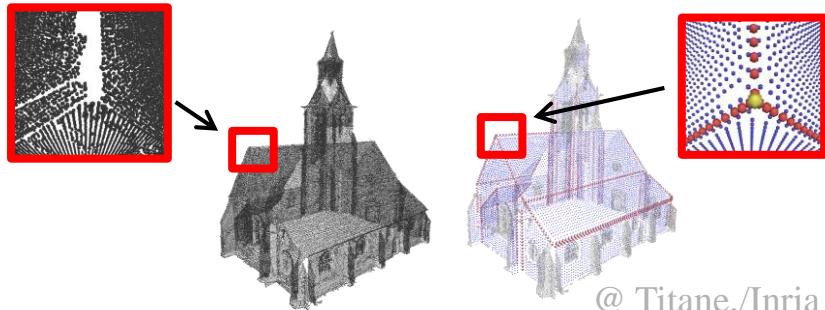
Nouveau challenge ? ... Comment les créer ?

Création des contenus

Reconstruction du réel? / Génération automatique?



- On ne peut pas tout scanner!
- Comment créer du nouveau?

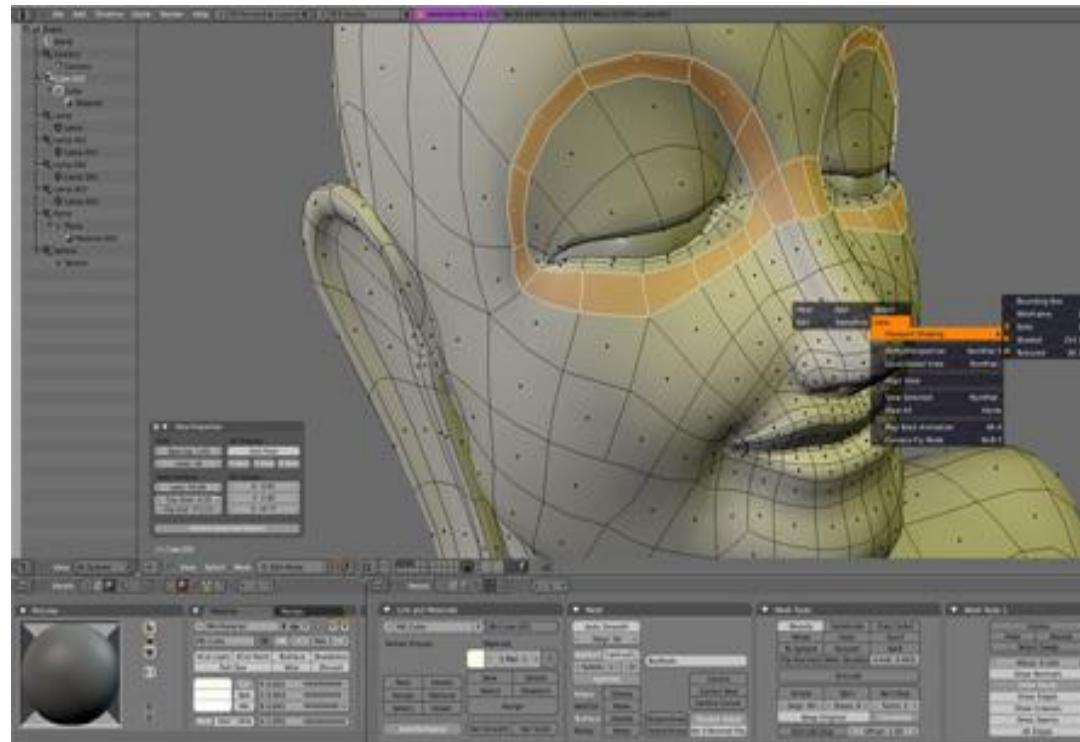
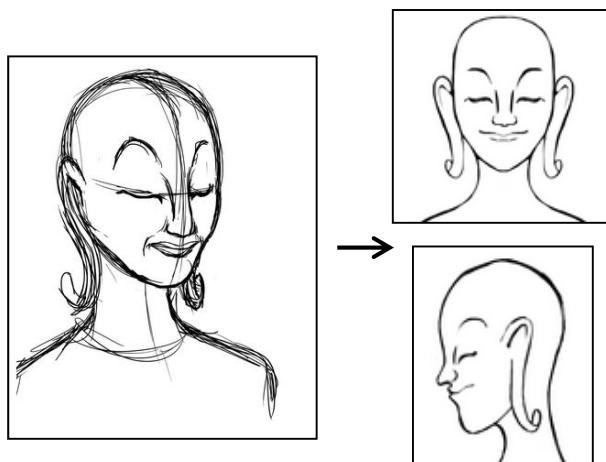


@Grenoble-INP, Lyon1, Inria

- Modéliser tout par des règles ?
- Contrôle indirect !

Création numérique 3D: Modélisation classique

Editer les degrés de liberté
d'une représentation
mathématique de la forme

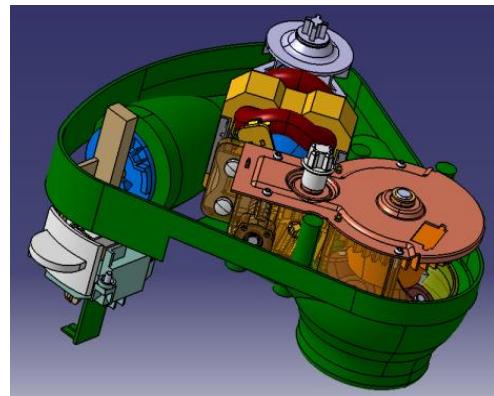


- Logiciels 3D uniquement utilisable par des spécialistes
- L'étape la plus créative utilise toujours les media traditionnels!

Modélisation « expressive »

Les modèles numériques au service de la créativité!

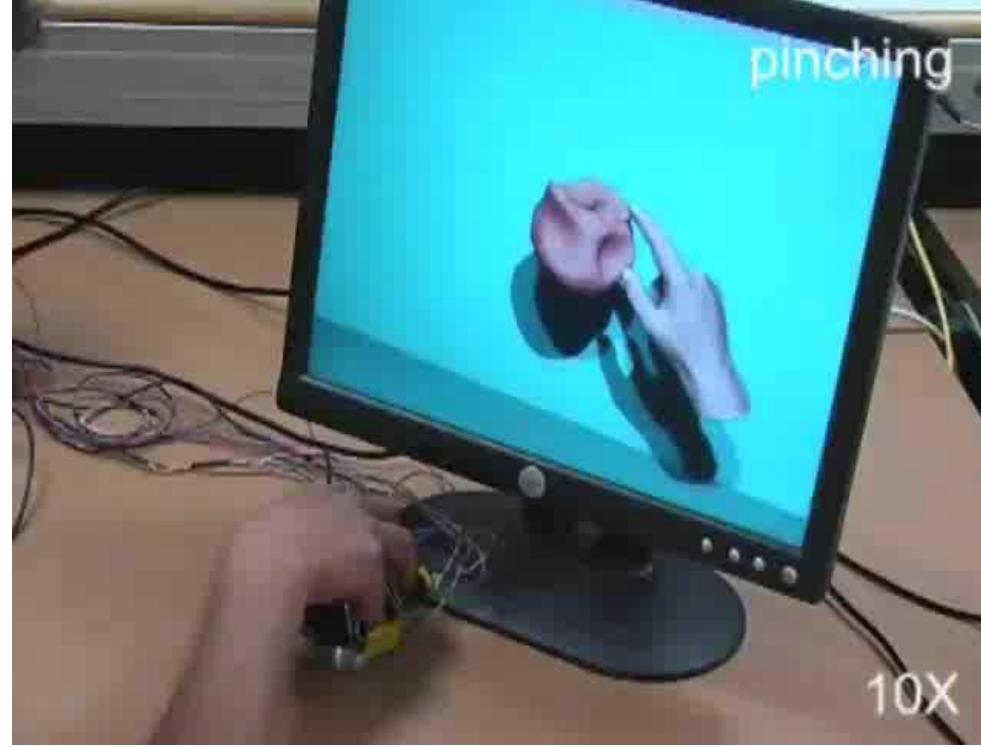
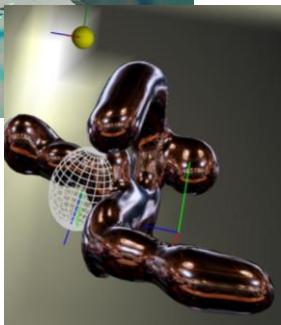
1. Partir des gestes de l'utilisateur
2. Mettre des connaissances dans les modèles...
3. ... Des modèles capables d'apprendre?



1. *Quels gestes pour créer en 3D ?*
2. *Modèles basés connaissances*
3. *Des modèles qui apprennent*

Quels gestes pour créer en 3D? Peindre et sculpter...

Cave Painting @ACM, 2001

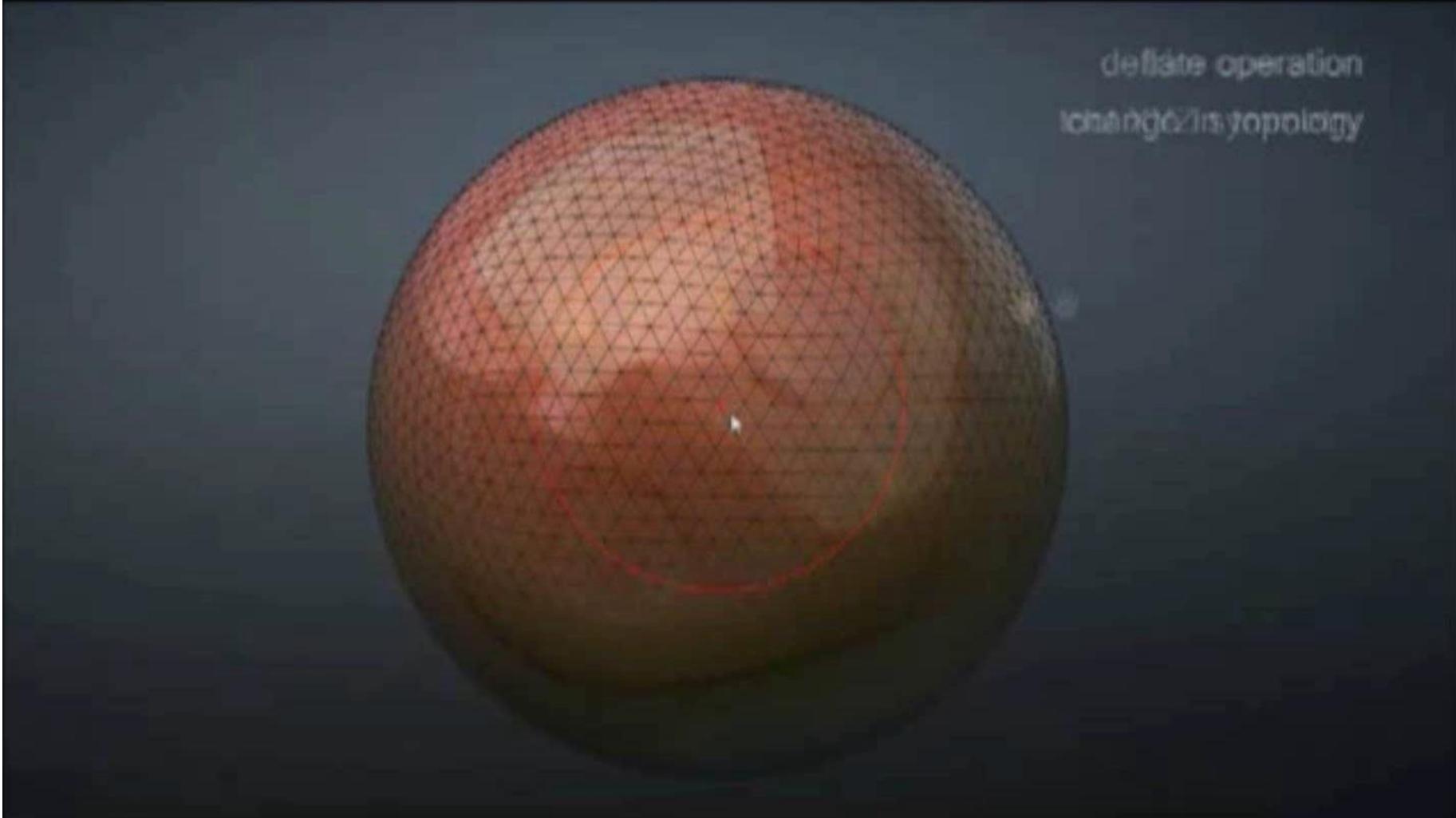


- Peindre en 3D

- Argile virtuelle

1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

Etendre la notion de sculpture ?



Déformations de l'espace et maillage adaptatif [Stanculescu, Chaine, Cani, 2011-2013]

1. *Quels gestes pour créer en 3D ?*
2. *Modèles basés connaissances*
3. *Des modèles qui apprennent*

Etendre la notion de sculpture



[Stanculescu, Chaine, Cani, Singh, SMI 2013]



1. *Quels gestes pour créer en 3D ?*
2. *Modèles basés connaissances*
3. *Des modèles qui apprennent*

Etendre la notion de peinture

Peindre en 2D pour créer en 3D!

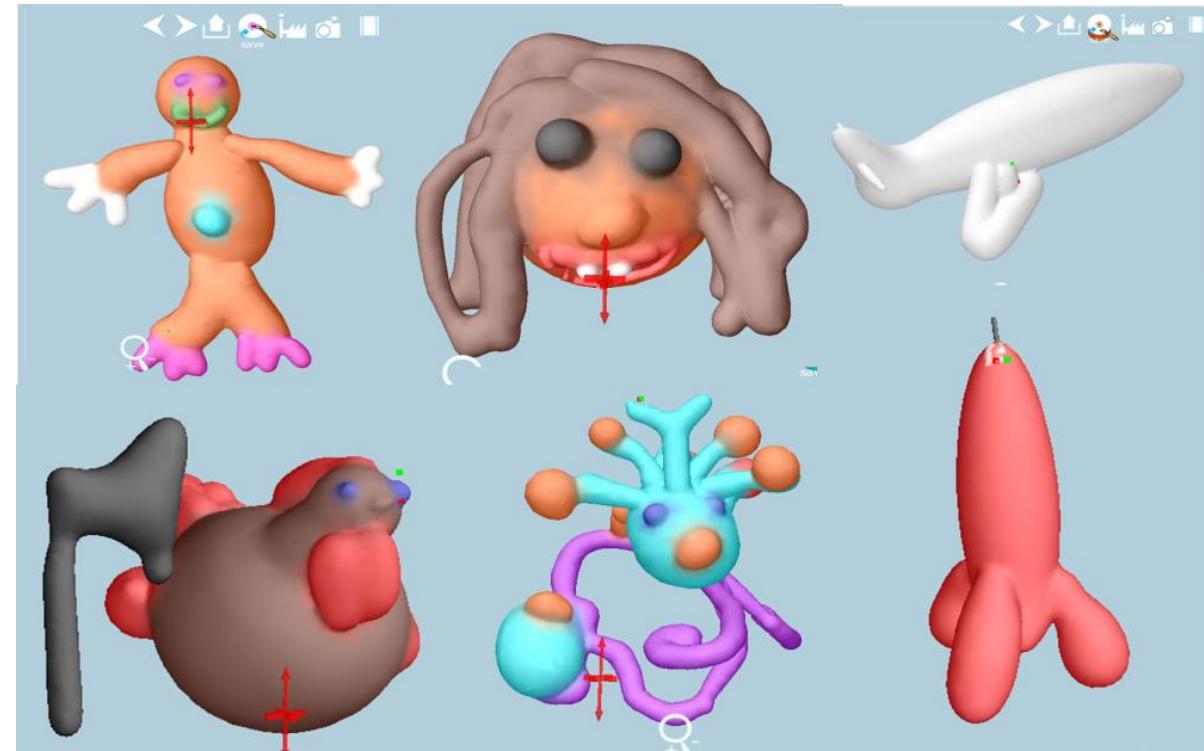
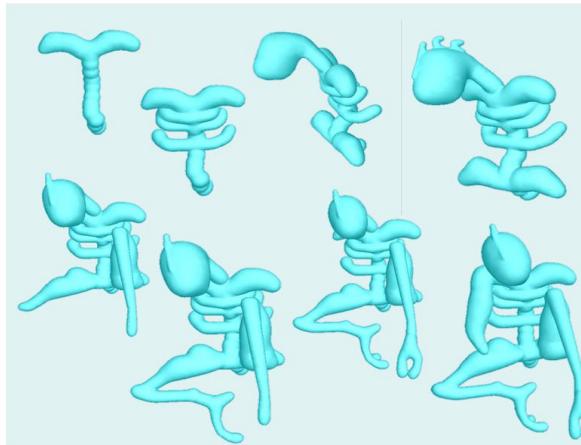
Retour aux surfaces implicites, qui permettent de mélanger les formes



« Matisse » en libre accès : <https://www.lix.polytechnique.fr/geovic/software.html>

1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

Peindre en 2D pour créer en 3D



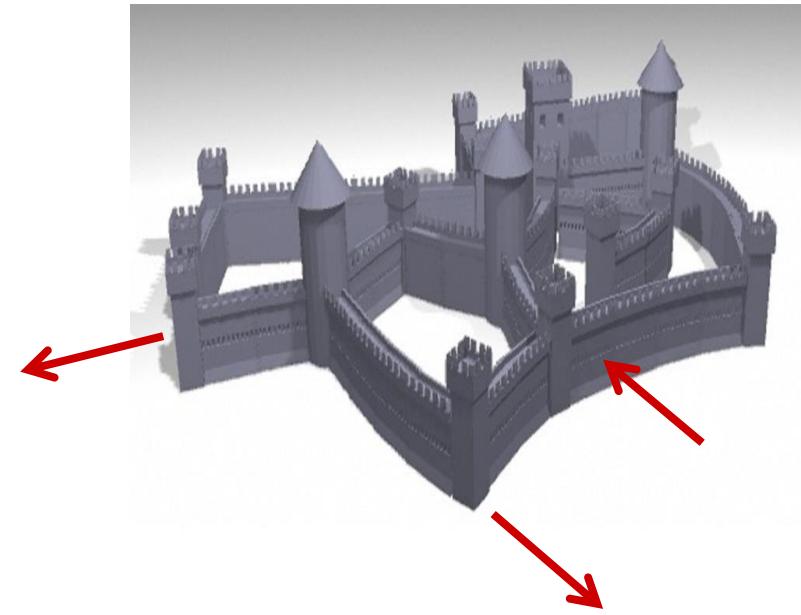
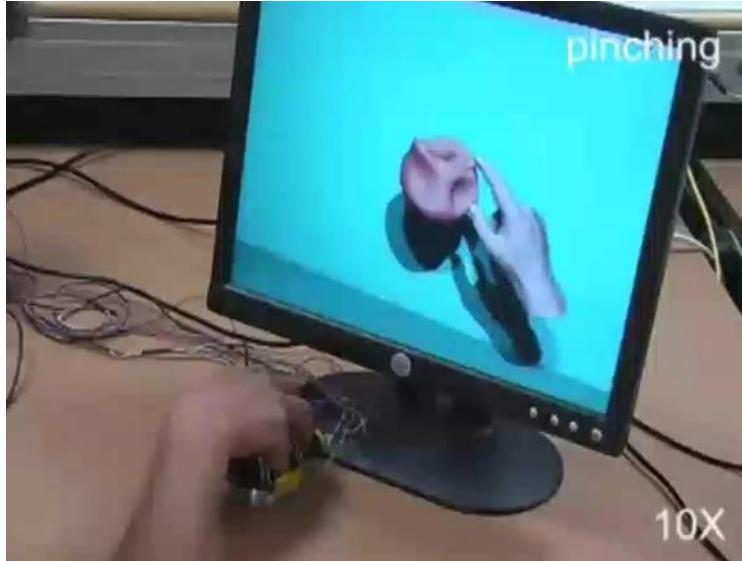
Testé par des enfants en 15mn !

1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

Principe : Gestes + connaissances

Gestes de sculpture?

Sculpter des formes structurées?



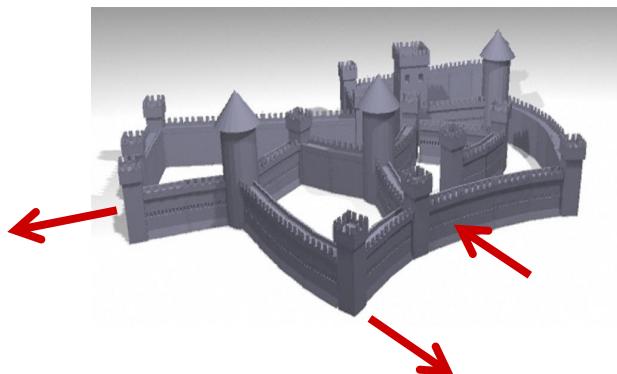
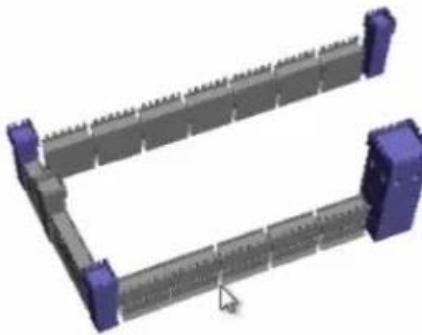
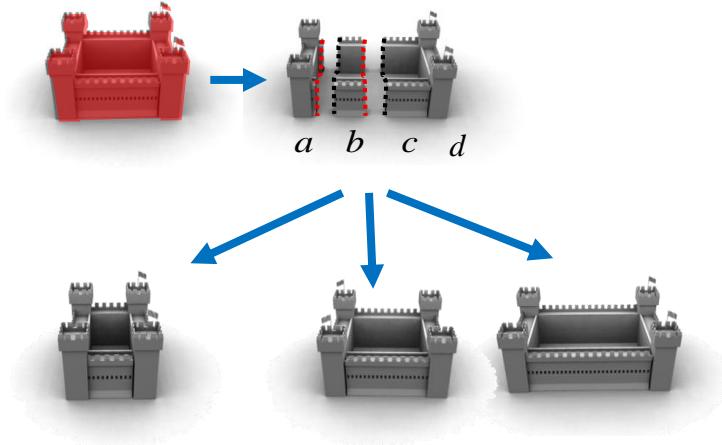
- Quelles règles doit-on maintenir?

[Milliez 2013]

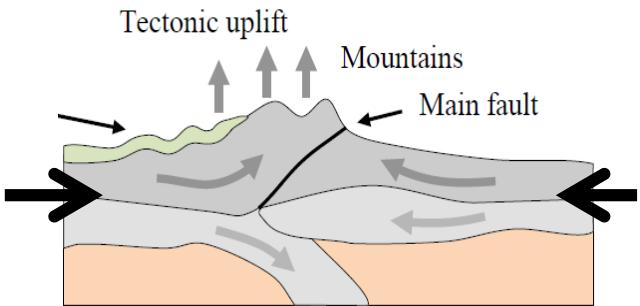
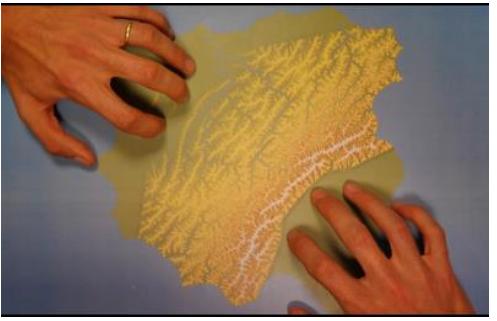
1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

Sculpter des formes structurées ?

Matériau plastique « mutable »



1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent



Sculpture + simulation

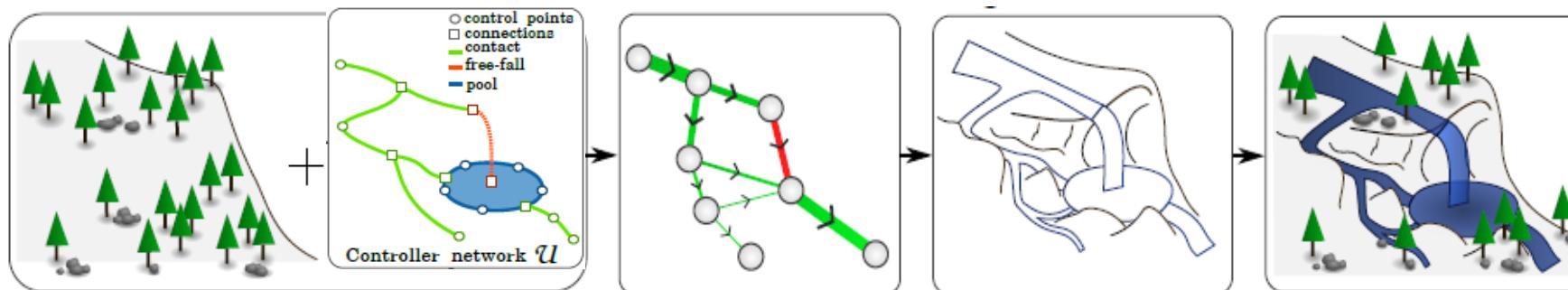
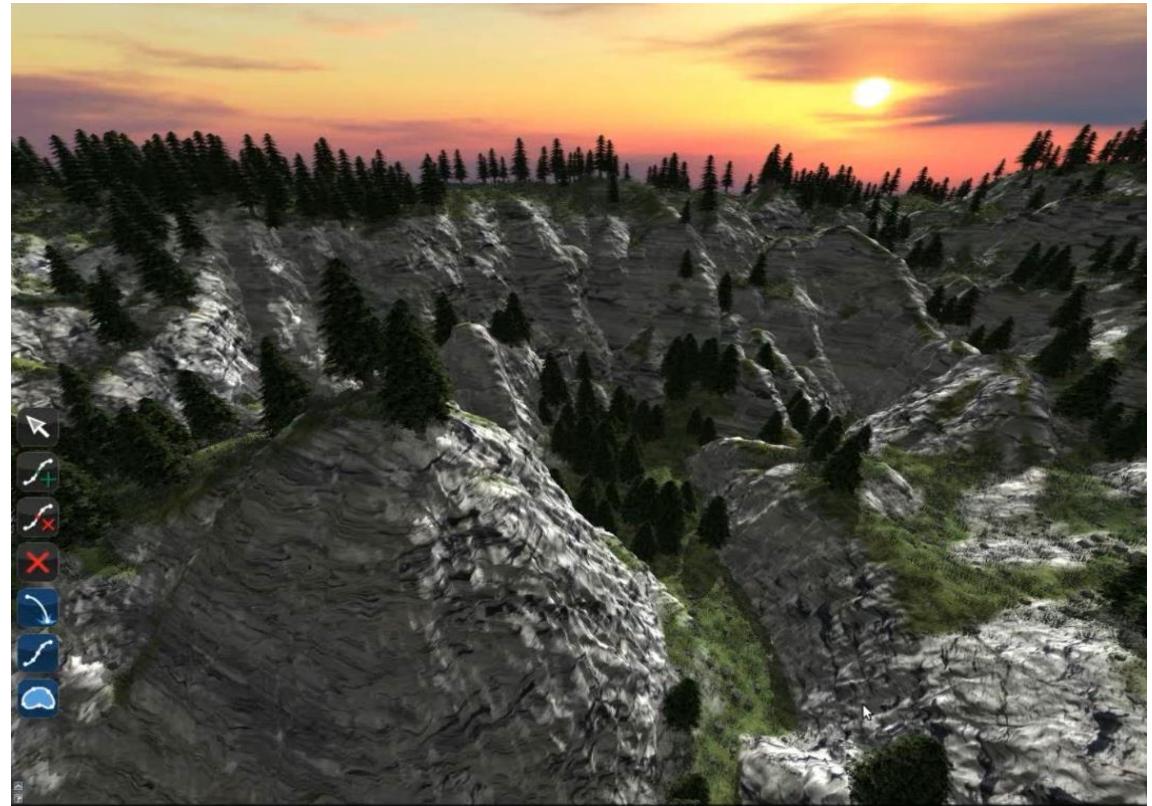
Sculpter une chaîne de montagnes?

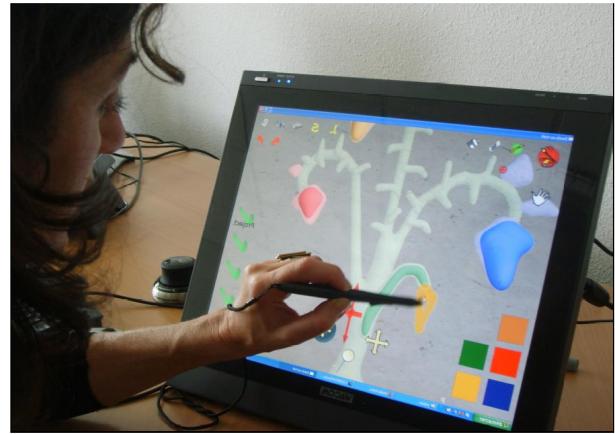


[Cordonnier 2018]

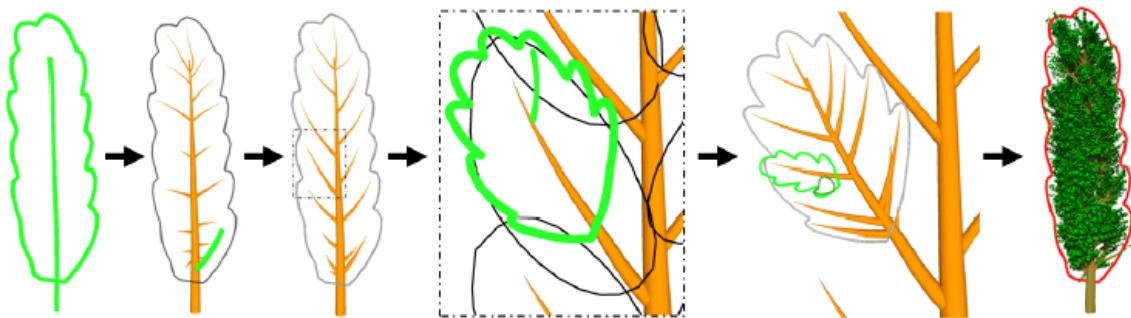
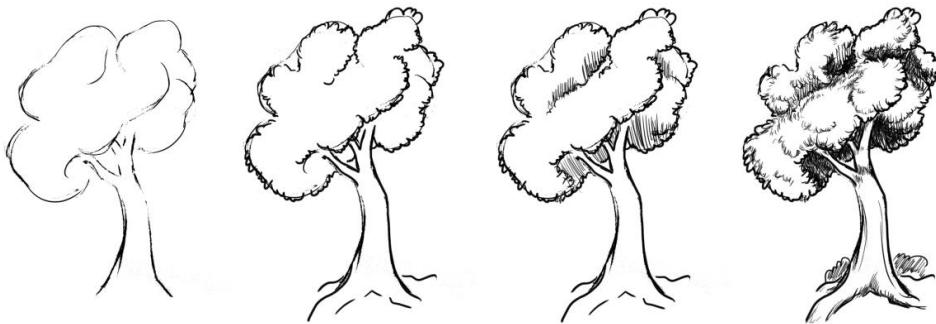
Et si les rivières ... pouvaient sculpter les montagnes ?

Cascade du « Trou de fer » La Réunion



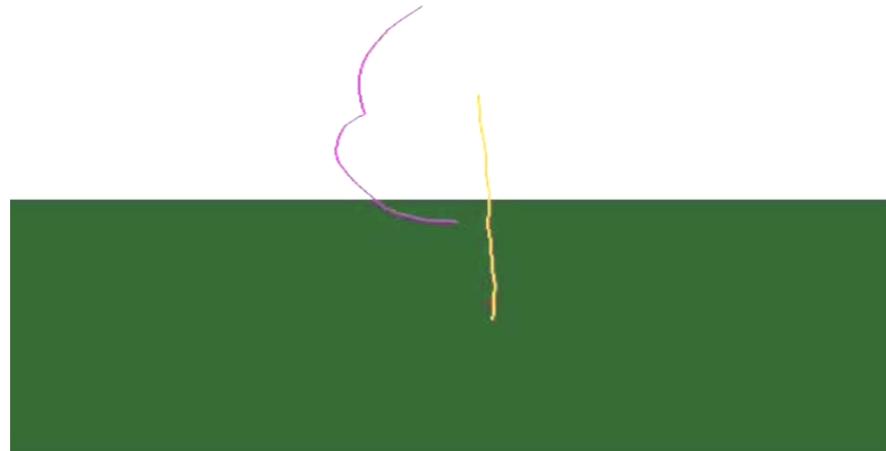


Créer un arbre en dessinant?



Structure déduite de la silhouette

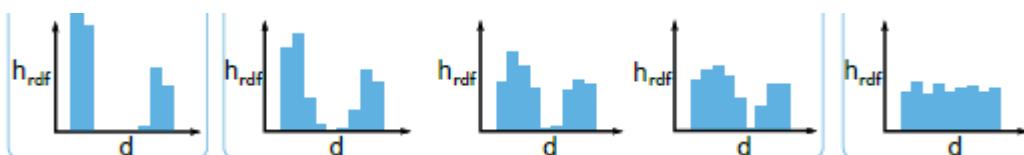
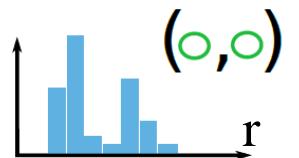
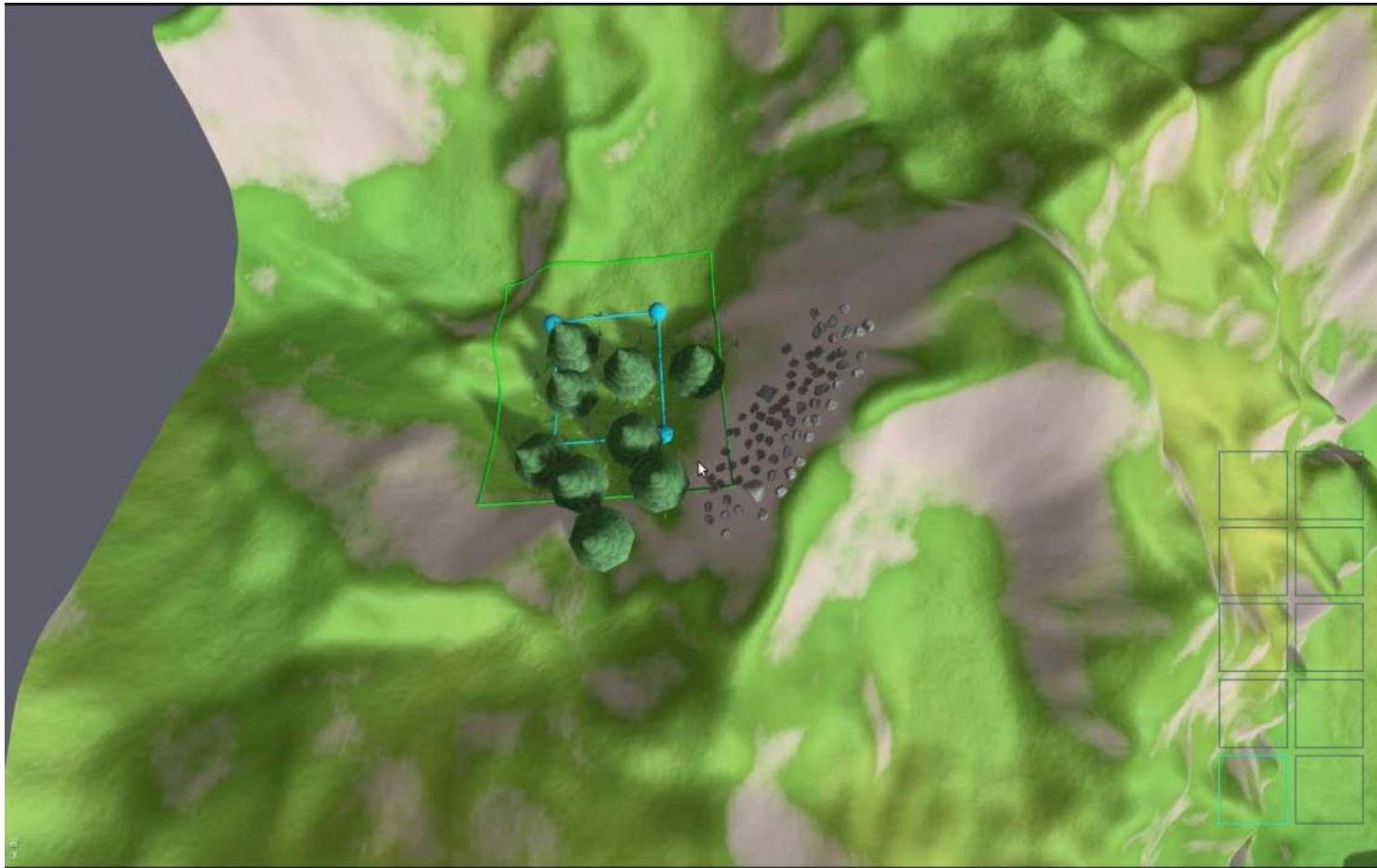
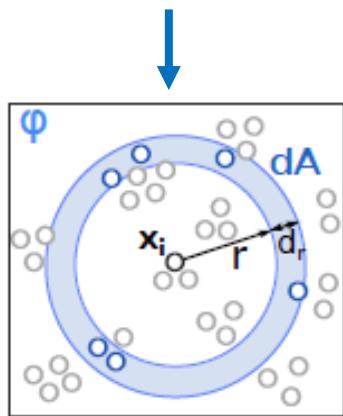
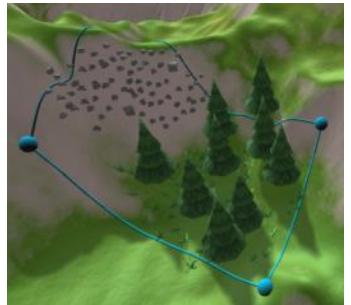
- Règles biologiques
- Perception / représentation
- Statistiques



1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

Peupler les mondes virtuels

Par l'exemple!

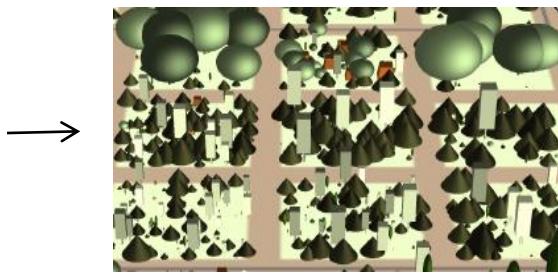


1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

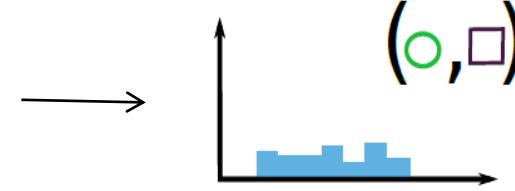
Extension aux écosystèmes



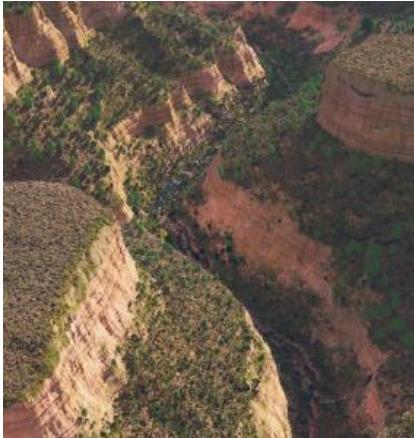
Types de terrain



Simulation d'écosystèmes



Apprentissage



1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

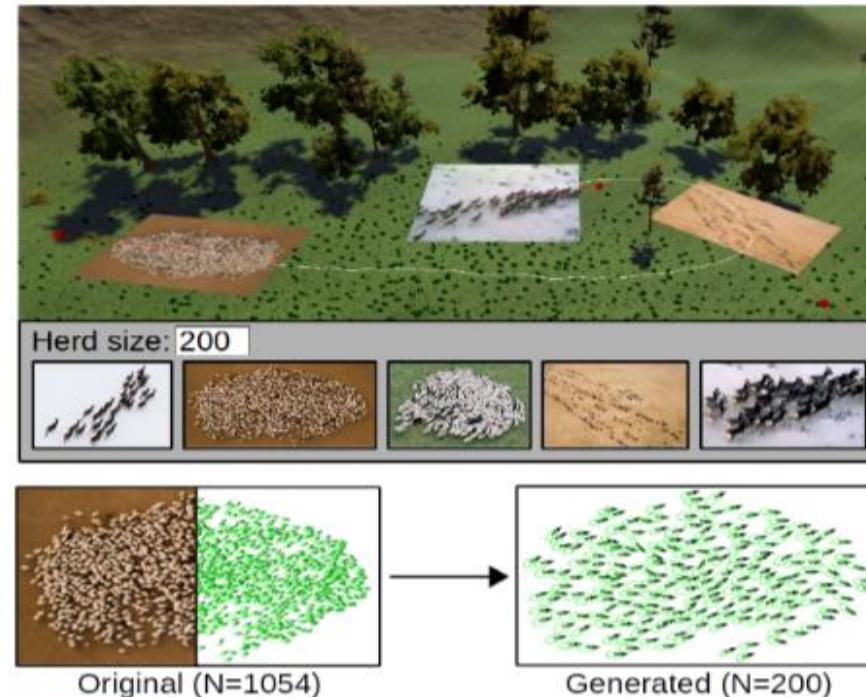
Peupler les mondes virtuels à partir de photos!

Idée : Design par l'exemple d'une animation de troupeaux

- Postions clés à partir de photos
- **Apprendre** la forme, distribution et orientations



- Entrée ↑
- Utilisées avec des nb d'animaux différents!



1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Modèles basés connaissances
3. Des modèles qui apprennent

Peupler les mondes virtuels à partir de photos!

[Ecormier-Nocca et al. CASA 2019]



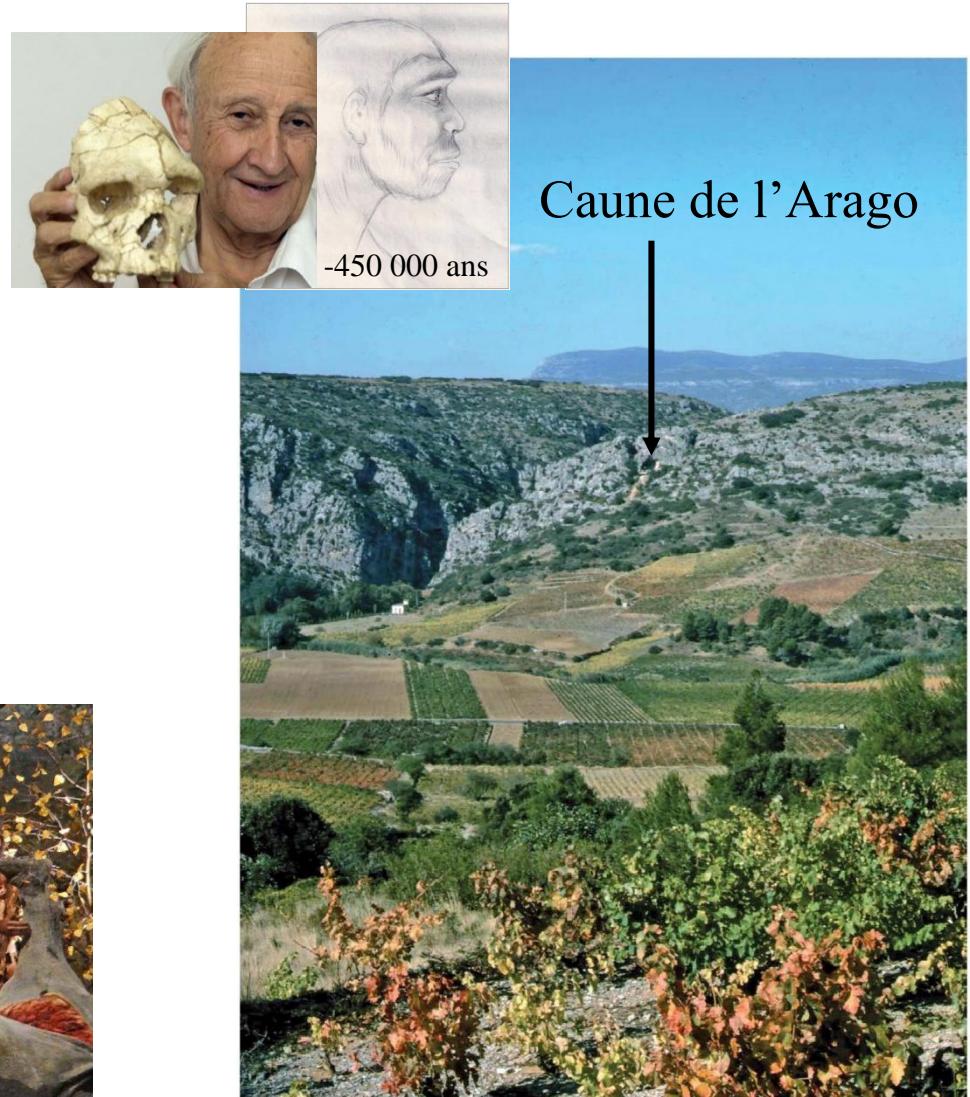
Application

Plonger dans les mondes de la préhistoire!

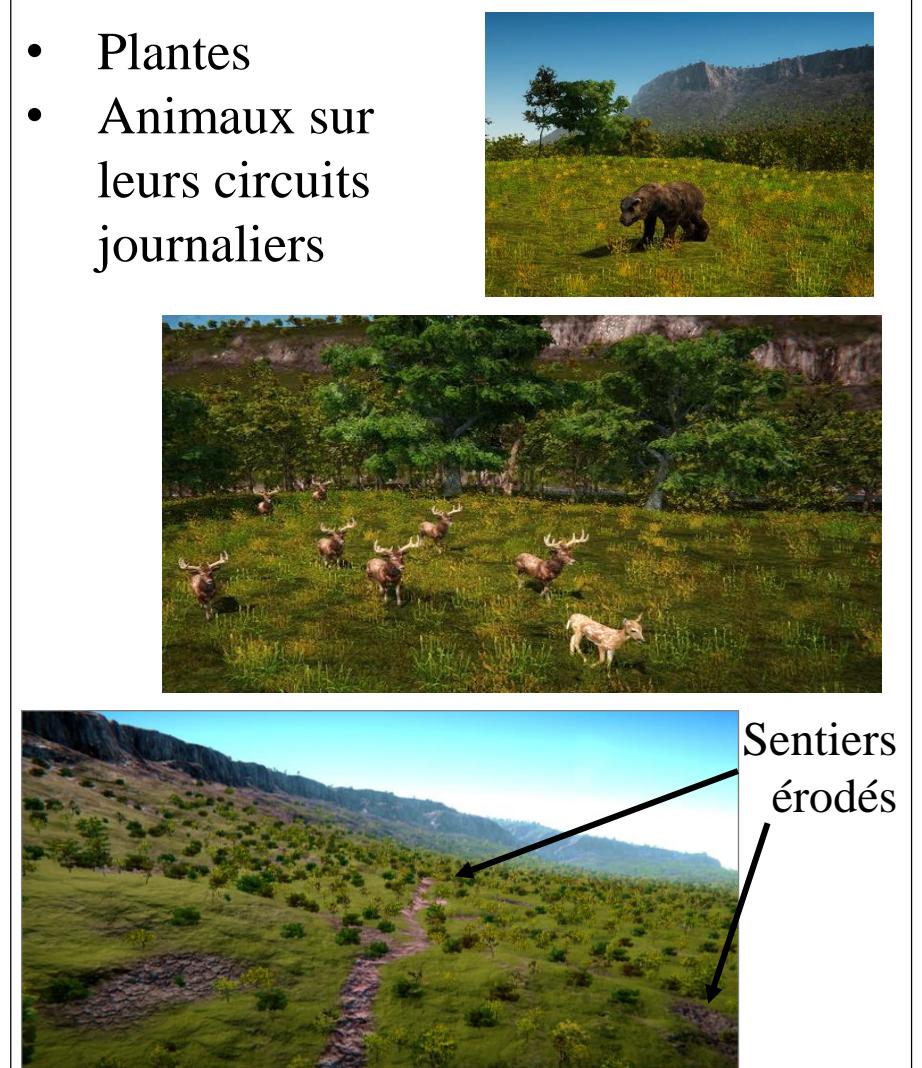
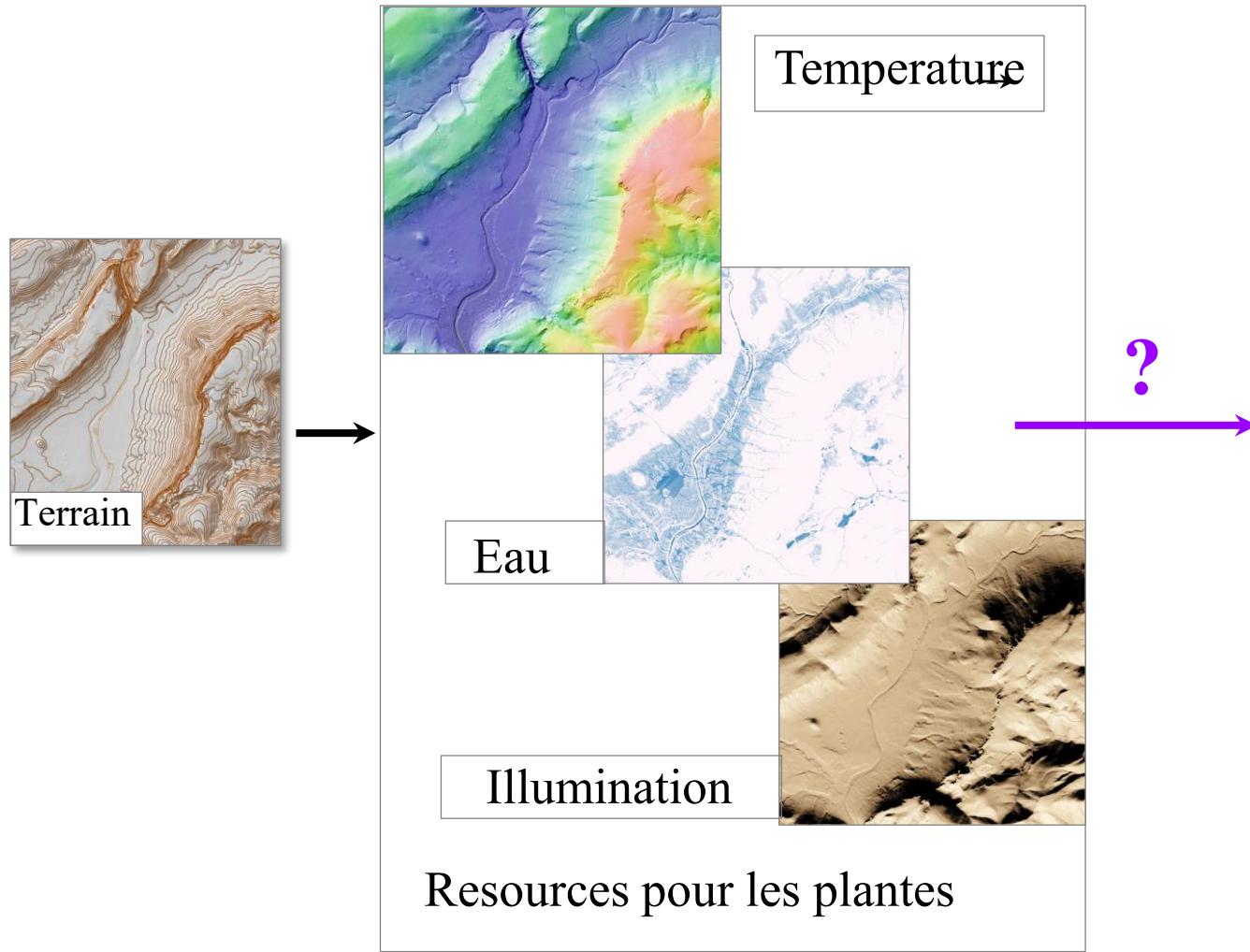
Mai 2018, Tautavel

Rencontre avec Henry de Lumley

- Grotte: os, graines, pollens, climat....
 - Hypothèses sur les écosystèmes (analogies)
- Leur donner à « voir » leurs modèles?

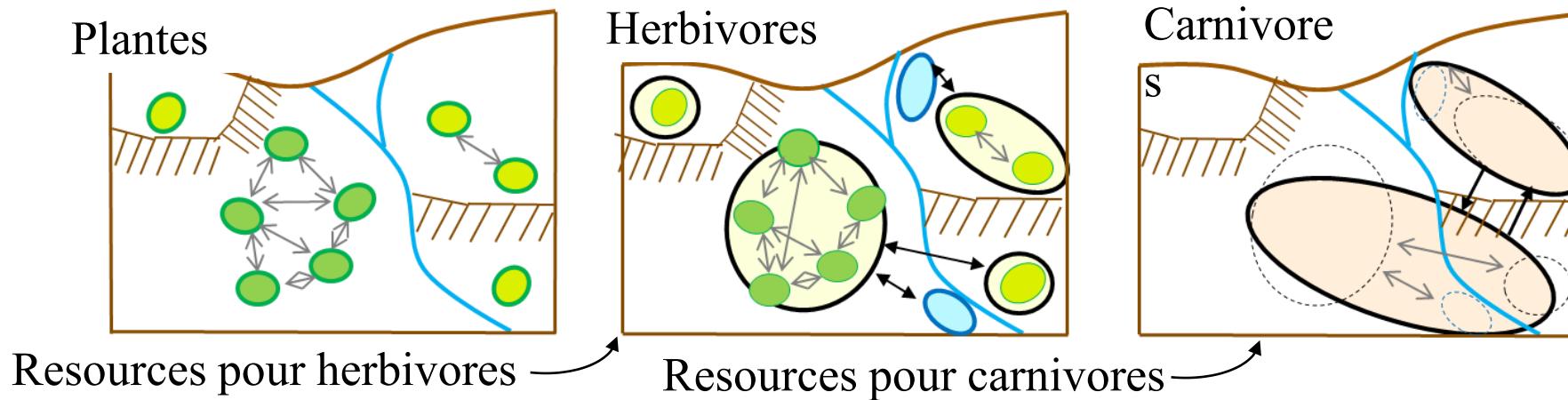


Une application récente Plonger dans les mondes de la préhistoire!

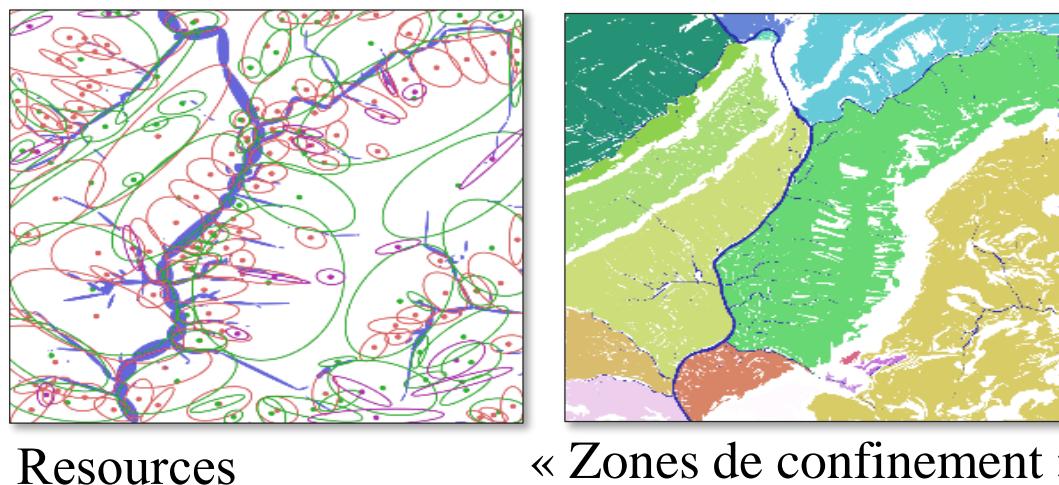


Ecosystèmes de la préhistoire

Méthode: Graphe d'accès aux ressources



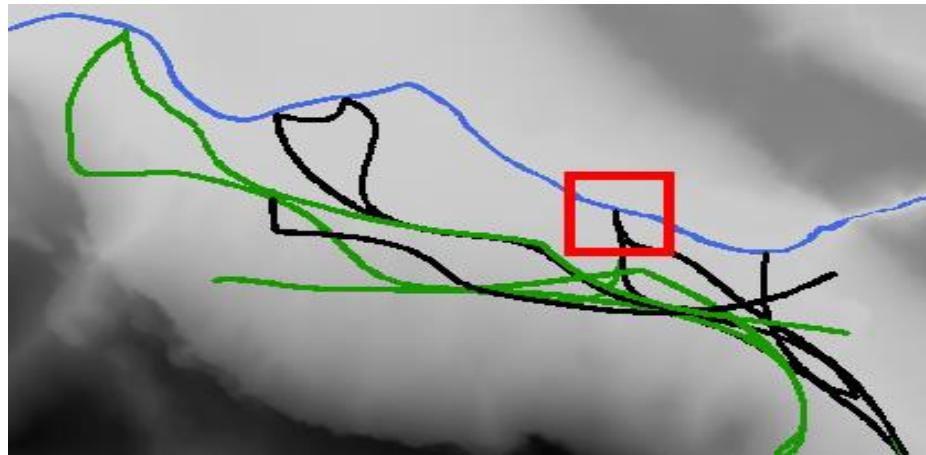
A chaque niveau de la chaîne alimentaire



Algorithme de compétition

- Hypothèse de stabilité
- Prise en compte des proportions des préhistoriens
- Trouve le meilleur placement!

Ecosystèmes de la préhistoire : Résultats



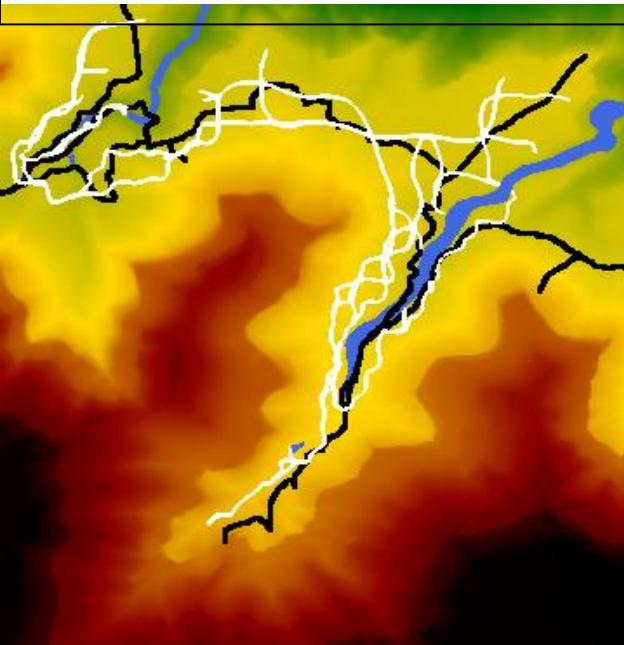
Validation

Bright Angel Valley

- Notre résultat (haut)
- Image réelle (bas)

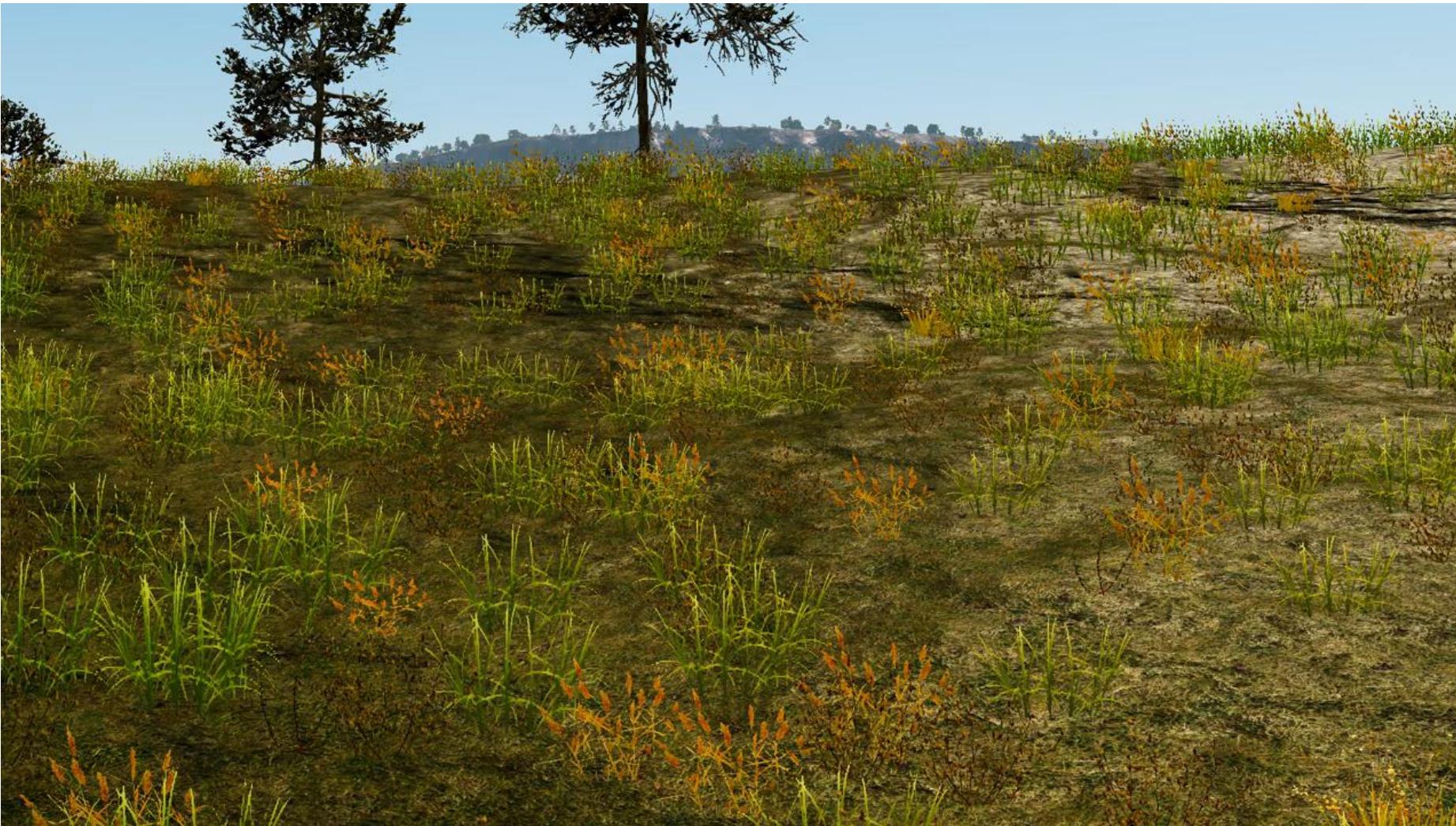
Carte des sentiers

- Les nôtres (blanc)
- Les vrais (noir)



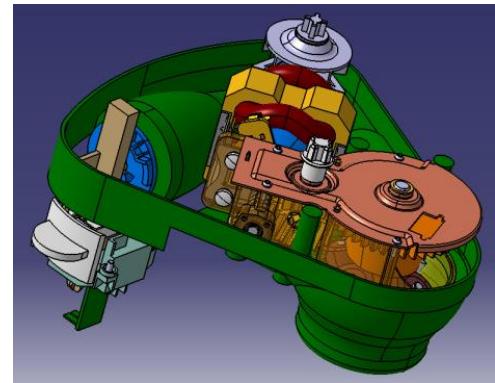
Ecosystèmes de la préhistoire

Résultats



Conclusion

Vers des systèmes intelligents d'aide à la création



Un nouvel espace des possibles....

- Ebaucher, raffiner, tester virtuellement puis fabriquer
- Créer et explorer des mondes virtuels peuplés et animés...

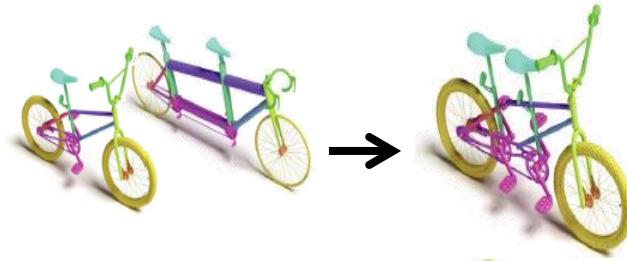
Dimension ludique et un formidable outil!
(grand public - scientifiques, ingénieurs)

Conclusion: Vers des systèmes intelligents d'aide à la création Ne pas confier à l'IA nos tâches créatives!

Masses de contenus disponibles (images, vidéos, 3D...)

- Tendance à sélectionner et réutiliser....
- L'IA pourrait créer à notre place

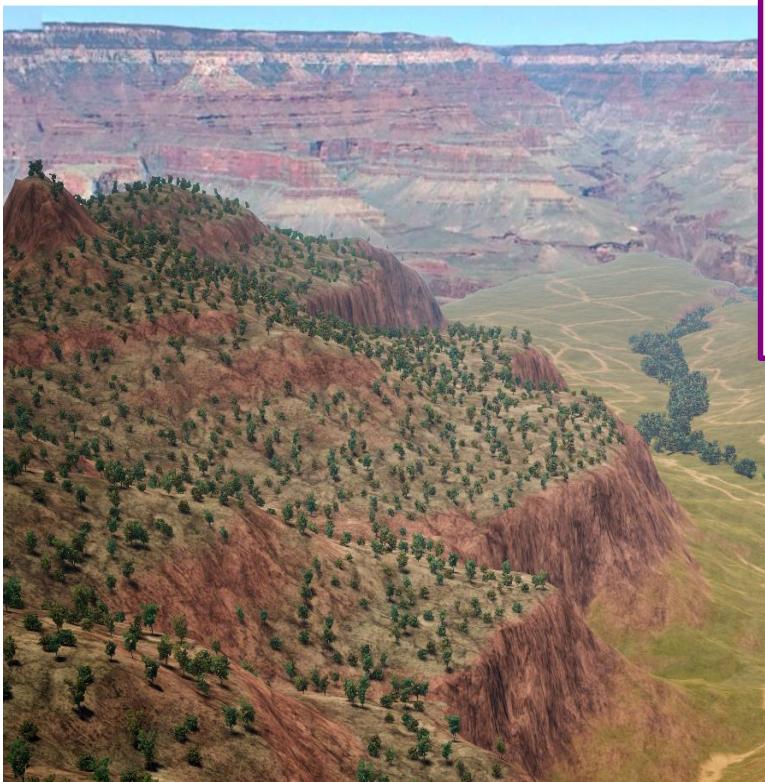
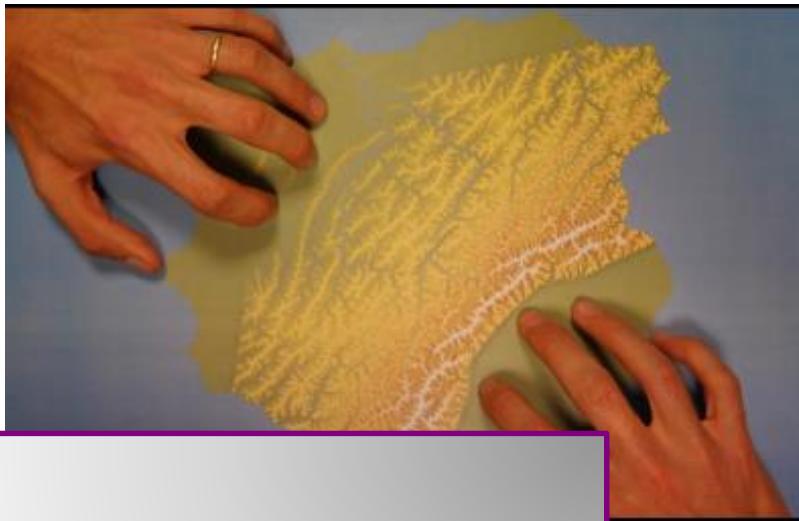
Est-ce ce que nous voulons?



Modélisation expressive → *Nous rendre plus créatifs!*

1. Contrôle à l'utilisateur
2. Modèles 3D « augmentés »
 - Interprètent les gestes intuitifs
 - Maintiennent les contraintes, évitent les tâches répétitives

Basés sur des connaissances & différents types d'apprentissage



*Merci à tous mes
étudiants et
collaborateurs !*

