

Game Rendering 101

D'un modèle 3D vers une image 2D

Présentation

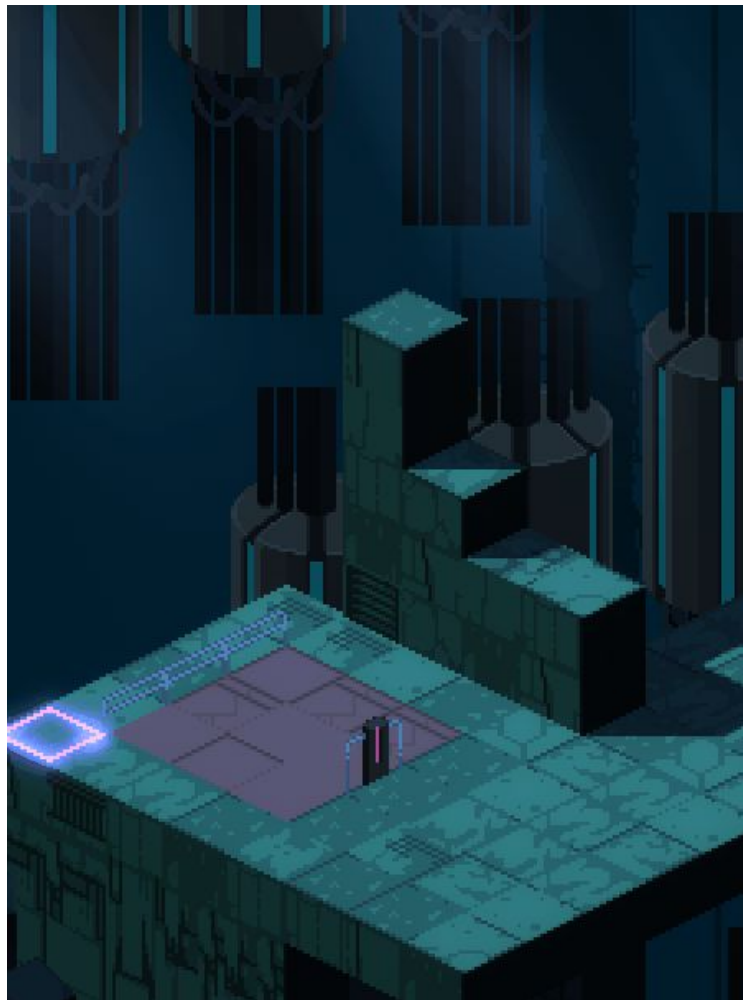
Qui je suis?

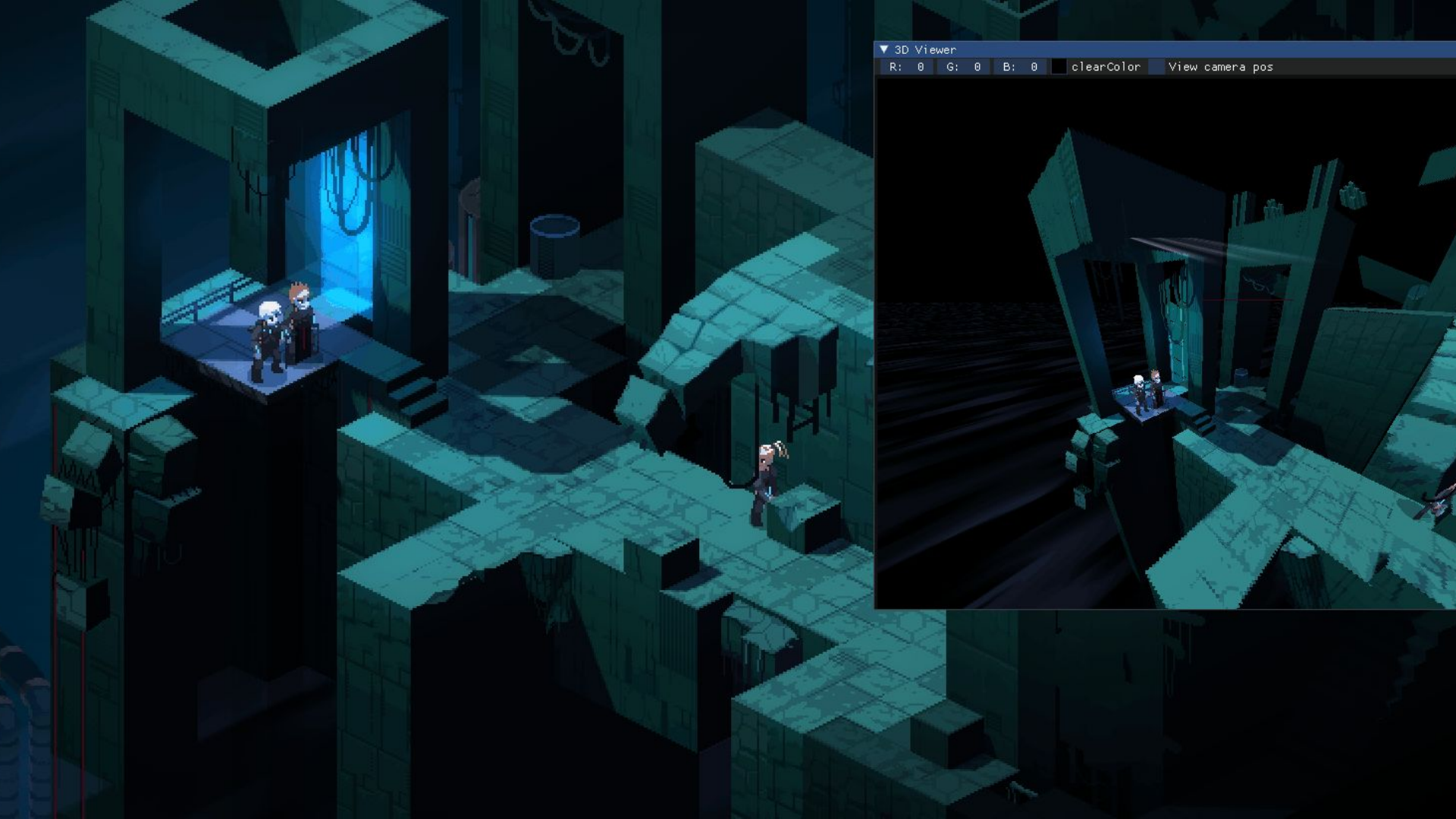
- “Dev à tout faire” chez Headbang Club depuis 6 ans
- Spécialisé en portage, ship 17 releases sur 6 jeux (Nintendo Switch, PS4, PS5, Xbox One, Xbox Series, Windows Store) + le portage d’un moteur de jeu entier sur Xbox One.
- Unity, Unreal, MonoGame et surtout moteur maison
- Affinité avec la programmation graphique



DEATH TOWER







3D Viewer

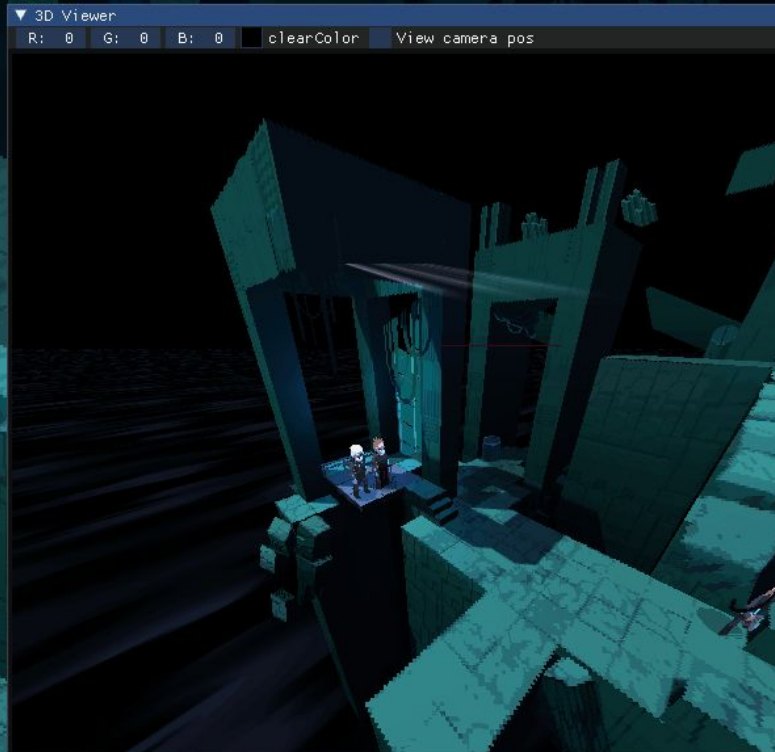
R: 0

G: 0

B: 0

clearColor

View camera pos



▼ World infos

Enable Debug

▼ Game

- ▶ Modes
- ▶ Turns
- ▶ Data
- ▼ Explore
- ▶ Inputs
- ▶ Entities
- ▶ Post Processing Presets
- ▼ Light

R: 77 G: 77 B:102 Ambient color

Directional Light:

-89.0° Azimuth

0.800 Altitude

R:223 G:223 B:191 Color

0.800 Intensity

Point Lights:

#0:

Intensity: 2487.900

R:255 G: 0 B: 0 Color

1.700 2.200 -4.300 Position

Distance: 25.000

#1:

Intensity: 0.000

#2:

Intensity: 0.000

#3:

Intensity: 0.000

▼ TRpg

Debug

allowAIStart

Archived Steps





Planning

Structure du cours

Planning du cours

Lundi

- Matin: Introduction et présentation du pipeline graphique
- Après-midi: mise en place du projet et premier dessin 3D

Mardi

- Matin: Matrices et modèle 3D
- Après-midi: Textures, Shaders

Mercredi

- Matin: Lancement du TP Minicraft, architecture du projet
- Après-midi: Chunk batching

Planning du cours

Jeudi

- Matin: Génération procédural et ImGui
- Après-midi: Lumière et transparence

Vendredi

- Matin: Suivi TP et physique
- Après-midi: Suivi TP et culling

Mercredi/Jeudi

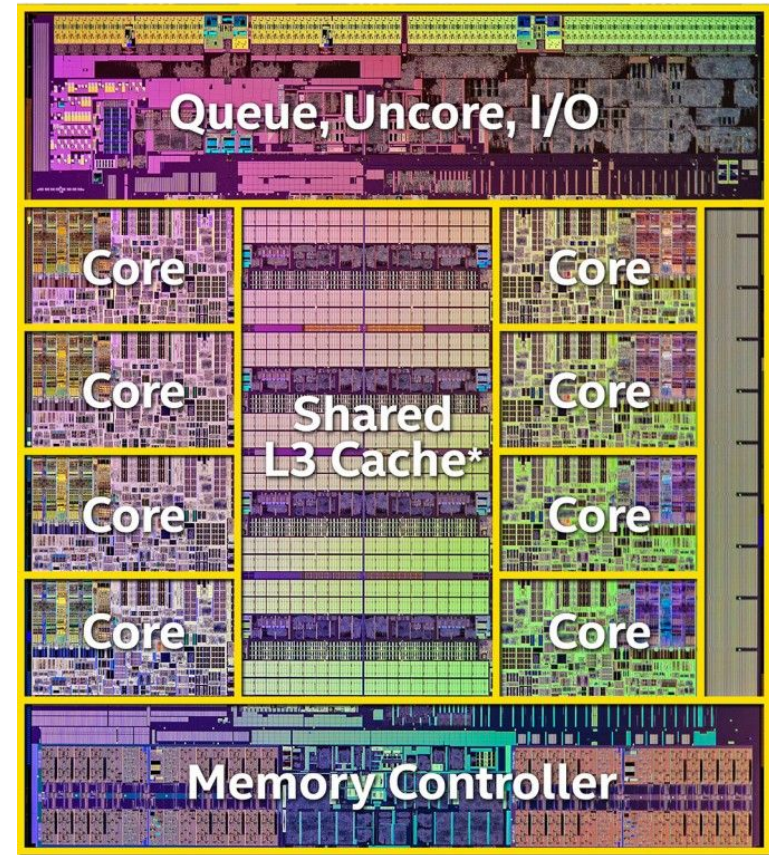
- Matin: Suivi TP
- Après-midi: Suivi TP

Introduction

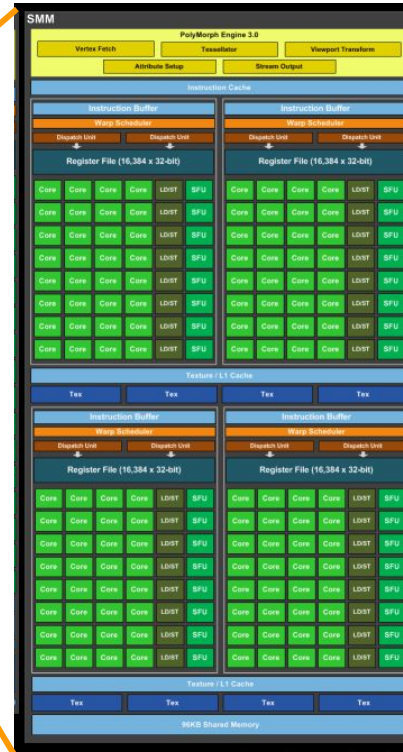
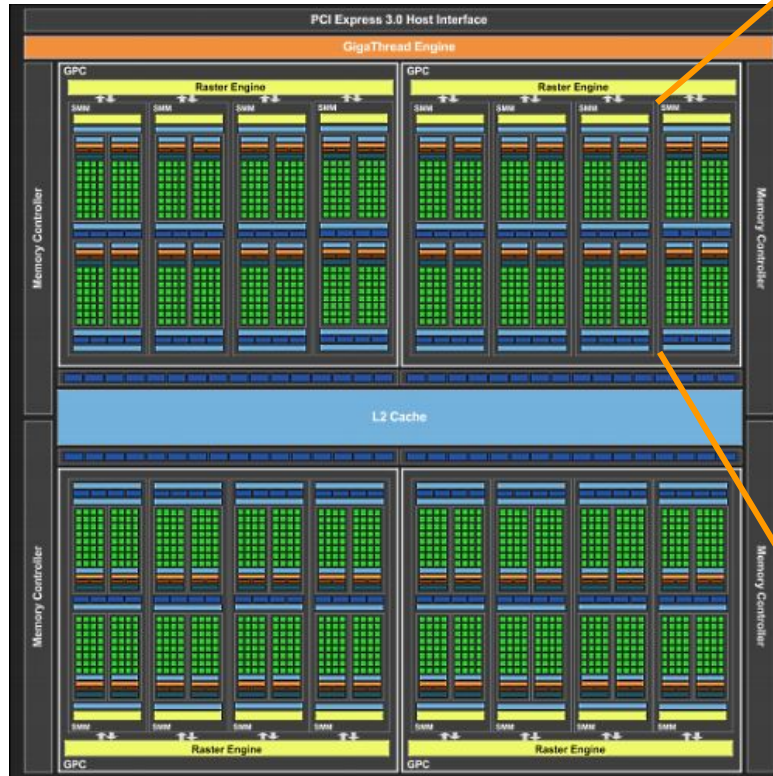
GPU qué saco?

Architecture CPU

- Peu de cores (ici 8, 16 logiques avec HT)
- Horloge rapide (ici 3.00 GHz/3.50 GHz)
- Hautement programmable



Architecture GPU



- Énormément de cores (ici 2048)
- Horloge plus lente (ici 1.1 GHz)
- Partiellement programmable

API graphique

Rends possible la communication
CPU > GPU.

Modèle Client/Serveur, le CPU prépare
des commandes qui seront exécutés dans
le futur par le GPU.

Synchronisation entre les deux limité
et/ou coûteuse.



WebGPU



Microsoft®
DirectX[®]11



OpenGL ES, NVN, AGC, GNM, ...

DirectX 11



Ce cours utilisera **DirectX 11**

Plusieurs raisons:

Meilleurs outils, meilleure compatibilité, API plus simple à utiliser (orienté objet, gestion mémoire simplifiée, etc).

Cours transposable sur OpenGL assez facilement cependant.

Vulkan/DirectX 12 sont en dehors du scope de ce cours car il demande une compréhension plus bas niveau des GPUs et utilise une gestion de la mémoire explicite.

ComPtr

Équivalent Microsoft de `std::shared_ptr`, usage optionnel mais permet de faciliter le management mémoire.

Au lieu d'utiliser un `ID3D11Buffer*` par exemple on peut utiliser un `ComPtr<ID3D11Buffer>` qui va compter les références à la ressource pour nous et va la libérer si elle n'est plus utilisé.

Méthodes les plus utiles:

- `Get()` => permet d'obtenir le pointeur de la ressource
- `GetAdressOf()` => permet d'obtenir l'adresse du pointeur de la ressource
- `ReleaseAndGetAdressOf()` => libère la ressource puis donne l'adresse (utile pour réallouer)
- `Reset()` => libère la ressource



Données

Définition et allocation des ressources nécessaire au GPU

Input Assembler

Assemblage des données fournis par l'utilisateur en primitives
(liste de triangle, ruban, ligne, points etc)

Vertex Shader

Transformation des vertices grâce à un programme défini par
l'utilisateur (un *shader*)

Données

Qu'est ce qu'on fournit en entrée?

Anatomie d'un modèle 3D

Le terme modèle 3D est assez vaste et peut désigner différentes parties qui forme un “objet 3D”:

- Le maillage
- Son armature et les animations associés
- Les “matériaux” qui lui sont appliqués (textures, interaction avec la lumière, transparence etc)

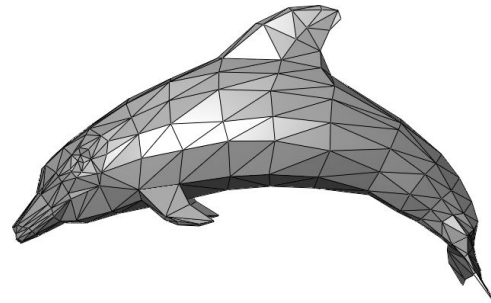
Intéressons nous au maillage

Le maillage (ou *Mesh* en anglais) constituent la partie “tangible” d’un modèle 3D.

Il est composé de sommets (*vertex/vertices*) et de face (généralement des triangles).

Un vertex peut contenir tout un tas d’information nécessaire au rendu:

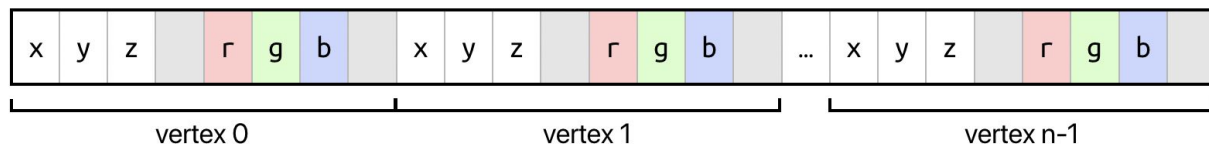
- Une position
- Une ou plusieurs coordonnées de textures
- Une couleur
- Une normal/tangente/binormal
- Des poids et des indices pour les os de l’armature
- À-peu-près tout ce que vous voulez vraiment



Toutes ces données sont facultatives. C’est à l’utilisateur de définir ce dont il a besoin pour un objet donné.

Stockage de notre mesh

On va mettre toutes nos données à la suite dans un bloc mémoire continu appelé un buffer.



Vous noterez que les données de chaque vertices sont placé à la suite en mémoire sans séparation entre chaque type d'élément ni entre chaque vertices.

(mis à part le padding éventuel afin que tout soit aligné sur 16 bytes)

Stockage de notre mesh avec DX11

On va utiliser `CD3D11_BUFFER_DESC` pour décrire notre stockage.

```
CD3D11_BUFFER_DESC desc(  
    (uint) tailleEnOctet,  
    (uint) bindFlags) // e.g. D3D11_BIND_VERTEX_BUFFER
```

La classe qui va nous représenter notre stockage est `ID3D11Buffer*`.

Comme toutes les créations de ressources c'est `ID3D11Device` qu'il va falloir utiliser.

Pour créer notre buffer on appelle la fonction :

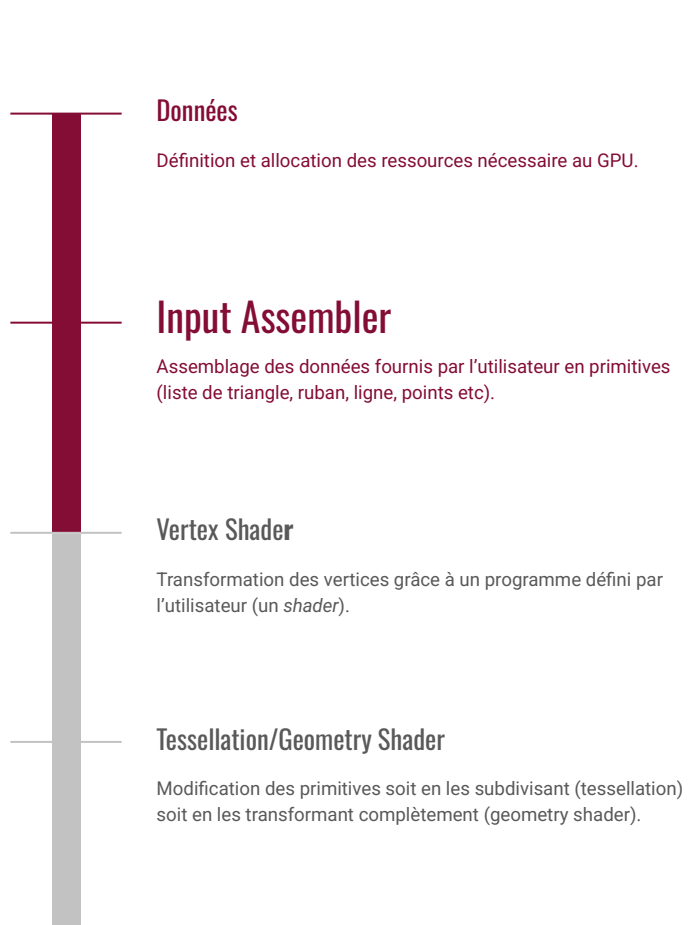
```
ID3D11Device::CreateBuffer(  
    (D3D11_BUFFER_DESC*) desc,  
    (D3D11_SUBRESOURCE_DATA*) dataInitial, // optionnel, peut-être nullptr  
    (ID3D11Buffer**) adresseFuturBuffer); // cf. ReleaseAndGetAddressOf
```

Remplir un buffer en DirectX11

Nous avons trois façon principal de remplir un buffer:

- A l'initialisation en fournissant un `D3D11_SUBRESOURCE_DATA*` à `CreateBuffer`

```
D3D11_SUBRESOURCE_DATA subResData = {};  
subResData.pSysMem = &data; // pointeur vers la data  
device->CreateBuffer(&desc, &subResData,  
vertexBuffer.ReleaseAndGetAddressOf());
```
- Pour les buffers **dynamique**: en utilisant `Map()` pour rendre accessible pendant un temps au CPU la mémoire GPU (attention, cela empêche le GPU d'y accéder jusqu'à l'appel à `Unmap()`). Peut être configuré pour l'écriture, la lecture ou les deux.
- Pour les buffers **statique**: En utilisant la fonction `UpdateSubresource` qui va permettre de permettre de déclencher une copie d'un bloc mémoire accessible au CPU vers un endroit de la mémoire GPU.



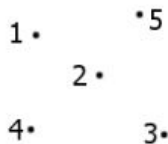
Rôle de l'Input Assembler

On a maintenant un tas de vertex, mais ils ne sont pas encore connectés entre eux.
C'est le rôle de l'Input Assembler.

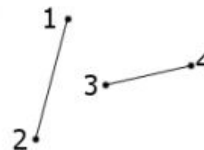
Cette partie du pipeline est configurable.
On va pouvoir y définir la topologie, les buffers à envoyer et le layout de ces buffers.

Ci-contre une liste non-exhaustive des types de topologie les plus communs.
(*TRIANGLELIST* étant de loin celle qu'on utilisera le plus)

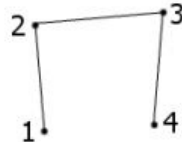
POINTLIST



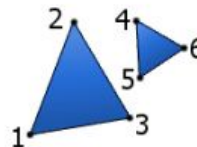
LINELIST



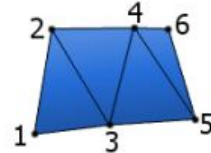
LINESTRIP



TRIANGLELIST



TRIANGLESTRIP



Input Layout - Définition

J'ai dit qu'on avait un tas de vertex, c'est pas exactement vrai. On a un tas **de nombre** mais le GPU n'a aucun moyen de savoir lesquels sont des positions, lesquels sont des coordonnées de textures etc. Pour cela on va définir un Input Layout.

Pour créer un Input Layout il va nous falloir un tableau de description de chaque élément:

```
D3D11_INPUT_ELEMENT_DESC InputLayoutDescription[] = {
    {(char*) semanticName, (UINT) semanticIndex, // eg "POSITION", 0
    (DXGI_FORMAT) format, (UINT) inputSlot,
    (UINT) alignement, // optionnel, sinon D3D11_APPEND_ALIGNED_ELEMENT
    (UINT) inputSlotClass, // typiquement D3D11_INPUT_PER_VERTEX_DATA
    (UINT) incrementParInstance}, // inutile avec PER_VERTEX_DATA

    // insérer les autres types de données envoyé
}
```

Input Layout - Création

La classe qui va nous représenter notre layout est `ID3D11InputLayout*`.

Maintenant qu'on a notre tableau de descriptions on va le passer à la fonction `CreateInputLayout` de `ID3D11Device`.

```
ID3D11Device::CreateInputLayout(  
    (D3D11_INPUT_ELEMENT_DESC*) tableauDesDescriptions,  
    (UINT) nombreElements,  
    (void*) vertexShaderBytecode, (size_t) bytecodeLength,  
    (ID3D11InputLayout**) adresseFuturlayout); // cf. ReleaseAndGetAdressOf
```

Comme vous le voyez un vertex shader est nécessaire, cependant un même layout sera utilisable par plusieurs shaders s'ils partagent le même layout.

Utilisation de l'Input Assembler

Plusieurs fonctions contenu dans `ID3D11DeviceContext`:

- `IASetPrimitiveTopology((D3D11_PRIMITIVE_TOPOLOGY) topology)`
- `IASetInputLayout((ID3D11InputLayout*) layout)`
- `IASetVertexBuffers((UINT) slot, (UINT) nombre, (ID3D11Buffer**) buffers, (UINT*) strides, (UINT*) offsets)`

Exemple:

```
ID3D11Buffer* vbs[] = { vertexBuffer.Get() };  
UINT strides[] = { sizeof(float) * 3 };  
UINT offsets[] = { 0 };  
context->IASetVertexBuffers(0, 1, vbs, strides, offsets);
```

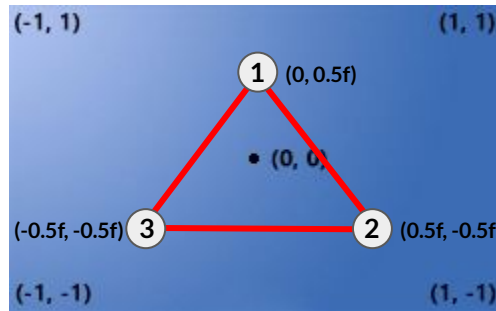
TP 1

Afficher un triangle

Afficher un triangle

A partir de l'application de base fournit:

- Allouer un tableau de float contenant vos coordonnées de triangle (cf image en bas)
- Décrivez un buffer de la bonne taille avec `CD3D11_BUFFER_DESC`
- Utilisez `device->CreateBuffer` pour créer le buffer et initialisez son contenu en passant un `D3D11_SUBRESOURCE_DATA` à la fonction
- Dans la fonction `Game::Render` donnez à l'Input Assembler votre vertex buffer avec `IASetVertexBuffers` puis appelez `context->Draw(3, 0)` pour afficher votre triangle



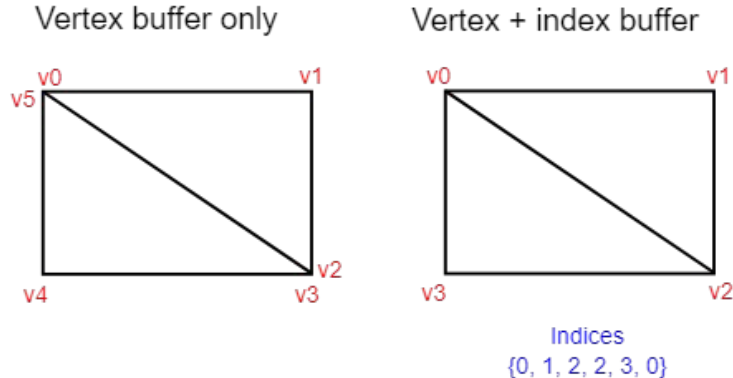
Index Buffer

La topologie est intégralement défini par l'ordre des vertices, cependant il y a de forte chance que vous allez vouloir utiliser un même vertex pour 2 triangles différents.

Les Index Buffers vont nous permettre de définir l'ordre des vertices et de les réutiliser:

```
- IASetIndexBuffer (
    (ID3D11Buffer*) buffer,
    (DXGI_FORMAT) format,
    (uint) offset)
// format: DXGI_FORMAT_R32_UINT
```

Il s'agit juste d'un buffer qui ne contient que des indices qui représente dans l'ordre quelles vertices utiliser.



TP 2

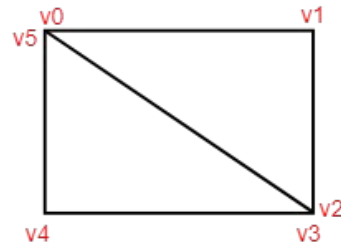
Ajouter un index buffer

Afficher un rectangle

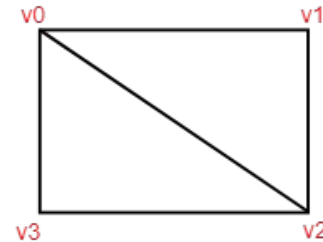
A partir du TP précédent:

- Modifier votre buffer précédent pour avoir les coordonnées d'un rectangle
 - Allouer un buffer contenant des entiers pour vos index
 - Dans la fonction `Game::Render` donnez à l'Input Assembler votre index buffer avec `IASetIndexBuffers` puis appelez `context->DrawIndexed(6, 0, 0)` pour afficher votre triangle
- `DXGI_FORMAT_R32_UINT`

Vertex buffer only



Vertex + index buffer



Indices
{0, 1, 2, 2, 3, 0}