



# *Vers une animation expressive*

## *Marier réalisme et contrôle ?*

Marie-Paule Cani

Univ. Grenoble-Alpes, CNRS & Inria



COLLÈGE  
DE FRANCE  
—1530—



# *Organisation du cours*

## *« Façonner l'imaginaire »*

---

### *Partie 1 : Création numérique 3D*

- Modélisation géométrique constructive : choix d'une représentation
- Sculpture virtuelle: des modèles d'argile aux déformations de l'espace
- Modélisation 3D à partir de dessins 2D
- Réutilisation et transfert des modèles 3D

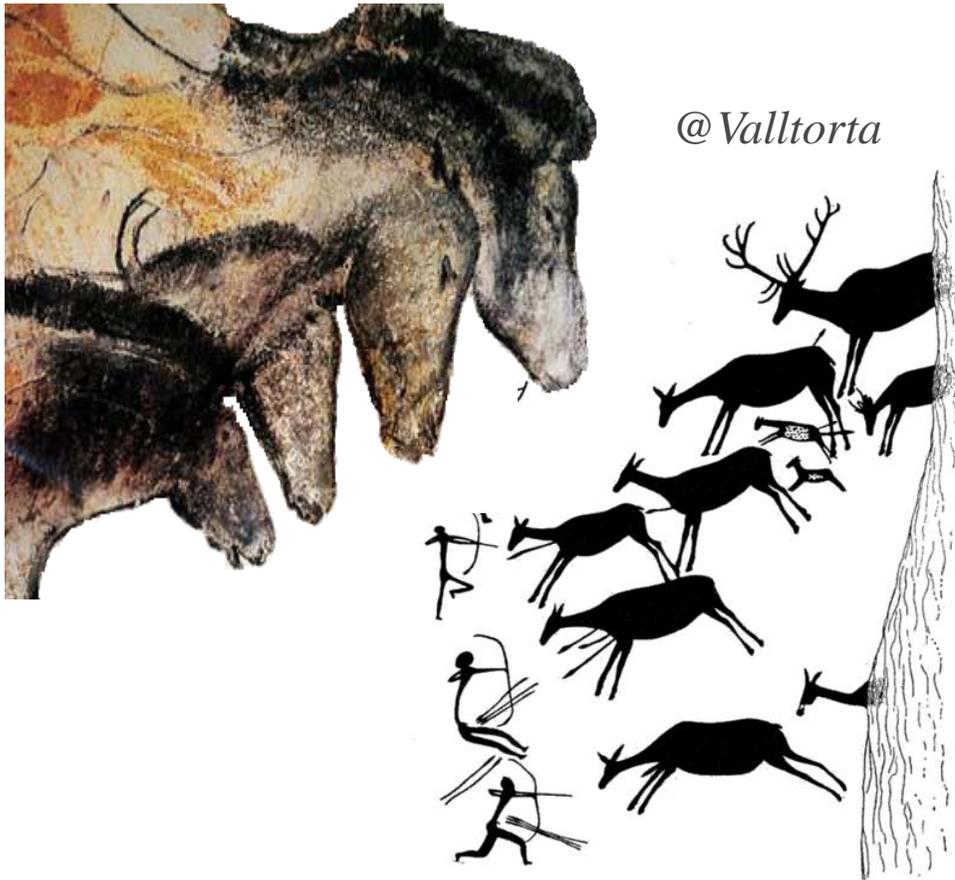
### *Partie 2 : Mondes virtuels animés*

- Création intuitive des éléments d'un paysage
- Animation efficace de phénomènes naturels : des détails qui s'adaptent
- Humains et créatures virtuelles : animation par habillages successifs
- **Cours 8 : Vers une animation expressive – marier réalisme et contrôle ?**
- **Séminaire : Florence Bertails-Descoubes**, Inria Grenoble

Modélisation numérique de fibres en contact pour la synthèse de chevelures réalistes

# *Façonner l'imaginaire*

## *Créer des formes... et des mouvements ?*



La chute @JB Martin

# Créer sur un média numérique

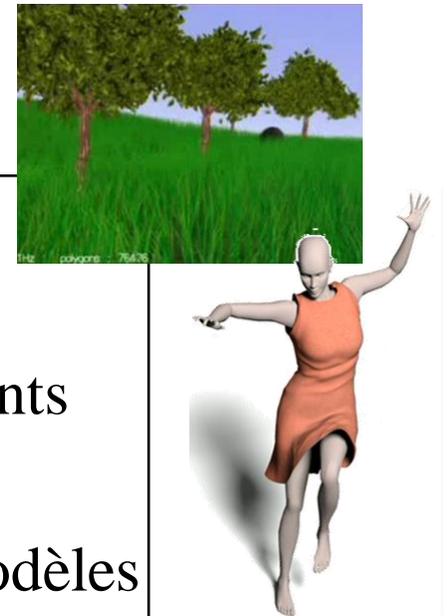


- Dessiner, mais en 3D
- Sculpter des matières structurées
- *Représenter des contenus animés*

Modélisation  
« expressive »

## Pour créer les mouvements

- Animation procédurale
- ✓ Hiérarchies de sous-modèles  
rapide, paramètres indépendants
- ✓ Réalisme visuel  
connaissances intégrées aux modèles



Contrôle indirect!

# Utilisation du média numérique



- Dessiner, mais en 3D
- Sculpter des matières structurées
- *Représenter des contenus animés*

Modélisation  
« expressive »



## Ce cours

- *Création expressive d'animations*

- ✓ « Dessiner » ou « sculpter » des mouvements ?
- ✓ Ebaucher un mouvement avant de fixer la forme ?
- ✓ Combiner ce contrôle avec de l'aide au réalisme ?

# *Vers une « animation expressive »*



## *Plan du cours*

### **Mouvements simples : processus périodique ou stationnaire**

- Foules : sculpter ou peindre du contenu animé
- Cascades : combiner réalisme et contrôle

### **Mouvements libres : exemples des personnages**

- Ebaucher et interpoler des postures
- Dessiner un mouvement dans « l'espace-temps »

*Séminaire de Florence Bertails-Descoubes : « Réalisme et contrôle »*

Modélisation numérique de fibres pour la synthèse de chevelures réalistes

## ✓ *Mouvements périodiques*

- *Les foules*

## ✓ *Mouvements libres*

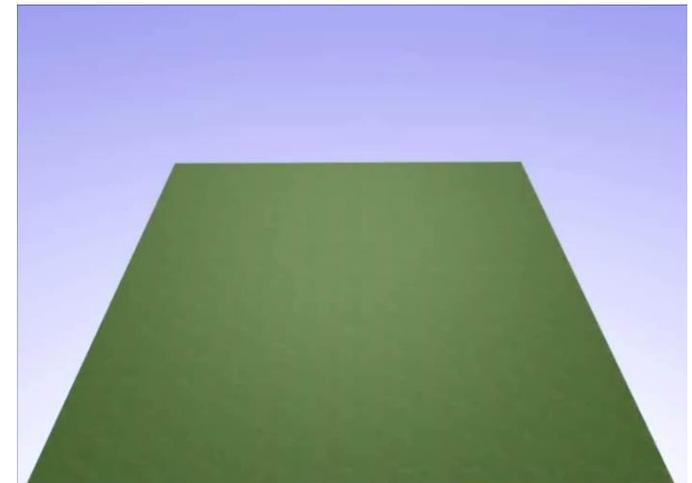
# *Peupler les mondes virtuels*

## **Sans limite en temps ni espace**

- Foules aux trajectoires **périodiques**
- Méthode des « textures de foules » [YMPT09]  
(cf. séminaire de Julien Pettré)

## **Rappel : carreaux de texture**

- Trajectoires périodiques prédéfinies
- Se raccordent en espace et en temps
- Empruntées par des personnages variés



mirrored patterns



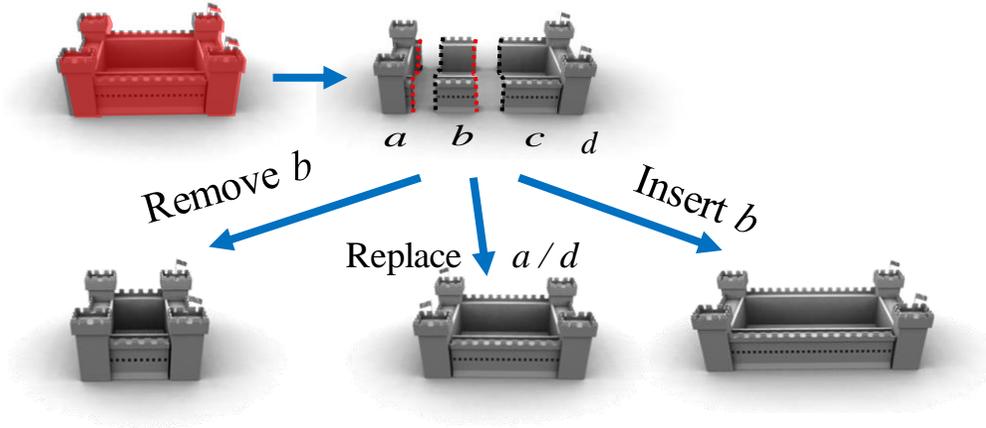
✓ *Mouvements périodiques*

• *Les foules*

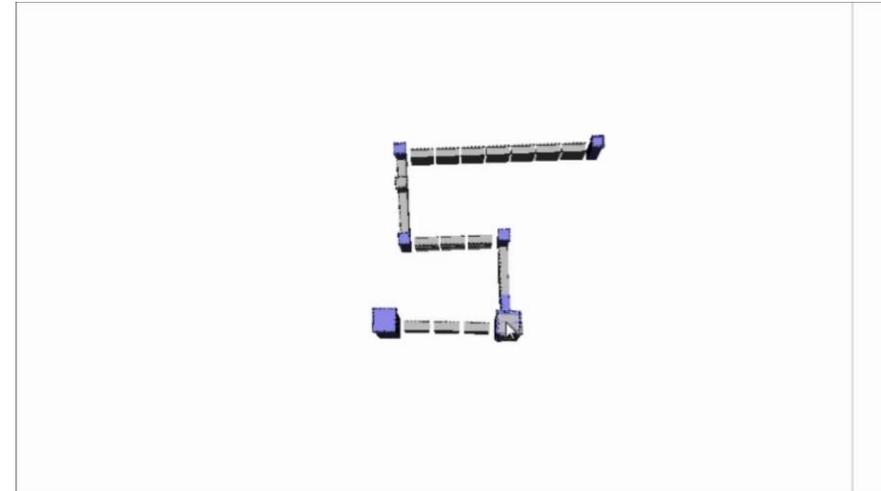
✓ *Mouvements libres*

# *Créer simplement ces animations ?*

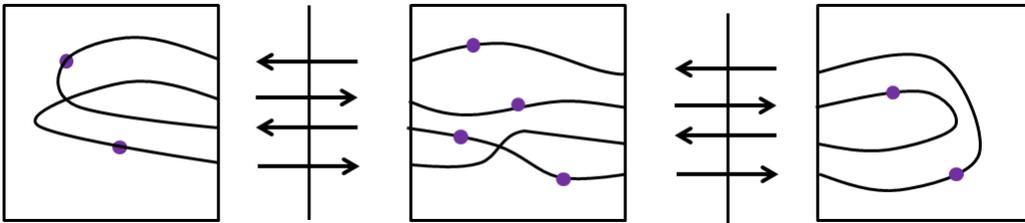
**Similaire aux formes structurée : grammaires de type puzzle**



Modèle élastique « mutable »



**Textures de foule : puzzle espace-temps**



→ Sculpture possible !

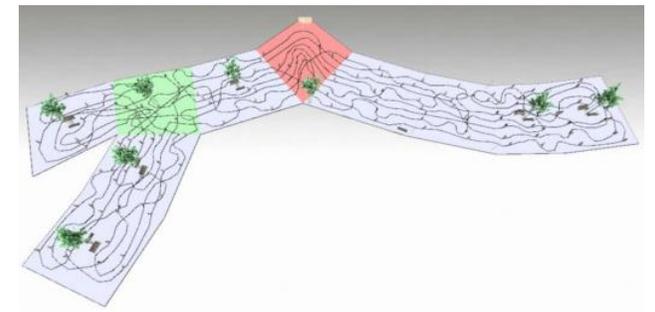
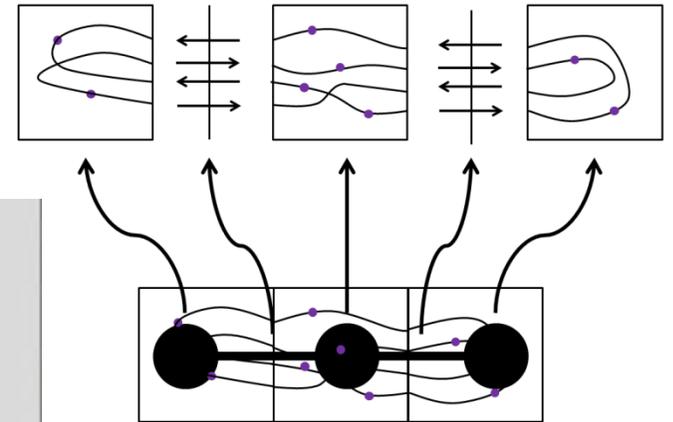
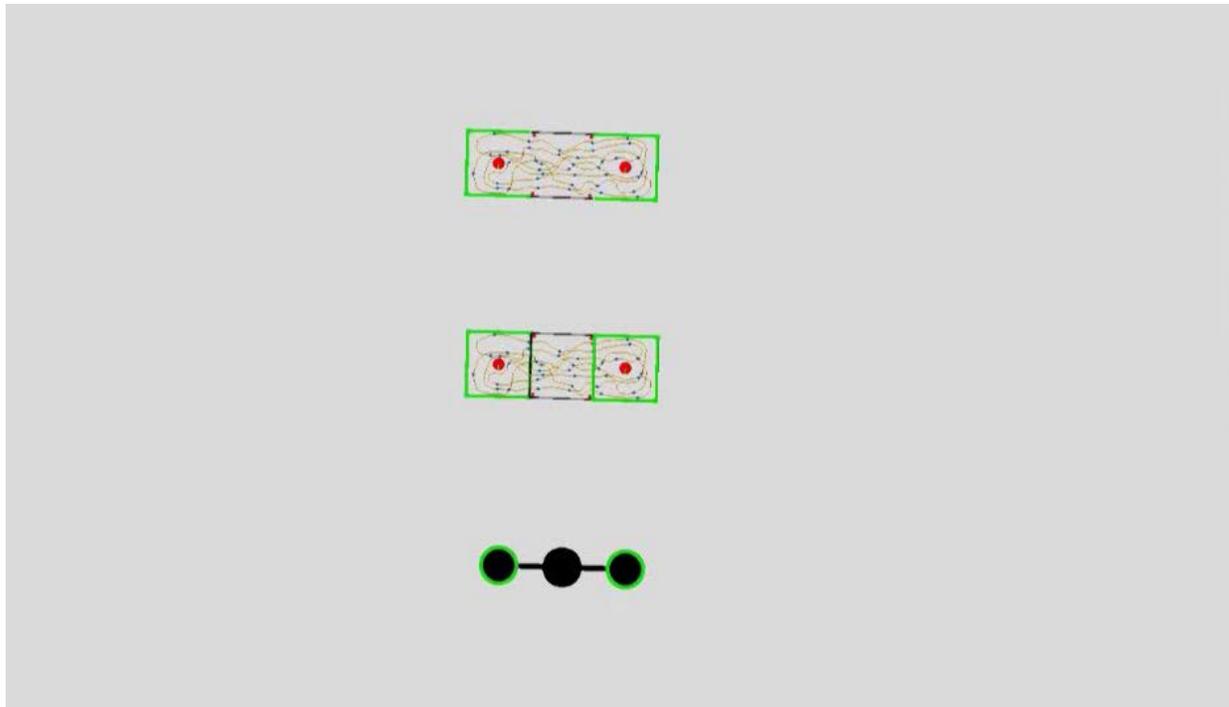
✓ *Mouvements périodiques*

- *Les foules*

✓ *Mouvements libres*

# *Sculpture en espace*

- Représentation par graphe déformable
- Modèle élastique mutable



[Jordao 2014]

✓ *Mouvements périodiques*

- *Les foules*

✓ *Mouvements libres*

## *Sculpture en temps ?*

Superposer des textures interchangeables

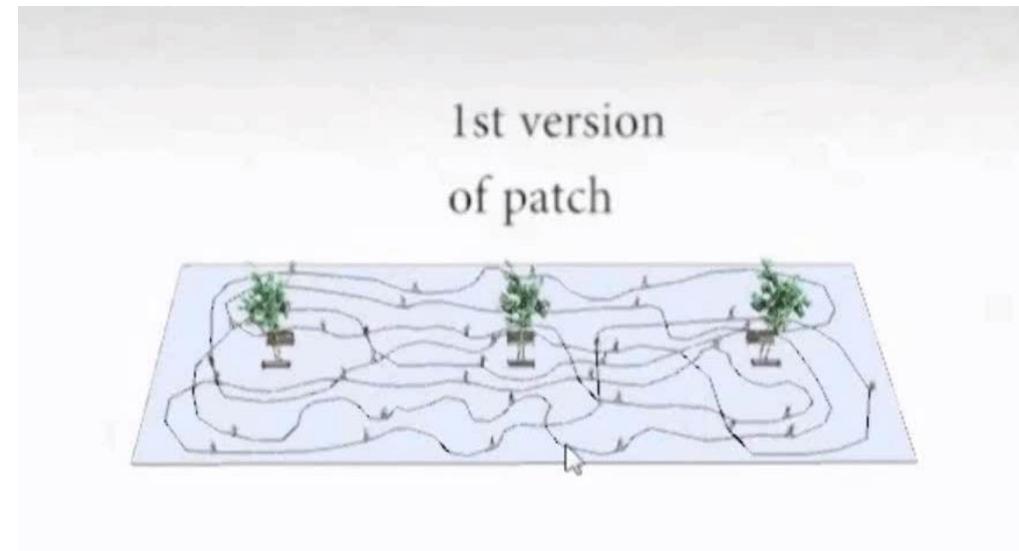
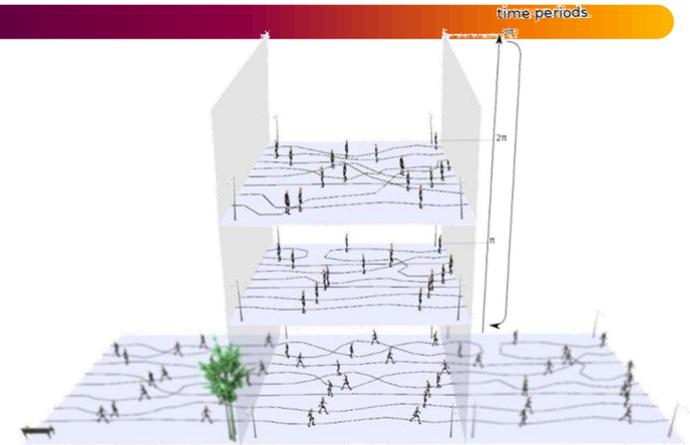
- Change la périodicité temporelle

Résultat [*Jordao 2014*]

- Les trajectoires changent
- Mais le mouvement est continu !

Ne permet pas d'accélérer ou ralentir

Poserait des problème de densité !



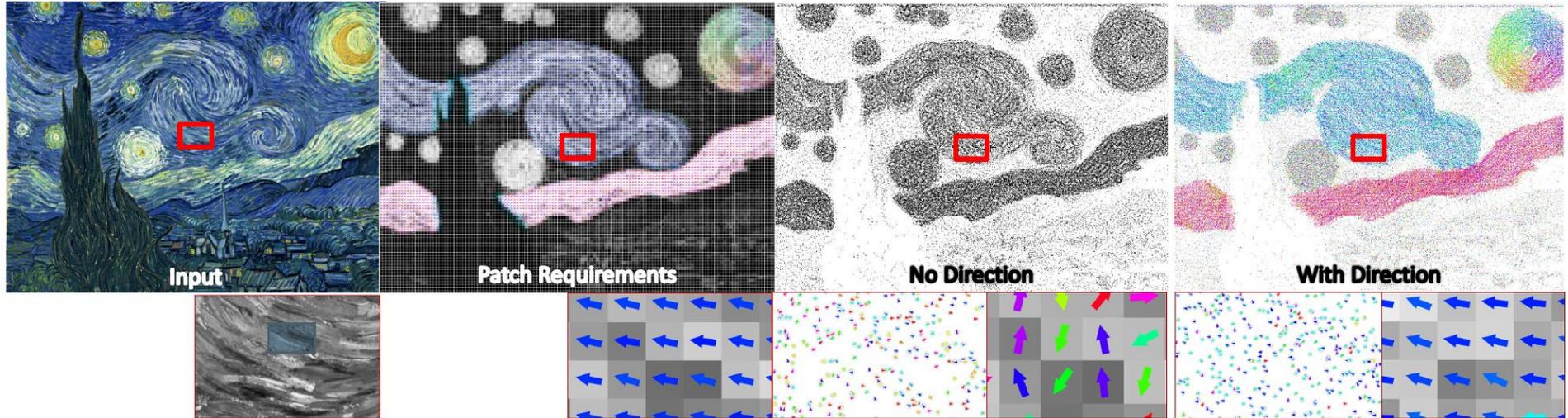
✓ *Mouvements périodiques*

- *Les foules*

✓ *Mouvements libres*

# *Contrôle en densité et direction ?*

## Métaphore de peinture



- L'utilisateur peint les densités et directions souhaitées
- Le système calcule des textures de foule vérifiant ces contraintes
  - ✓ hypothèse : contraintes invariantes dans le temps

✓ *Mouvements périodiques*

• *Les foules*

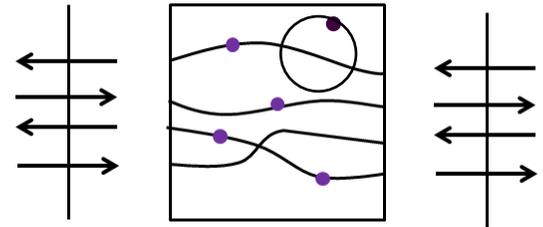
✓ *Mouvements libres*

## *Contrôle en densité et direction*

**Souhait : ne pas trop jouer sur**

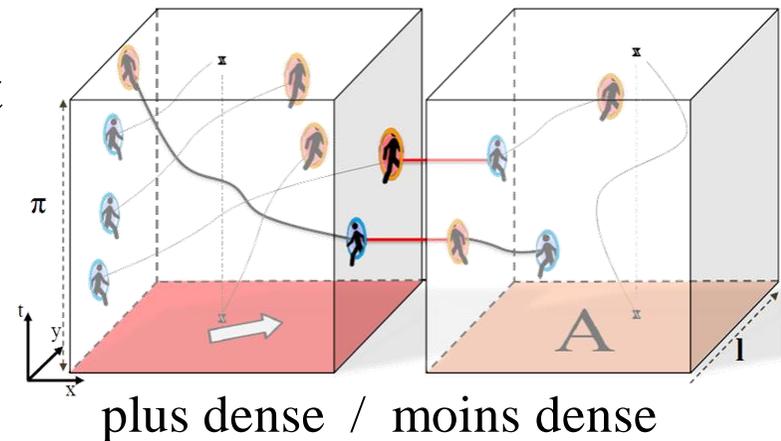
✓ Personnages endogènes  $D_{en}$  vs exogènes  $D_{ex}$

✓ Ajout de « sources » ou de « puits »



### **Difficultés**

- Nb entrées = nb sorties, pour tout élément
- Les positionner selon les contraintes (densité et direction)
- Les choix se propagent aux voisins !



✓ *Mouvements périodiques*

- *Les foules*

✓ *Mouvements libres*

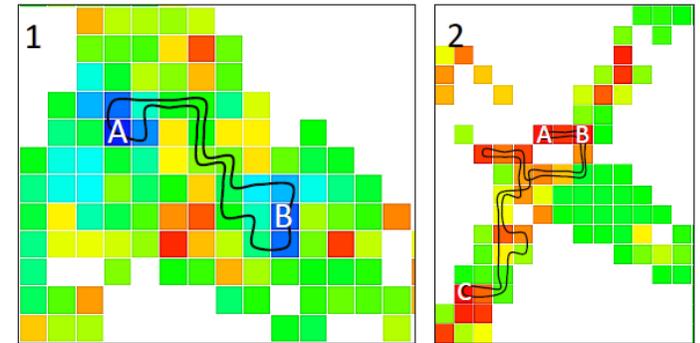
## *Contrôle en densité et direction*

**Erreur**  $E = E_{densité} + E_{direction}$

### **Algorithme d'optimisation**

- A partir de données aléatoires, itérer pour chaque composante fortement connexe

1. Plus court chemin entre zones pas assez denses  
– Ajouter un personnage le long de ces chemins
2. Plus cours chemin (sans cases vides !) entre zones trop denses  
– Enlever un personnage de long de ces chemins



Bleu: pas assez dense  
Rouge: trop dense

Tenir compte de la direction du segment entrée-sortie au besoin

- Engendrer des trajectoires précises sans collision

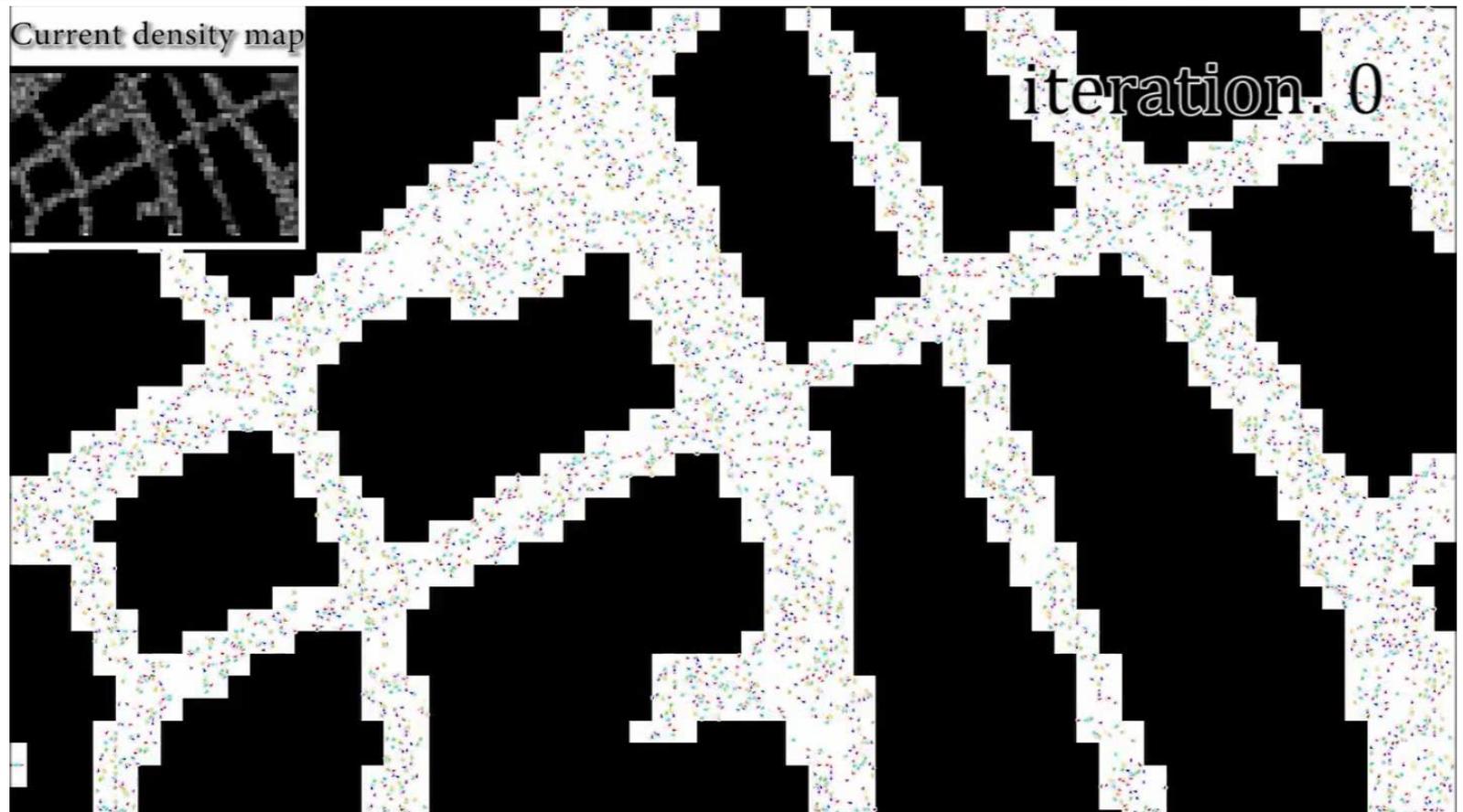
✓ *Mouvements périodiques*

• *Les foules*

✓ *Mouvements libres*

## *Contrôle en densité et direction*

### *Premiers résultats*



**Bilan**

Contrôle  
intuitif

Aucune  
aide au  
réalisme !

✓ *Processus stationnaire*

• *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

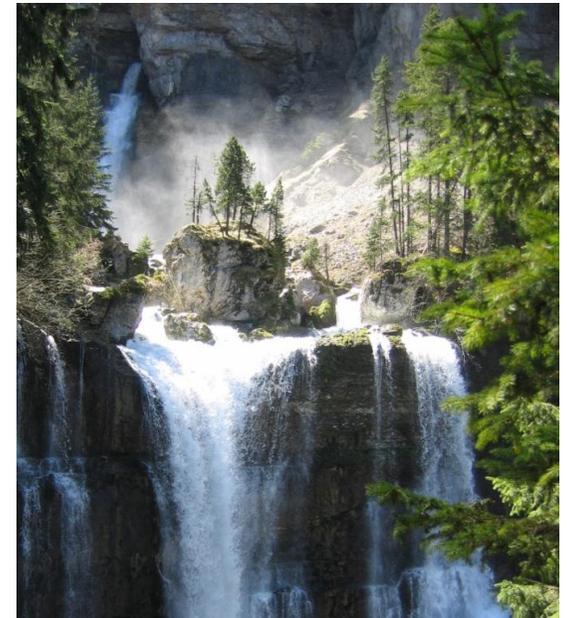
# *Combiner réalisme et contrôle?*

## **Exemple de la création d'un réseau de cascades**

- Cas simple : processus stationnaire
- Critères de réalisme (mécanique des fluides)

*Offrir du contrôle en gardant le réalisme ?*

- Trajectoires et débits dictés par le terrain
- Mais sculpter ce dernier serait trop indirect!



✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

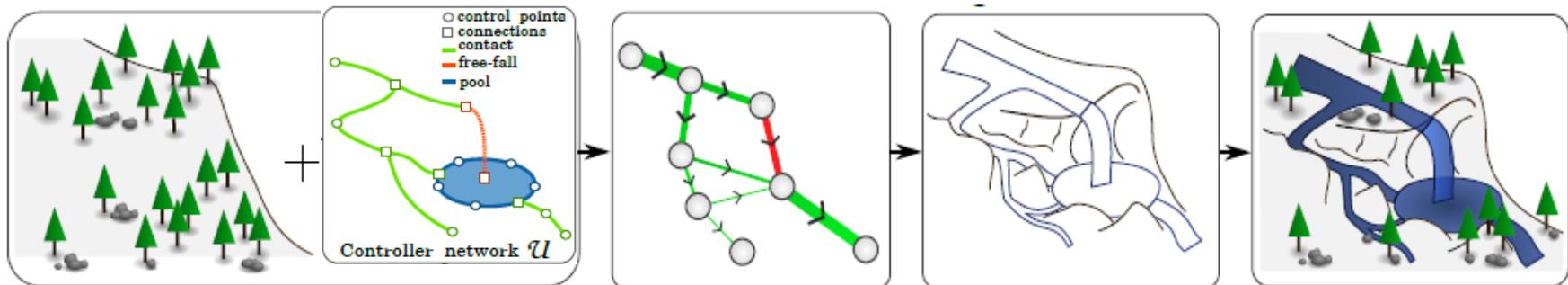
✓ *Mouvements libres*

# *Combiner réalisme et contrôle?*

## *Jouer sur le niveau de contrôle*

### Chaîne de traitement

- L'utilisateur dessine un réseau
- Des débits cohérents sont calculés
- Le terrain s'adapte automatiquement



Réseau hydraulique / géométrie / détails

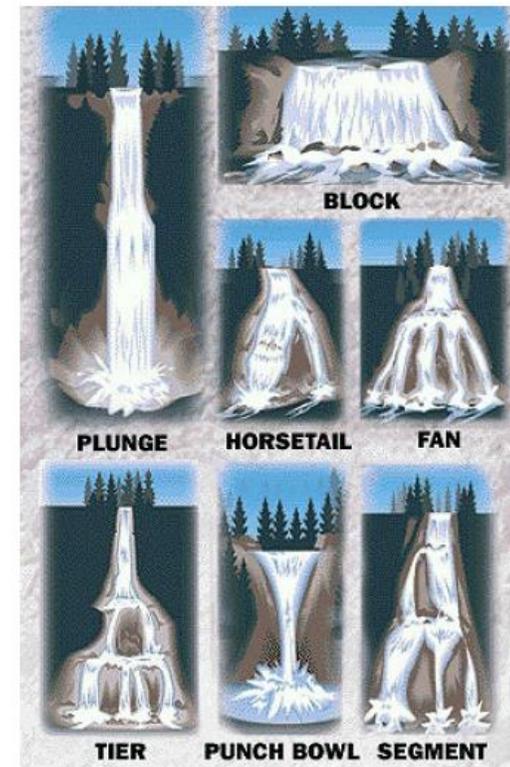
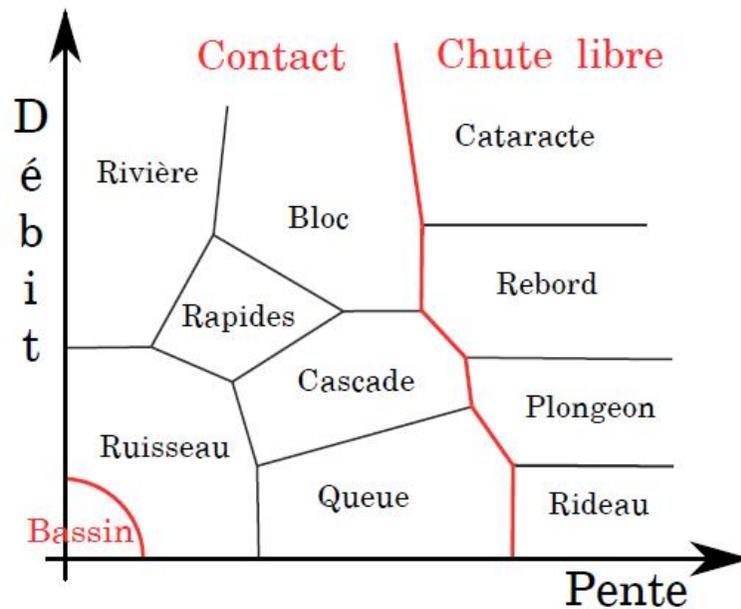
✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

## *Contrôle du type de cascade*

- L'utilisateur choisit : contact / chute libre
- Un type précis sera calculé d'après la pente et le débit



✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

## *Création sur un terrain existant*

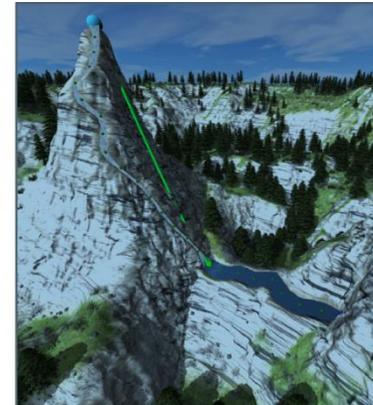
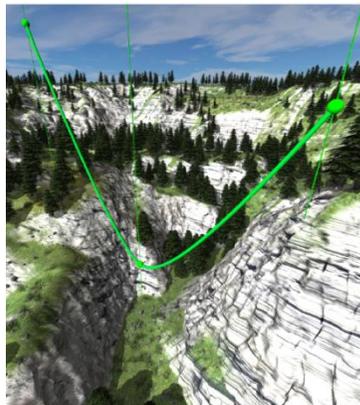
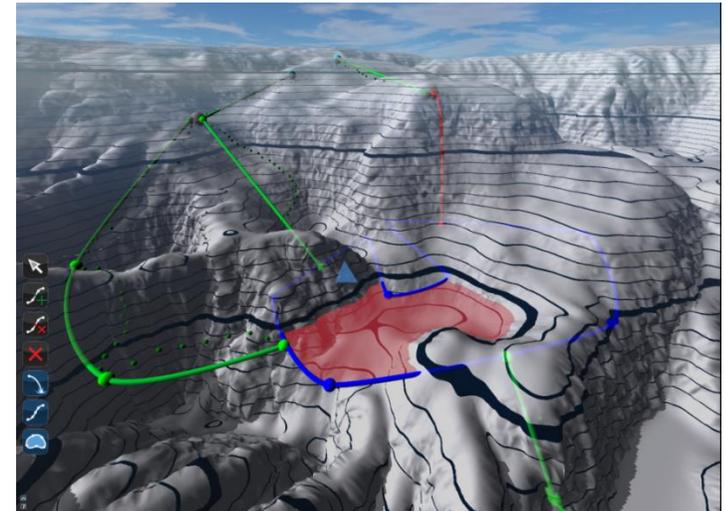
- Contact : splines
- Chutes libres: segments
- Bassin: spline fermée

Maintien automatique de la validité

- Pas de cycle
- Pente suffisante

Plaquage sur le terrain

- En option



✓ *Processus stationnaire*

• *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

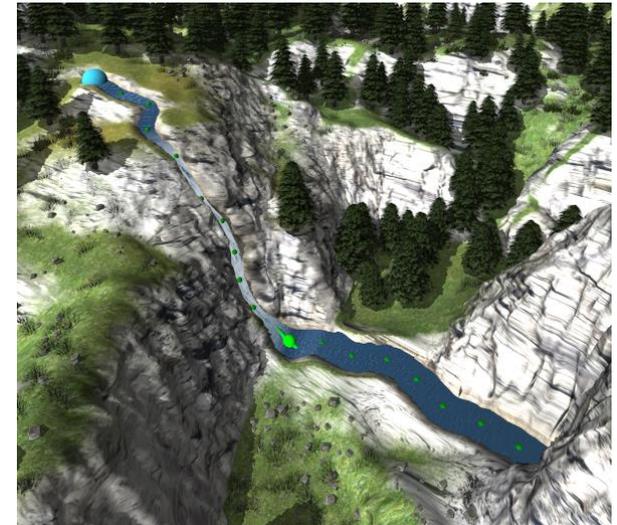
# *Génération réseau hydraulique*

But : Type de chute et trajectoires détaillées plausibles ...

Que traiter d'abord ?

## **Notre approche**

1. Calcul des débits sur le réseau grossier
2. En déduire des trajectoires détaillées
3. Les types des segments de chute sont calculés



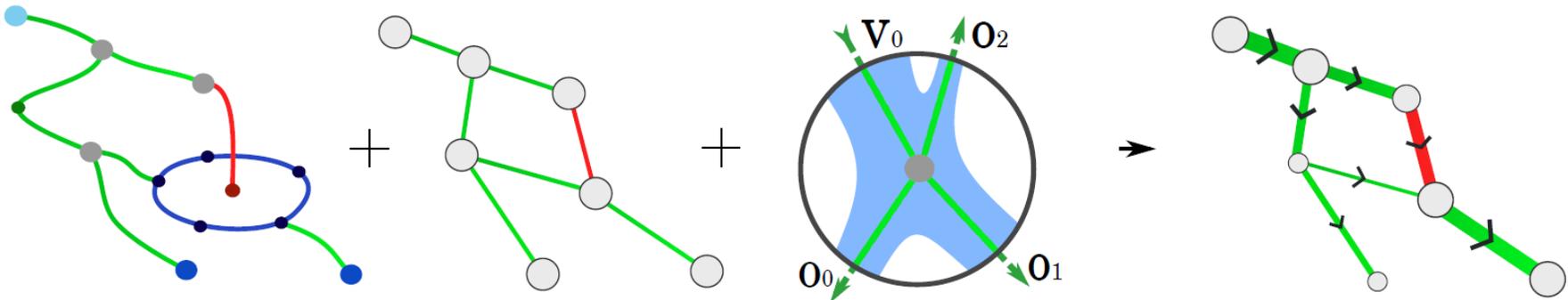
✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

## *Calcul de débits plausibles*

Prendre en compte les angles jonction



- Calcul pour une branche

$$w_{ji} = 1 + C(\mathbf{v}_i \cdot \mathbf{o}_j)$$

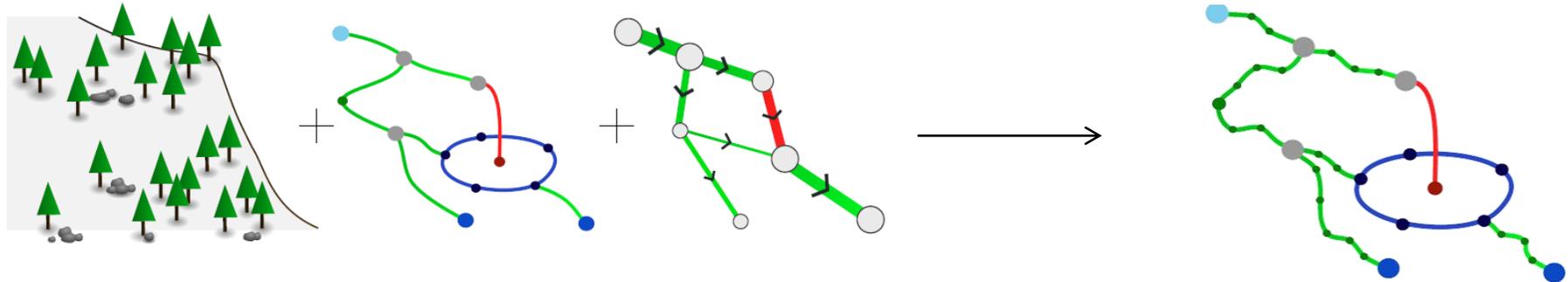
$$\text{debit}_j = \sum_i \text{debit}_i \frac{w_{ji}}{\sum_j w_{ji}}$$

✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

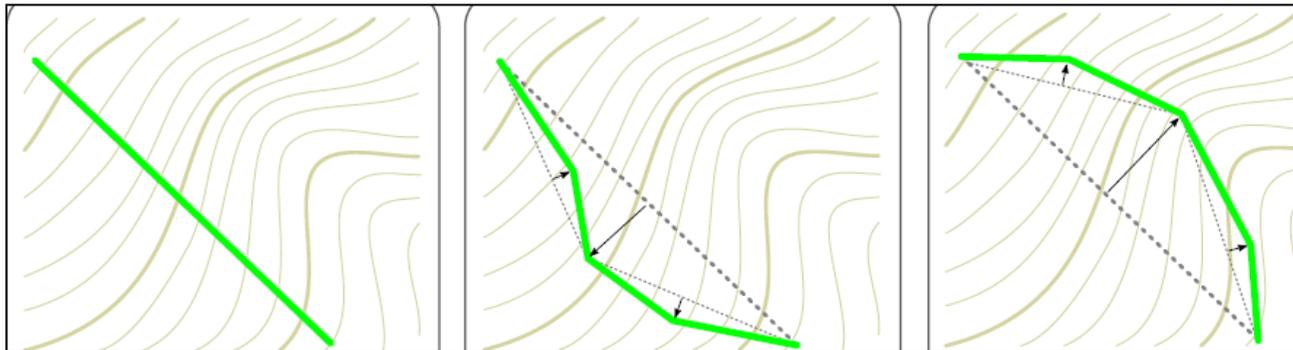
✓ *Mouvements libres*

## *Calcul des trajectoires détaillées*



### Deux méthodes

- Perturbation aléatoire fonction du débit
- Glissement au creux de la pente

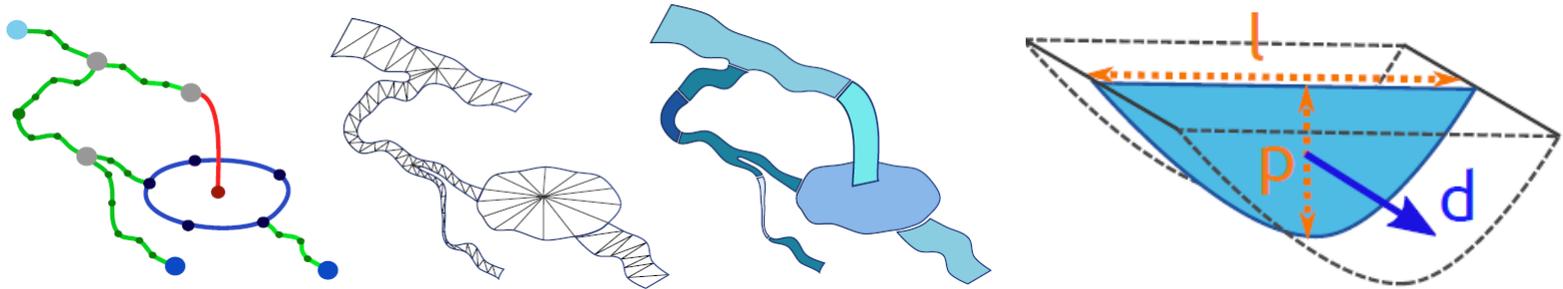


✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

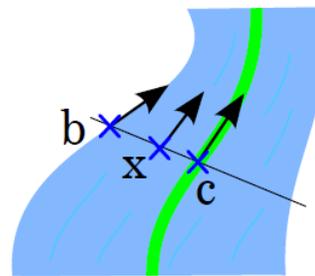
## *Type de cascade et aspect visuel*



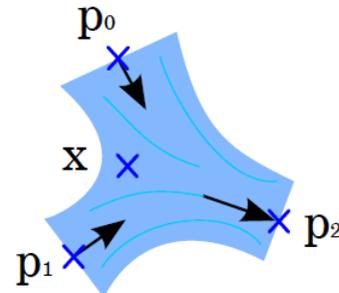
**Calculs successifs** : Type(pente, débit), Vitesse(pente),  
Largeur(Vitesse ,débit), profondeur(Largeur, type)

### **Surface de l'eau animée**

- Cartes de vitesse
- Advection de textures



Interpolation 1D



Interpolation 2D



Simulation 2D

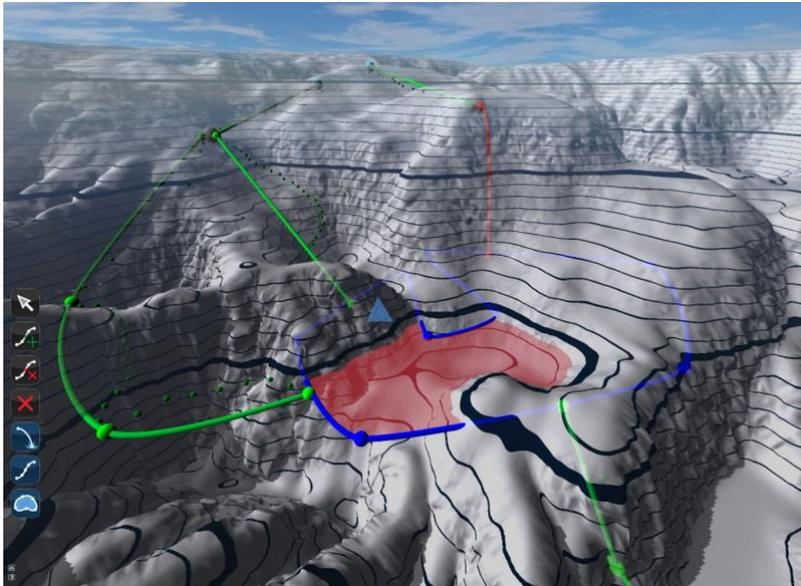
✓ *Processus stationnaire*

• *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

# *La cascade sculpte le terrain*

- Propagation de contraintes de déplacement  
(comme pour le dessin de montagnes)
- Des détails sont ajoutés (arbres, rochers, particules...)



✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

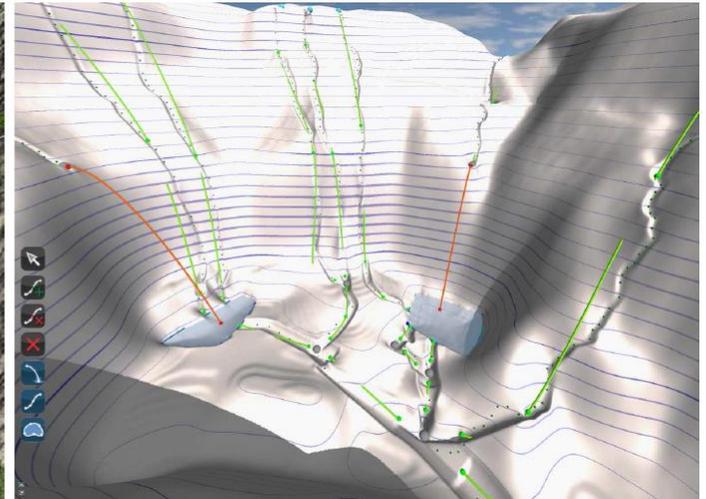
# *Validation* [Emilien 2015]

## **Création d'une scène spécifique : le trou de fer à la Réunion**

- Temps de modélisation < 10 min
- Temps de génération < 1 sec



Photo @Serge Gélabert



✓ *Processus stationnaire*

- *Les cascades*

✓ *Mouvements libres*

## *Résultats* [Emilien 2015]

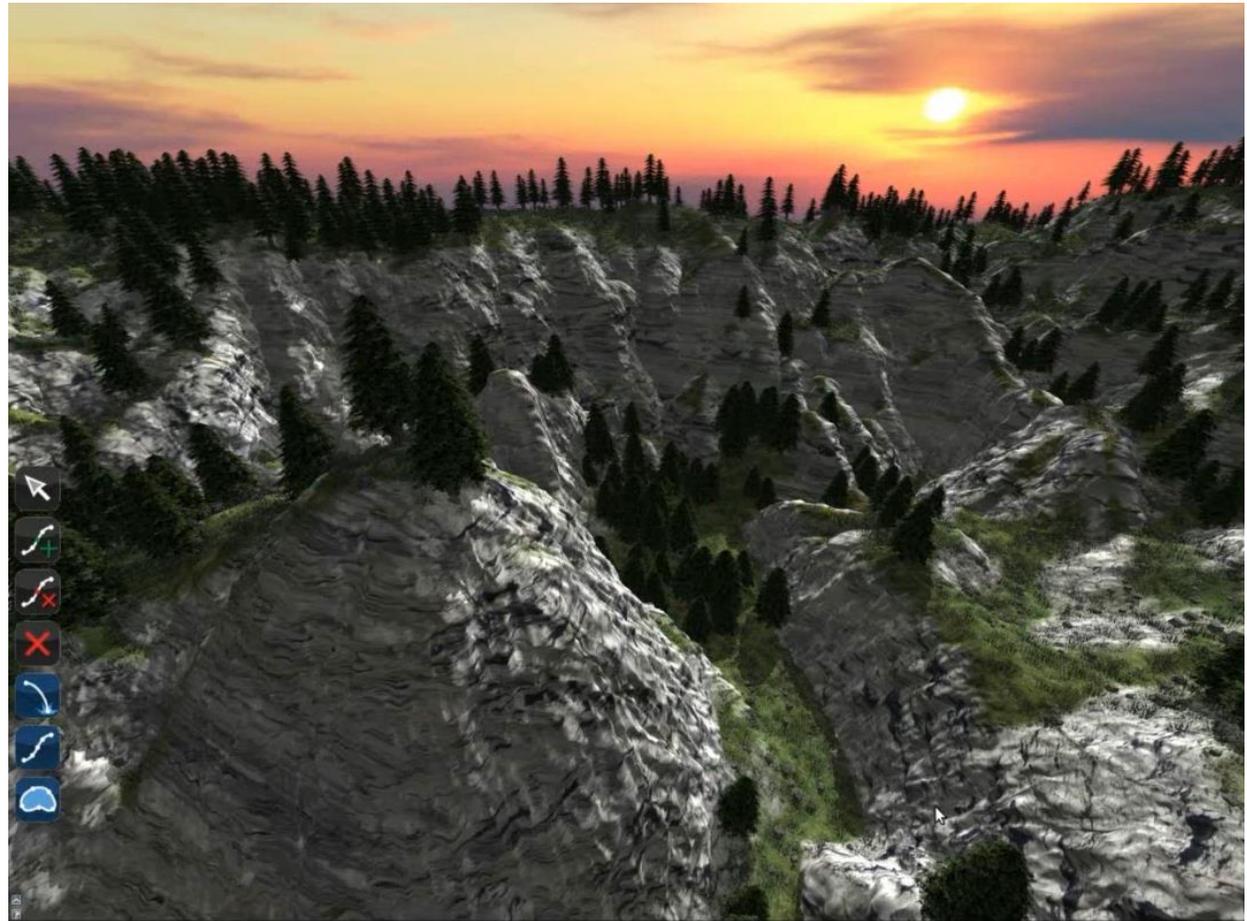
### **Réalisme et contrôle imbriqués**

- Curseur réglable
- Mvt. stationnaire

### **Mvt dynamique**

- Contrôle équilibre
- Modèles inverses

*Cf séminaire Florence  
Bertails-Descoubes*



✓ *Cas simples: foules et cascades*

✓ *Mouvements libres*

# *Création de mouvements libres ?*

## Cas des personnages

3 méthodes

Simulation

Spécification  
manuelle

Capture

## Mouvement imaginaire

- Logiciels standard
- Temps et savoir-faire !



@ ACM

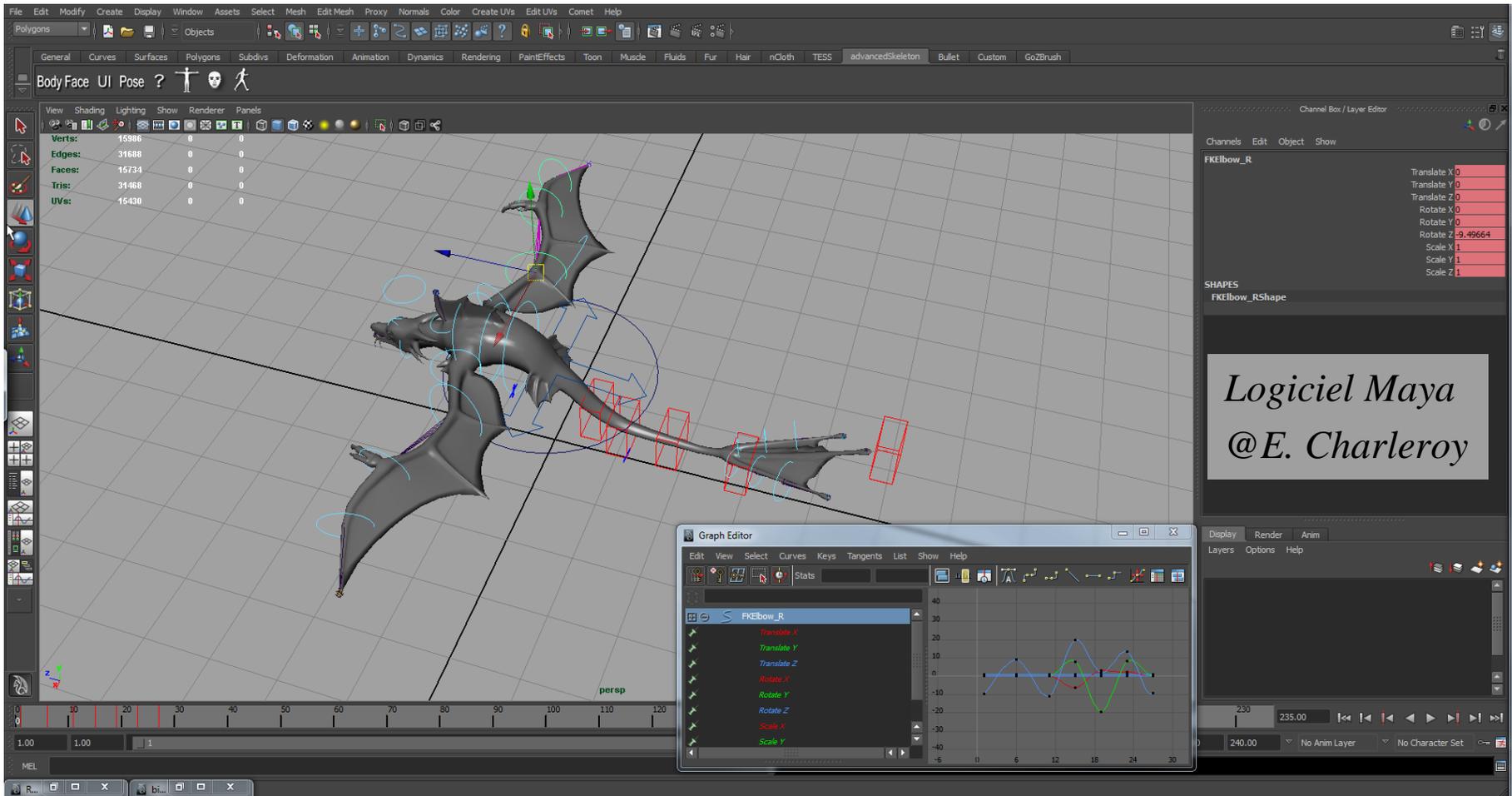


@ Morpheo/Inria

✓ *Cas simples: foules et cascades*

✓ *Mouvements libres*

# *Création de mouvements libres ?*

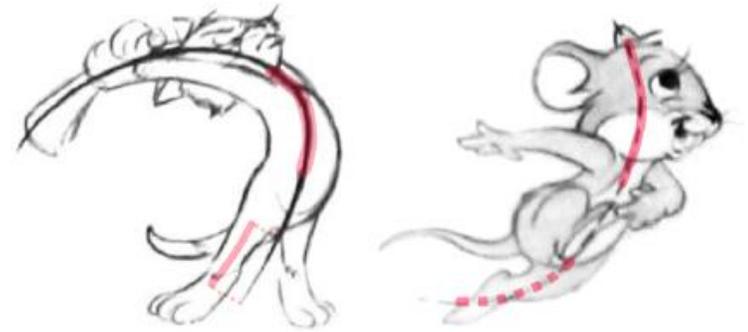


- ✓ *Cas simples: foules et cascades*
- ✓ *Mouvements libres*
  - *Pauses par ligne d'action*

## *Inspiration : dessin de mouvements*

### **Lignes d'action**

- ✓ Pauses expressives
- ✓ Evoquent un mouvement



@The Estate of Preston Blair

### **Une pause 3D en un seul geste?**



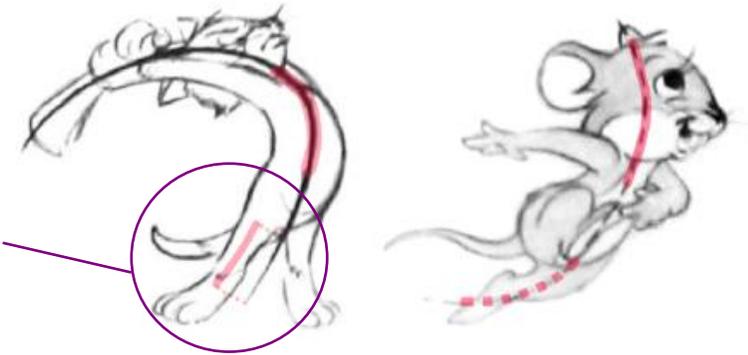
Pourront être interpolées pour créer des mouvements

- ✓ Cas simples: foules et cascades
- ✓ **Mouvements libres**
  - **Pauses par ligne d'action**

## **Pauses 3D par ligne d'action**

### **Définition d'une ligne d'action (LOA)**

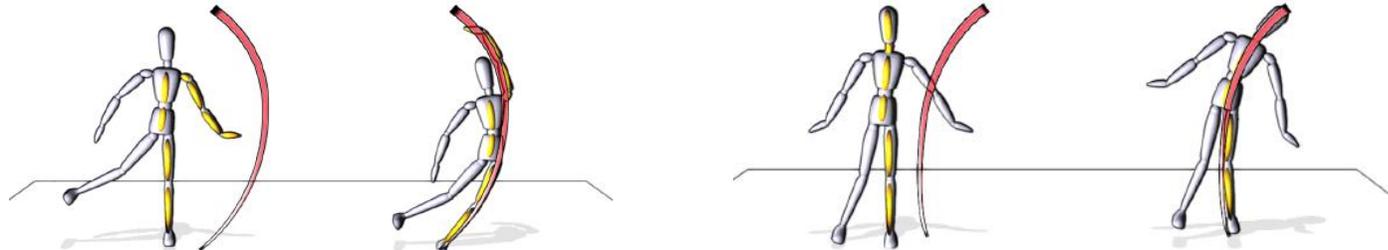
- Courbes en « C » ou en « S »
- Alignement position et/ou **orientation**



@The Estate of Preston Blair

### **En 3D**

- Contrainte projective
- Pour une chaîne d'os connectée, maximale



✓ Cas simples: foules et cascades

✓ *Mouvements libres*

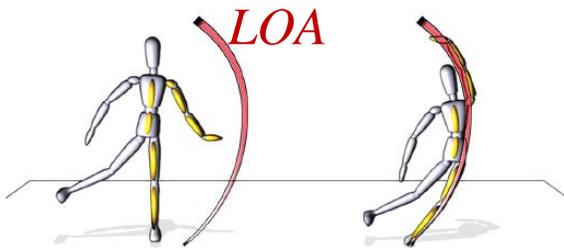
- *Pauses par ligne d'action*

## *Pauses 3D par ligne d'action*

### Dans l'espace de d'écran (2D)

- Sélection de la chaîne d'os
- Minimiser une somme d'énergies

$$\min_{\mathbf{x}_b(s)} \int_s E_x(s) + E_{\hat{T}}(s) ds,$$



Positions  $\longrightarrow E_x(s) = \lambda_x(s) \|\mathbf{P}_{vp}\mathbf{x}_b(s) - \mathbf{x}_{loa}(s)\|^2$

Tangentes  $\longrightarrow E_{\hat{T}}(s) = \lambda_{\hat{T}_{loa}}(s) \|\hat{\mathbf{T}}_b(s) - \hat{\mathbf{T}}_{loa}(s)\|^2$

– Calcule aussi une bonne correspondance  $w(s)$  entre les lignes

- Résultat : rotations des os *dans le plan de vue*

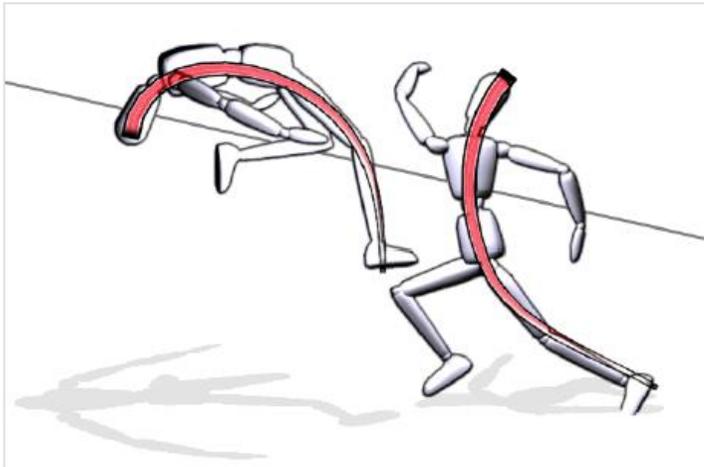
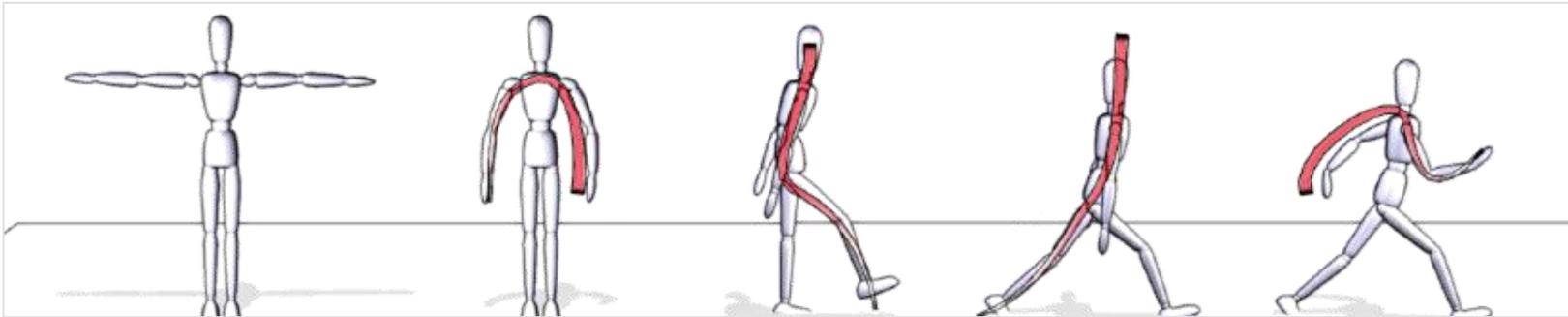
✓ *Cas simples: foules et cascades*

✓ *Mouvements libres*

- *Pauses par ligne d'action*

## *LOA : Résultats [Guay 2013]*

- Raffinement d'une pause grâce à des lignes secondaires



- ✓ *Cas simples: foules et cascades*
- ✓ *Mouvements libres*
  - *Pauses par ligne d'action*

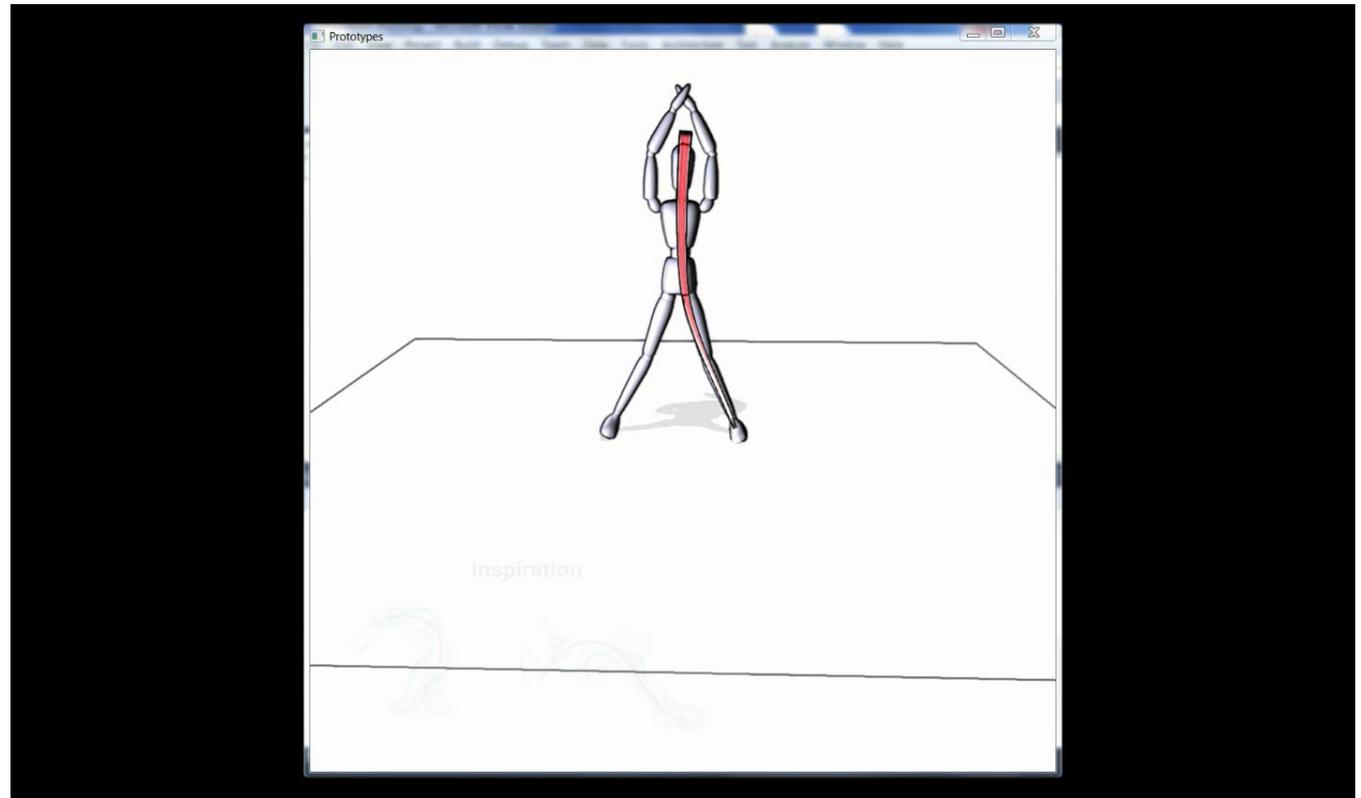
## *LOA: Résultats [Guay 2013]*

**Mouvement**  
Interpolation 3D

Facile à définir

**Bilan**

- Jolies pauses
- Mouvement médiocre



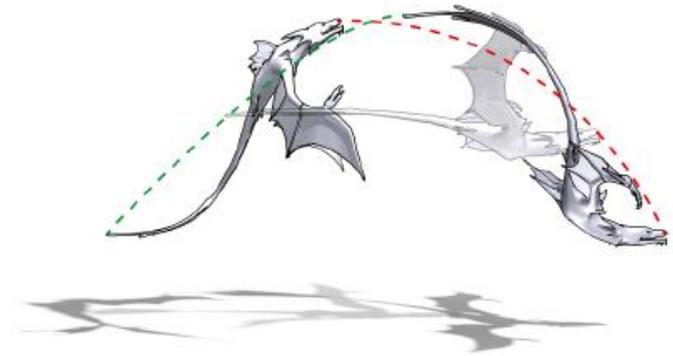
✓ *Cas simples: foules et cascades*

✓ *Mouvements libres*

## *Animation par croquis « espace-temps »*

### **Difficultés de l'interpolation standard**

- faire suivre une trajectoire
- coordonner forme et mouvement



Interpréter cette ligne comme un croquis espace-temps ?

- Permettra d'initialiser une DLOA  
(ligne d'action dynamique)



✓ *Cas simples: foules et cascades*

✓ *Mouvements libres*

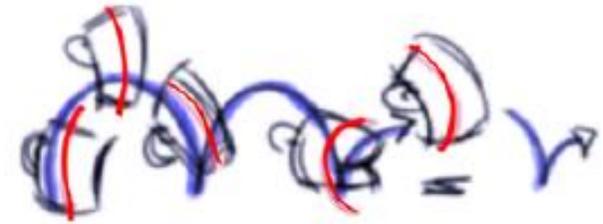
- *Croquis « Espace-temps »*

# *Inspiration*

## *Représentation des mouvements*

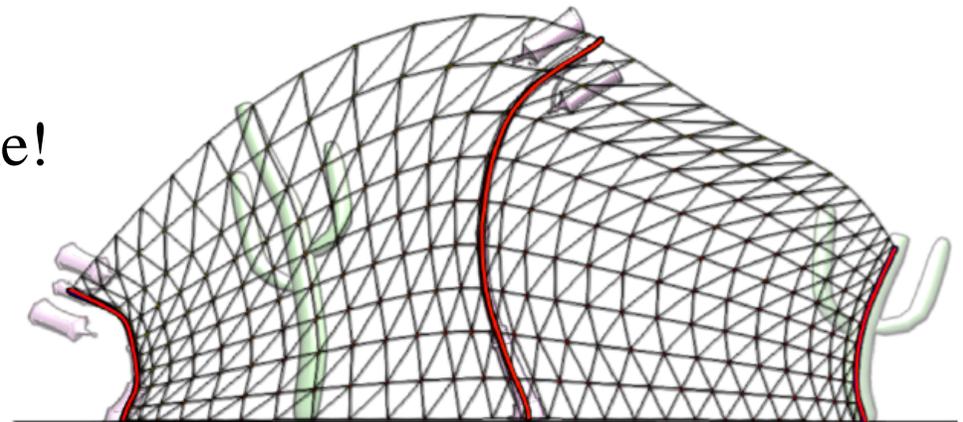
**Exemple :** Une tasse qui saute

- La ligne bleue est une trajectoire
- Elle indique la forme à des instants clé



Une DLOA est une *surface* 2D

- Interpoler en 2D et non en 3D
- le personnage devient interchangeable!
- Initialiser autrement qu'avec des coupes à temps constant ?



- ✓ *Cas simples: foules et cascades*
- ✓ *Mouvements libres*
  - *Croquis « Espace-temps »*

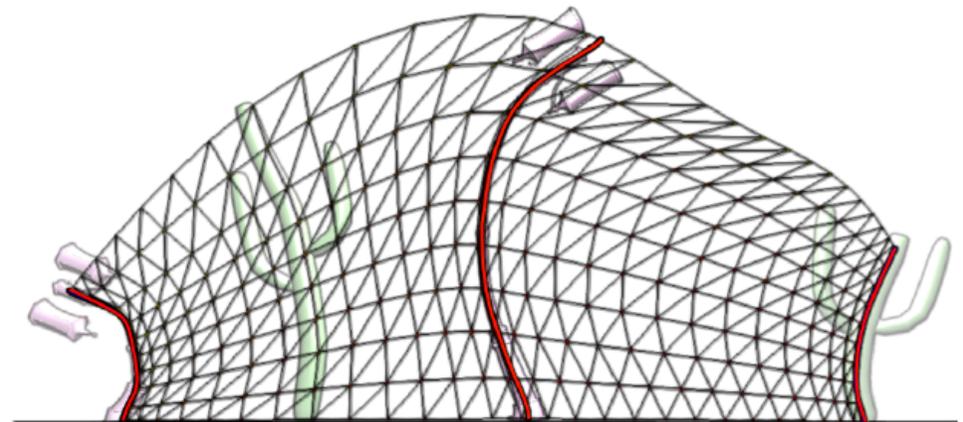
## *DLOA par interpolation 2D*

### **Paramétrisation appropriée**

- Pour préserver les longueurs locales
  - privilégier les rotations !

### **Interpolation lisse**

- Cardinal splines pour interpoler
  - Position de la racine
  - Angles
  - Longueurs des segments



- ✓ *Cas simples: foules et cascades*
- ✓ *Mouvements libres*
  - *Croquis « Espace-temps »*

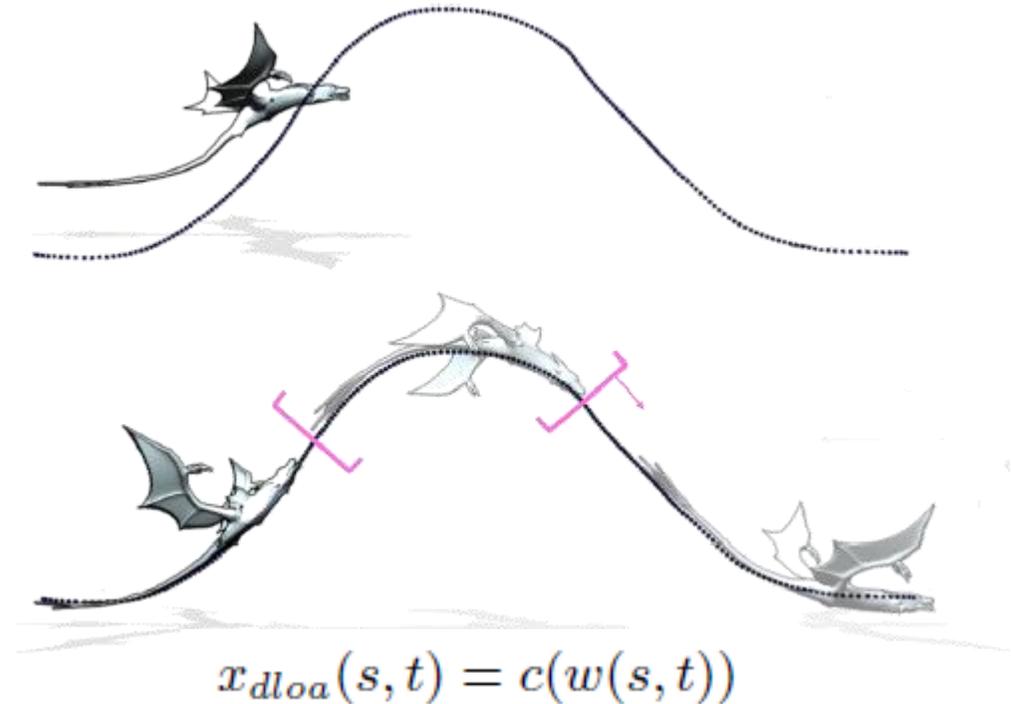
## *DLOA par suivi de trajectoire*

**Courbe = surface dégénérée**

- Positions de la LOA  
= segments de la courbe !

**Utilisation de la vitesse de tracé**

- Vitesse de parcours
- Allonger / contracter  
(« squash & stretch »)



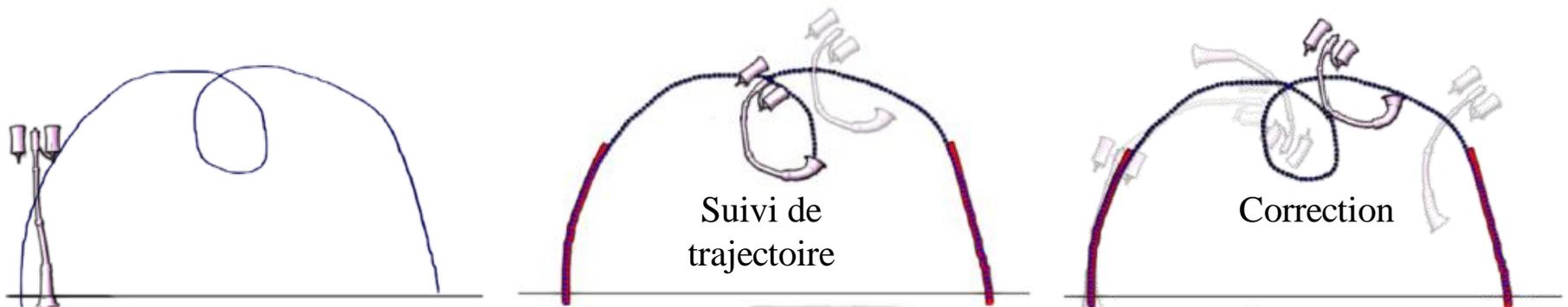
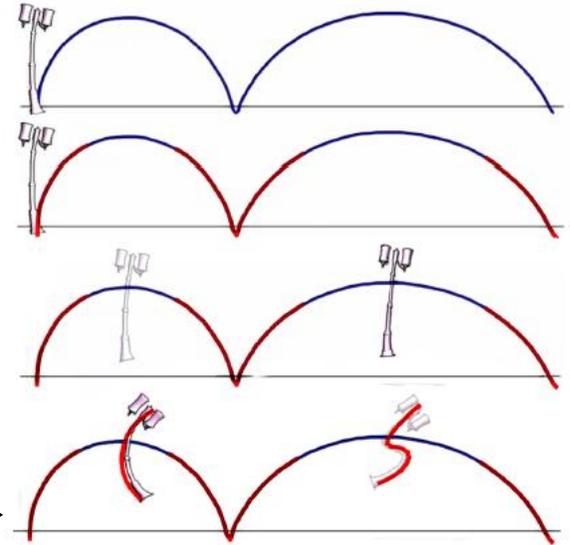
- ✓ *Cas simples: foules et cascades*
- ✓ *Mouvements libres*
  - *Croquis « Espace-temps »*

## *Rebonds et sauts périlleux*

### Deux autres initialisations de la DLOA

- Définition de quelques formes clés
- Temps de pause : vitesse de tracé
- Partie suivi de trajectoire (looping)

Les formes clés sont modifiables →



- ✓ *Cas simples: foules et cascades*
- ✓ *Mouvements libres*
  - *Croquis « Espace-temps »*

## *Résultats [Guay 2015]*

Hard to create styles of animation such as

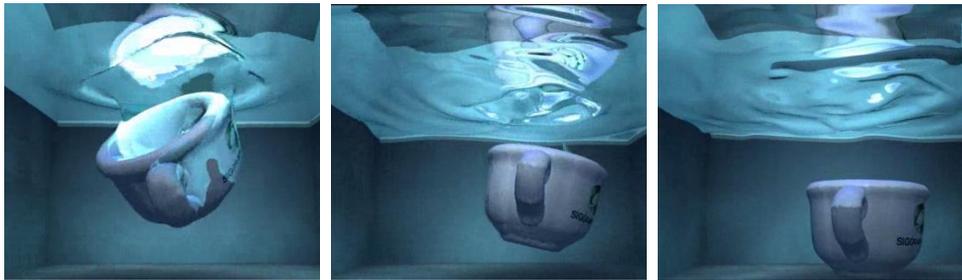


# Conclusion

## Création expressive de contenus animés

### Les défis

- Permettre la création par raffinement successifs (sculpter)
- Quels gestes utiliser pour d'autres types de mouvements ?
- *Quelles connaissances injecter dans les modèles ?*



@univ. Grenoble-Alpes, Inria 2006



@Barbulescu IMAGINE/Inria 2014

# *Façonner l'imaginaire : Conclusion*

## Grâce au média numérique

- Créer, voir et manipuler formes et mouvements
- Raffiner progressivement une ébauche
- S'abstraire des tâches difficiles ou répétitives

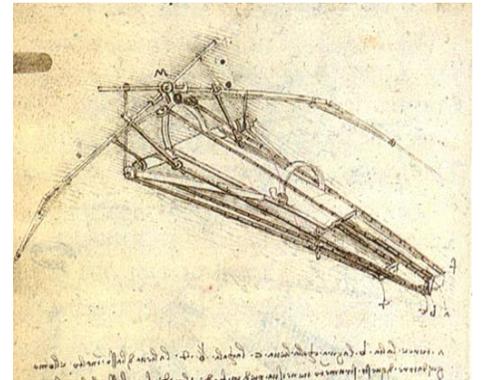
Nouvelles capacités cognitives

*Inutile de nous instrumenter !*

**Suite et fin : Colloque du 8 juin 2015**

*« Expressive modelling*

*New advances towards the seamless creation of 3D content”*



Léonard de Vinci



@Potioc/Inria

# *Un grand Merci*



- A mon équipe de recherche (Imagine / LJK-Inria)
- Aux collègues LJK, Inria, Ensimag, et Grenoble-INP
- A mes collaborateurs en France et à l'étranger
- A la communauté française d'Informatique Graphique

Et à tous les auditeurs de ce cours !

# *Bibliographie*



- Yersin, Maim, Pettré, Thalmann (2009). Crowd patches: Populating large-scale virtual environments for real-time applications. Symposium on Interactive 3D Graphics and Games, ACM, I3D.
- Jordao, Pettré, Christie, Cani (2014). Crowd sculpting: A space-time sculpting method for populating virtual environments. Comp. Graph. Forum, vol. 33 (Eurographics 2014).
- Jordao, Panayotis, Pettré, Christie, Cani (2015). Crowd-Art: density and flow-based crowds motion design. Submitted for publication.
- Emilien, Vimont, Poulin, Cani. (2015). Interactive Procedural Modeling of Coherent Waterfall Scenes. Computer Graphics Forum. To appear.
- Guay, Cani, Ronfard (2013). The line of action for expressive character. ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH Asia 2013)
- Guay, Ronfard, Gleicher, Cani (2015). Space-time sketching of character animation. ACM Transactions on Graphics, to appear (SIGGRAPH 2015)