

Moteur 3D Kyzis : Une géométrie fondée sur les dimensions locales

L'Architech (Gabriel Breton-Breault)

Introduction

Un environnement tridimensionnel peut être envisagé autrement que comme un espace uniforme dans lequel tous les objets sont soumis aux mêmes axes fixes. Une forme possède sa propre géométrie, ses propres surfaces et ses propres orientations. Le moteur 3D Kyzis part de ce principe : **la géométrie de chaque objet définit son référentiel dimensionnel.**

Les dimensions ne sont donc pas uniquement des axes globaux servant à positionner les objets. Elles peuvent être associées directement à leur forme. Une surface constitue ainsi un espace bidimensionnel qui peut être courbé, fermé ou déformé. Ses directions locales évoluent avec sa géométrie et avec le point considéré.

Une sphère en fournit un exemple simple. Sa surface peut être considérée comme deux dimensions repliées autour de son volume. Lorsqu'un objet se déplace sur cette surface, son mouvement peut être déterminé relativement aux directions locales présentes sous lui plutôt qu'uniquement relativement aux axes généraux de l'environnement.

Le même principe devient particulièrement intéressant avec des formes complexes. Un corps humain, par exemple, possède des bras, des jambes, un torse, une tête et des articulations dont les orientations diffèrent. Les os peuvent servir de structures de référence pour le mouvement des membres, tandis que la surface du corps possède sa propre continuité dimensionnelle.

Une mouche marchant sur un corps illustre naturellement cette approche. En passant de l'avant-bras au coude, puis au bras et à l'épaule, elle suit une surface dont l'orientation change continuellement. Son référentiel de déplacement peut s'adapter à la géométrie locale rencontrée. La notion de surface devient alors directement liée au mouvement et à la collision.

À cette géométrie peuvent également être associées des **textures de collision**, permettant de définir les propriétés physiques de différentes régions d'une même surface. La forme géométrique n'est pas limitée à une primitive comme un cube ou une sphère : elle peut représenter n'importe quelle structure, aussi irrégulière et complexe soit-elle.

Le moteur 3D Kyzis repose ainsi sur une idée fondamentale :

La géométrie définit les dimensions locales de l'objet, et les interactions apparaissent lorsque les référentiels dimensionnels de plusieurs géométries entrent en relation.

Cette approche ouvre la voie à un moteur dans lequel surfaces, mouvements, articulations et collisions sont décrits à partir de la géométrie propre des objets plutôt qu'à partir d'un référentiel dimensionnel unique imposé à l'ensemble de l'environnement.

Chapitre 1 : Le référentiel dimensionnel

Le moteur 3D Kyzis repose sur un principe fondamental : **chaque objet possède son propre référentiel dimensionnel, déterminé par sa géométrie, sa position et son orientation.**

Les axes généraux d'un environnement 3D peuvent être conservés afin de situer les objets les uns par rapport aux autres. Cependant, ils ne doivent pas nécessairement définir les dimensions propres de chaque objet. Une sphère, un bras, une roue ou une surface irrégulière possèdent une géométrie qui peut être décrite à partir de ses propres directions.

Le référentiel devient ainsi une propriété locale de la géométrie.

1.1 Le référentiel propre à chaque objet

Deux objets présents dans le même environnement peuvent posséder des orientations complètement différentes. Leurs dimensions locales ne sont donc pas nécessairement alignées.

Un objet possède ainsi son propre système permettant de déterminer :

- ses directions locales ;
- son orientation ;
- ses surfaces ;
- ses possibilités de rotation ;
- ses possibilités de déplacement ;
- ses relations avec les objets environnants.

Le référentiel général conserve son utilité pour connaître la position de l'objet dans l'environnement. Cependant, le comportement interne de l'objet peut être défini relativement à son propre référentiel.

Cette distinction mène à deux niveaux :

Référentiel général → position de l'objet dans l'environnement

Référentiel dimensionnel → organisation géométrique propre à l'objet

1.2 Les dimensions dépendent de la géométrie

Une forme géométrique ne possède pas nécessairement la même orientation en chacun de ses points.

Cette propriété apparaît immédiatement lorsqu'on considère une surface courbe.

La surface d'une sphère peut être considérée comme une surface bidimensionnelle refermée sur elle-même. Une position située au sommet de cette sphère et une autre située sur son côté appartiennent à la même surface, mais leurs orientations locales sont différentes.

Le référentiel dimensionnel peut donc dépendre du point considéré.

On obtient alors :

géométrie → position locale → directions locales

Les dimensions ne sont plus simplement imposées depuis l'extérieur. Elles suivent la forme géométrique de l'objet.

1.3 L'exemple du ballon qui roule sur le sol

Un ballon roulant sur le sol permet d'illustrer directement ce principe.

Le ballon possède sa propre géométrie sphérique. Le sol possède également sa propre surface et son propre référentiel.

Lorsque le ballon touche le sol, une région de sa surface entre en relation avec la surface du sol. Lorsque le ballon avance, il tourne. Le point de la sphère qui était en contact avec le sol se déplace alors et un nouveau point de la surface prend sa place.

La succession devient :

surface du ballon → contact → rotation → changement de position sur la surface → nouveau contact

Le moteur peut alors considérer le référentiel local de la surface du ballon au point de contact ainsi que celui du sol.

Le phénomène important n'est donc plus uniquement le déplacement du centre du ballon dans trois axes généraux. **La rotation entraîne continuellement de nouvelles régions de la géométrie du ballon dans la zone de contact.**

Le contact devient une relation entre deux surfaces possédant chacune leur propre structure dimensionnelle locale.

1.4 Le changement continu du référentiel

Sur une surface courbe, les directions locales peuvent changer progressivement.

Dans le cas du ballon, avancer le long de la surface signifie également suivre sa courbure. Chaque nouvelle position possède une orientation légèrement différente de la précédente.

Il devient alors possible de représenter une continuité :

$$P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_4 \rightarrow \dots$$

À chaque position P correspond un référentiel local associé à la géométrie de la surface à cet endroit.

La rotation du ballon n'est ainsi plus seulement considérée comme la rotation d'un objet relativement aux axes généraux. Elle peut également être interprétée comme **le déplacement successif des référentiels locaux de la surface dans la région de contact**.

1.5 Le référentiel d'une forme complexe

Le même principe peut être étendu à une géométrie beaucoup plus complexe qu'une sphère.

Un bras humain, par exemple, n'est pas une primitive géométrique uniforme. Son volume change, sa surface se courbe et son orientation dépend également de la position du membre et de ses articulations.

Il peut alors posséder plusieurs niveaux de référence.

L'os fournit une direction structurelle au membre. L'articulation définit ses possibilités de mouvement relativement au reste du corps. La surface possède parallèlement ses propres directions locales.

La géométrie complète peut donc être construite à partir de référentiels reliés les uns aux autres.

1.6 Le référentiel comme relation

Lorsqu'un objet entre en collision avec un autre, leurs référentiels ne doivent pas être considérés comme automatiquement alignés.

Le moteur doit établir une relation entre eux.

Pour le ballon et le sol :

référentiel du ballon $\leftrightarrow$ surface de contact $\leftrightarrow$ référentiel du sol

Pour un pied posé sur le sol :

référentiel du pied $\leftrightarrow$ surface de contact $\leftrightarrow$ référentiel du terrain

Pour une main saisissant un objet :

référentiel de la main $\leftrightarrow$ zones de contact $\leftrightarrow$ référentiel de l'objet

Chaque interaction devient ainsi une relation géométrique locale.

1.7 Principe du référentiel dimensionnel Kyzis

Le référentiel dimensionnel peut finalement être résumé par un principe :

Les dimensions d'un objet sont définies relativement à sa propre géométrie. Le référentiel général situe l'objet dans l'environnement, tandis que les référentiels locaux décrivent sa forme, ses surfaces, son orientation et ses interactions.

Le moteur 3D Kyzis ne supprime donc pas nécessairement les coordonnées générales. Il leur donne un rôle différent.

Les coordonnées générales indiquent **où se trouve l'objet**.

Le référentiel dimensionnel indique **comment l'objet existe géométriquement à cette position**.

Dans l'exemple du ballon roulant sur le sol, cette distinction devient essentielle : le ballon peut avancer dans l'environnement tout en possédant une surface dont le référentiel local change continuellement avec sa rotation.

C'est cette relation entre **forme, surface, position, orientation et référentiel** qui constitue la première base du moteur 3D Kyzis.

Chapitre 2 : Les dimensions potentielles

Le moteur 3D Kyzis introduit la notion de **dimension potentielle** afin de décrire la géométrie d'un objet à partir de ses propres possibilités directionnelles. Une dimension n'est plus seulement considérée comme un axe fixe X, Y ou Z commun à l'ensemble de l'environnement. Elle peut être définie localement à partir d'une position et d'une direction propres à la géométrie.

Cette approche permet de représenter des formes simples comme des formes extrêmement complexes sans leur imposer artificiellement le même alignement dimensionnel.

2.1 La dimension comme possibilité directionnelle

Une dimension potentielle représente une **direction accessible depuis une position donnée**.

Elle peut être décrite conceptuellement par l'association :

position + direction = dimension potentielle

Si la position change, la direction correspondante peut également changer.

La dimension devient donc dépendante du point considéré.

Sur une ligne droite, les directions successives peuvent rester alignées. Sur une surface courbe, elles peuvent au contraire évoluer progressivement avec la géométrie.

La dimension n'a ainsi aucune obligation d'être rectiligne.

2.2 Dimensions potentielles et dimensions effectives

Toutes les directions possibles d'une géométrie ne sont pas nécessairement utilisées lors d'une interaction.

Une **dimension potentielle** représente une possibilité de déplacement ou d'orientation offerte par la géométrie.

Une **dimension effective** correspond à une possibilité effectivement utilisée pendant un mouvement, une rotation, un contact ou une collision.

Cette distinction permet au moteur de conserver la structure géométrique complète d'un objet tout en déterminant seulement les directions pertinentes pour l'action en cours.

2.3 La surface comme ensemble de dimensions

Une surface peut être considérée comme un espace bidimensionnel dont les directions suivent sa propre forme.

Dans le cas d'un plan, cette organisation est relativement simple puisque les directions peuvent demeurer alignées sur l'ensemble de la surface.

Une surface courbe présente une situation différente.

Sur une sphère, les directions disponibles à une position peuvent avoir une orientation différente de celles disponibles ailleurs. Pourtant, elles appartiennent toujours à la même surface continue.

La surface devient ainsi un **ensemble organisé de dimensions potentielles locales**.

2.4 L'exemple du ballon

Considérons encore un ballon roulant sur le sol.

Le ballon possède une surface sphérique. Chaque région de cette surface possède ses propres possibilités directionnelles.

Lorsqu'une partie du ballon touche le sol, certaines dimensions potentielles de cette région deviennent particulièrement importantes pour l'interaction : celles qui décrivent la surface autour du contact et sa relation avec le sol.

Lorsque le ballon roule, le point de contact change.

La région qui touchait précédemment le sol s'éloigne, tandis qu'une nouvelle région entre en contact avec celui-ci.

On obtient une succession :

position A → position B → position C → position D

Mais chacune de ces positions appartient à une surface courbe. Les directions locales correspondantes évoluent donc avec la géométrie du ballon.

Le mouvement peut ainsi être interprété comme une progression à travers les dimensions potentielles de sa surface.

2.5 Une forme n'est pas limitée à trois lignes droites

Cette conception devient particulièrement importante pour les formes complexes.

Un bras humain, par exemple, ne ressemble ni à un cube ni à une sphère parfaite. Sa surface change continuellement de forme, d'orientation et de courbure.

L'utilisation exclusive de trois directions fixes pour définir cette géométrie ne correspond pas au principe du moteur 3D Kyzis.

Le bras possède plutôt une structure dimensionnelle liée à sa propre forme.

L'os peut fournir une direction structurelle dominante. L'articulation peut définir des possibilités de rotation et de mouvement. La surface possède simultanément un ensemble de dimensions potentielles locales correspondant à sa géométrie.

Ces différents niveaux peuvent coexister dans le même objet.

2.6 L'exemple de la mouche

Une mouche se déplaçant sur le corps d'une personne permet de comprendre la fonction de ces dimensions potentielles.

La mouche peut marcher sur l'avant-bras, atteindre le coude, poursuivre sur le bras puis passer sur l'épaule.

La surface n'est jamais parfaitement droite.

À chaque nouvelle position, la mouche rencontre une orientation locale légèrement différente. Pourtant, elle continue simplement à avancer relativement à la surface.

Dans le moteur 3D Kyzis, ce déplacement pourrait être interprété comme le passage successif entre les possibilités directionnelles offertes par la surface :

position → directions potentielles → déplacement → nouvelle position → nouvelles directions potentielles

La mouche ne doit donc pas considérer directement la totalité du corps comme un objet aligné sur trois axes fixes. Elle interagit avec la géométrie présente immédiatement sous elle.

2.7 Les dimensions potentielles dans les collisions

La même logique peut être appliquée aux collisions.

Lorsque deux objets se rencontrent, leurs dimensions potentielles locales ne sont pas nécessairement alignées.

Le moteur doit alors déterminer la relation géométrique existant entre les deux surfaces au niveau du contact.

Pour le ballon et le sol :

dimensions potentielles du ballon ↔ contact ↔ dimensions potentielles du sol

Pour une main tenant un objet :

dimensions potentielles de la main ↔ contact ↔ dimensions potentielles de l'objet

La collision n'est alors plus seulement définie relativement à l'environnement général. Elle devient une interaction entre les structures dimensionnelles des objets concernés.

2.8 Une géométrie capable de prendre n'importe quelle forme

L'un des objectifs de cette approche est précisément de ne pas limiter le moteur à une collection de formes idéales.

Une géométrie peut être ronde, angulaire, courbe, irrégulière, articulée ou composée de plusieurs types de surfaces.

Les dimensions potentielles permettent de conserver cette diversité puisque les directions sont associées à la forme réelle de l'objet et aux différents points qui la constituent.

Un rocher n'a donc pas besoin d'être conceptuellement réduit à un cube.

Un bras n'a pas besoin d'être réduit à un cylindre.

Un terrain n'a pas besoin d'être réduit à un plan.

Chaque forme peut produire **sa propre organisation dimensionnelle**.

2.9 Principe des dimensions potentielles Kyzis

Le moteur 3D Kyzis peut finalement établir le principe suivant :

Une dimension potentielle est une possibilité directionnelle associée à une position dans une géométrie. Lorsque la position change, les possibilités directionnelles peuvent changer avec elle.

Cette définition permet de considérer une surface comme une structure dimensionnelle continue plutôt que comme une simple enveloppe placée dans un référentiel extérieur.

Le référentiel abordé au chapitre précédent indique ainsi **comment la géométrie est organisée**, tandis que les dimensions potentielles indiquent **quelles directions cette géométrie rend accessibles depuis ses différentes positions**.

Le moteur peut alors commencer à représenter les objets non plus uniquement comme des ensembles de coordonnées, mais comme des **structures géométriques porteuses de possibilités directionnelles**.