M2-Images

OpenGL 2 - API 3D

J.C. Iehl

November 25, 2009

résumé des épisodes précédents . . .

openGL

- affichage 2D de primitives géométriques simples,
- opérations.

détails . . .

Présentation de l'api

openGL est un automate, l'api n'est pas "classique".

sélecteurs :

- fixer un "mode",
- modifier les valeurs associées (le contexte).

exemple :

```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();

glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
```

Présentation de l'api

les fonctions de l'api sont nommées en fonction du type de leur paramètres.

exemple :

```
glTranslatef( GLfloat x, GLfloat y, GLfloat z );
glTranslated( GLdouble x, GLdouble y, GLdouble z );
```

Transformations

manipulation de 2 matrices :

- `GL_MODELVIEW` : place et oriente les objets,
  (composition du passage objet $\longrightarrow$ scène $\longrightarrow$ caméra)
- `GL_PROJECTION` : définit la projection de la caméra.

transformations :

- `glTranslatef( x, y, z );`
- `glRotatef( angle, x, y, z );`
- `glScalef( x, y, z );`

Composition de transformations

- chaque type de matrice est associée à une pile,
- chaque transformation compose sa matrice avec le sommet de pile (et remplace le sommet de pile) de la matrice "activée".

exemple :

```
glRotatef(angle_x, 1.0, 0.0, 0.0);
glRotatef(angle_y, 0.0, 1.0, 0.0);
glRotatef(angle_z, 0.0, 0.0, 1.0);
glTranslatef(x, y, z);
```

quelle matrice est modifiée ?
quel est l'ordre des transformations ? XYZT ou TZYX ?

Exemple :

```
// selectionne la matrice de la scene
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
// reinitialise les transformations
glLoadIdentity();

// oriente la scene par rapport a la camera qui
    est restee en 0,0,0
glRotatef(rotation_x, 1.f, 0.f, 0.f);
glRotatef(rotation_y, 0.f, 1.f, 0.f);
glTranslatef(camera_x, camera_y, camera_z);

// desssine la scene
display( ... );
```

Pile de transformations

manipulations de la pile :

- `glPushMatrix();`
- `glPopMatrix();`

modélisation hiérarchique . . .

"Charger" directement une matrice

charger une matrice :

- `glLoadTransposeMatrixf( GLfloat * m );`
- `glMultTransposeMatrixf( GLfloat * m );`

remarque :

par défaut, openGL manipule la transposée des matrices,
et `glLoadMatrixf(T)` attends la transposée de la matrice "directe".

donc : `glLoadTransposeMatrixf()` fait bien ce que l'on veut ...

Affichage

plusieurs solutions :

- mode immédiat : simple mais lent,
- mode "tableau" : plus efficace,
- mode "tableau" indexé : encore plus efficace,
- mode "tableau" indexé sur gpu : le plus performant.

Mode immédiat

- `glBegin(primitive);`
- `glVertex( x, y, z );`
- `...`
- `glEnd();`

attributs :

- `glColor( r, g, b );`
- `glNormal( x, y, z );`
- `glTexCoord( s, t );`

Mode immédiat

attention :

- décrire tous les attributs du vertex avant le `glVertex();`
- sinon : le dernier attribut spécifié est utilisé.

pratique dans certains cas :

donner la même normale à tous les sommets d'un triangle, par exemple.

Mode "tableau"

- stocker les positions des sommets dans un tableau,
- activer l'utilisation d'un tableau de sommets, `glEnableClientState( )`,
- associer le tableau de sommets au contexte openGL, `glVertexPointer( )`,
- afficher les primitives, `glDrawArrays( )`.

```
VEC3 sommets[n]= { ... };

glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);
glVertexPointer( 3, GL_FLOAT, sizeof(VEC3),
    sommets);
glDrawArrays( primitive, 0, n );
```

Mode "tableau" indexé

- stocker les positions et les index dans 2 tableaux,
- activer et associer les tableaux,
- afficher les primitives, `glDrawElements( )`.

```
VEC3 sommets[n]= { ... };
int indices[m]= { ... };

glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);
glVertexPointer( 3, GL_FLOAT, sizeof(VEC3),
    sommets);
glDrawElements( primitive, m, GL_UNSIGNED_INT,
    indices );
```

Vertex Buffer Object

même principe, mais les données sont chargées sur le gpu.

- créer les buffers (positions + indices),
- allouer les buffers,
- transférer les données,
- activer et associer les buffers,
- afficher avec `glDrawElements( ... NULL)`.

Vertex Buffer

```
VEC3 sommets[n]= { ... };

GLuint vertex_buffer;
glGenBuffers(1, &vertex_buffer);

glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vertex_buffer);
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(VEC3)*n,
    sommets, GL_STATIC_DRAW);
```

Index Buffer

```
int indices[m]= { ... };

GLuint index_buffer;
glGenBuffers(1, &index_buffer);

glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER,
    index_buffer);
glBufferData(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, sizeof(int
    )*m, indices, GL_STATIC_DRAW);
```

Affichage avec vertex buffer et index buffer

```
glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vertex_buffer);
glVertexPointer(3, GL_FLOAT, 0, NULL);

glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER,
    index_buffer);
glDrawElements( primitive, m, GL_UNSIGNED_INT,
    NULL );
```

Visibilité

rappel : pipeline graphique

- lancer de rayons,
- REYES (Renderman),
- rasterisation (OpenGL / DirectX).

Pipeline graphique : rasterisation

visibilité :

- pour chaque objet :
- pour chaque primitive de la surface de l'objet :
- déterminer les pixels sur lesquels se projette la primitive,
- + étapes suivantes du pipeline.

ne conserver que la couleur de la primitive la plus proche de l'observateur ?

Pipeline graphique : rasterisation

Z-buffer :
image de profondeur pour conserver le point de l'objet le plus proche de l'observateur.

les objets sont dessinés un par un, dans un ordre quelconque, mais l'image et le Z-buffer conservent la couleur et la profondeur du point (de l'objet) le plus proche (vu à travers le pixel).

Z-Buffer

utiliser un Z-Buffer :

- le z-buffer est crée en même temps que la fenêtre d'affichage,
- cf. paramètres de création du contexte.

avec SDL :

```
SDL_Init(SDL_INIT_VIDEO);
info= SDL_GetVideoInfo();
SDL_GL_SetAttribute(SDL_GL_DEPTH_SIZE, 16);
SDL_GL_SetAttribute(SDL_GL_DOUBLEBUFFER, 1);

screen= SDL_SetVideoMode(width, height, info->
   vfmt->BitsPerPixel, ... SDL_OPENGL);
```

Z-Buffer

activer / désactiver le test de visibilité :

- `glEnable(GL_DEPTH_TEST);`
- `glDisable(GL_DEPTH_TEST);`

modifier le test

`glDepthFunc( );`

Rasterisation

quelles transformations subit un sommet ? une primitive ?

comment déterminer si un sommet $v(x, y, z, 1)$ est visible ?

rappel :

$p_h = Tv_h = P(V(Mv))$

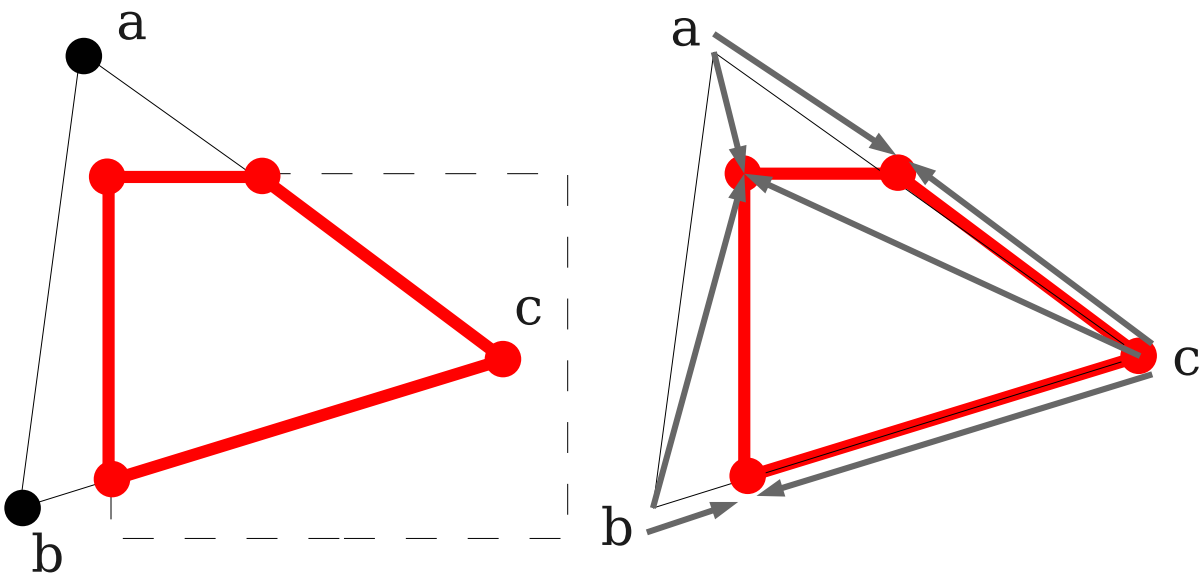
p_h est visible si :

$$\begin{aligned} -w_h < \quad x_h \quad < w_h \\ -w_h < \quad y_h \quad < w_h \\ -w_h < \quad z_h \quad < w_h \end{aligned}$$

Rasterisation

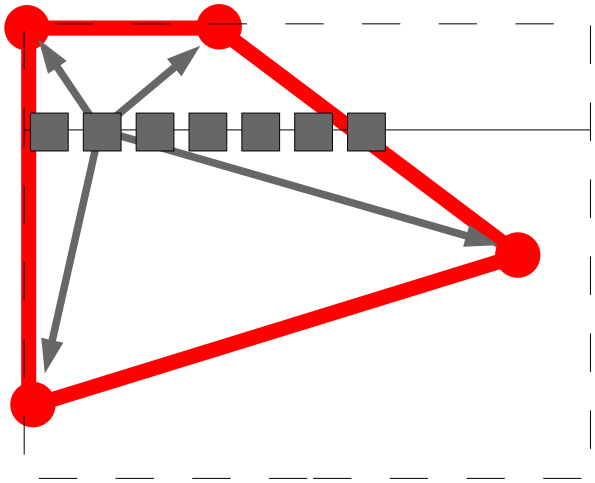
et si un sommet d'une primitive n'est pas visible ?

openGL crée un nouveau sommet visible et interpole tous les attributs.



Rasterisation

remplissage de l'intérieur de la primitive par interpolation des attibuts des sommets, couleur, normale, etc.



Rasterisation - Algorithme

comment dessiner un triangle ?

Incremental and Hierarchical Hilbert Order Edge Equation Polygon Rasterization

intuition :

- construire un tetrahèdre avec le triangle comme base et la caméra comme origine,
- un pixel appartient au triangle si le rayon associé est à l'intérieur des 4 plans portants les faces du tetrahèdre,
- calcul incrémental simple pour évaluer rapidement les 4 équations de plans pour des pixels voisins ?

comment ne pas dessiner un triangle ?

Rasterisation - Algorithme

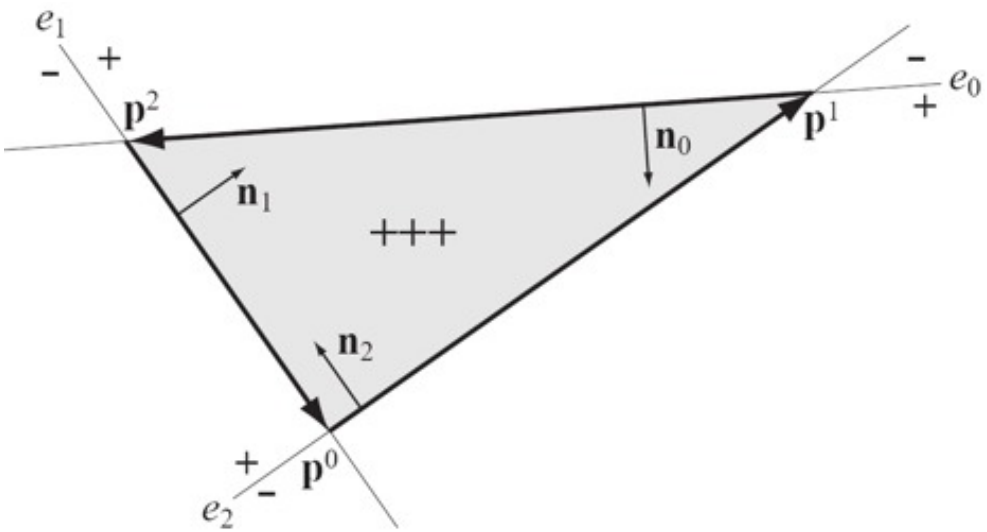
après simplification, 3 équations par triangle :

- $E_i(x, y) = a_i x + b_i y + c_i$
- le pixel (x, y) est à l'intérieur du triangle :
- si $E_i(x, y) > 0$ pour $i = 0, 1, 2$.

les équations correspondent aux arêtes du triangle projetté.

Rasterisation - Algorithme

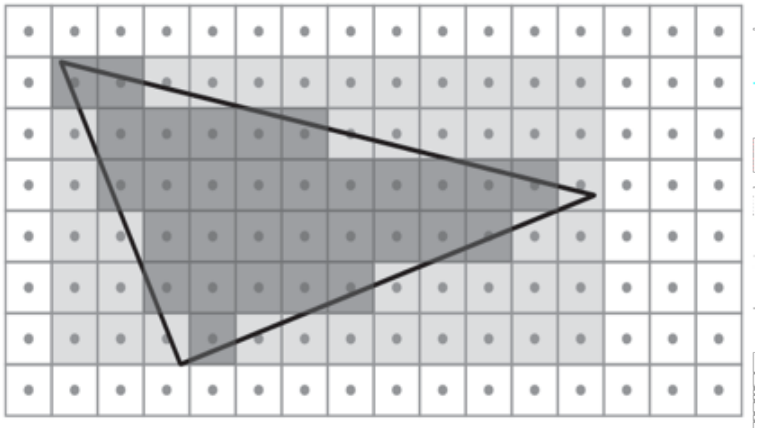
$$E_i(x,y) = a_i x + b_i y + c_i = \vec{n}_i \cdot (x,y) + c_i$$

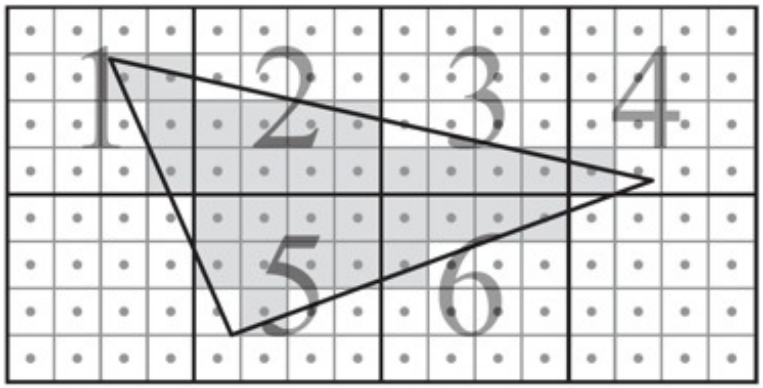


pour 2 points $p(p_x, p_y)$ et $q(q_x, q_y)$:
$E_{pq}(x,y) = -(q_y - p_y)(x - p_x) + (q_x - p_x)(y - p_y)$

Rasterisation - Algorithme

pour quels pixels de l'image évaluer les 3 équations ?





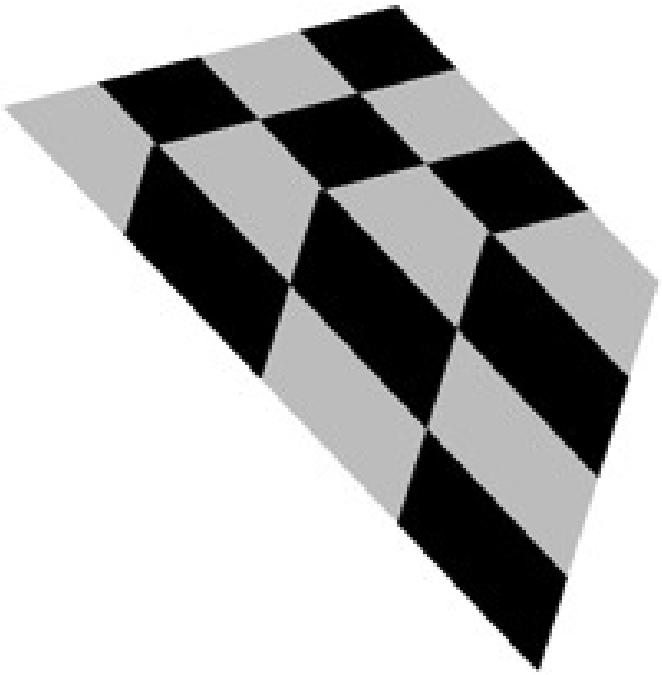
évaluation incrémentale :

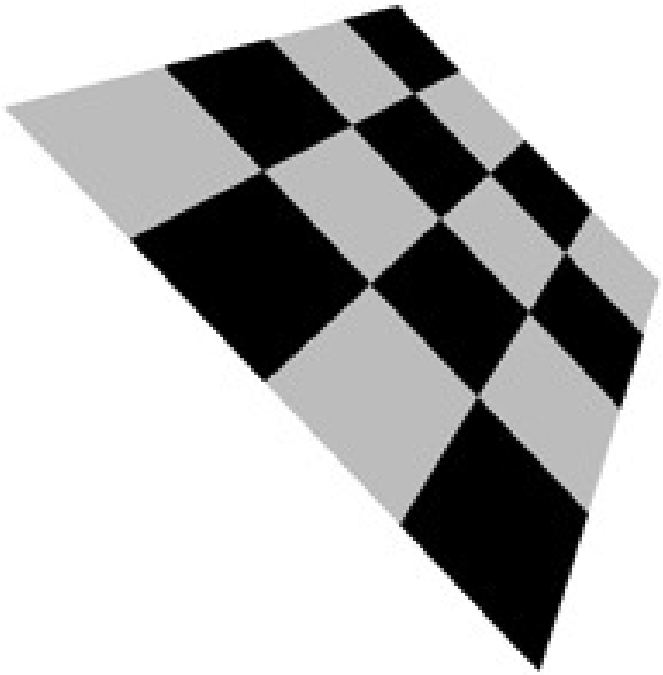
- $E_i(0,0) = c_i$,
- $E_i(x+s, y+t) = E_i(x,y) + sa_i + tb_i$.

comment déterminer qu'un bloc intersecte le triangle ?

Rasterisation - Algorithme

comment interpoler les attributs des sommets ?





détails dans l'article.