

3D Graphics – Graphique 3D

Duration: 2 hours, all documents allowed / Durée : 2h, tous les documents sont autorisés.

***Put your prof(s)'s name on your paper / Indiquez le nom de votre/vos professeur(s)
(Cani | Hétroy-Wheeler/Wuhrer)***

Answer the questions in English or in French, be concise, use sketches to ease explanation / Répondez aux questions en anglais ou en français, soyez concis, utilisez des croquis pour faciliter l'explication.

La version en français de l'examen est disponible en pages 3 et 4.

Case study: “Microcosmos”

You are preparing a video-game featuring insect life. The player is given interactive control on one of the insects. During the game, the insect first needs to travel along tree branches and fight enemies (a). If it succeeds to reach a leaf, it starts eating, raising its strength level proportionally to the decrease of the leaf surface (b). Suddenly rain starts. Raindrops are huge compared to the insect's size, and the leaf oscillates violently (c). The player has to move his insect so that it is not washed away by raindrops and does not fall from the leaf. If the insect manages to reach a stable raindrop and drink from it (d), the player wins the game.

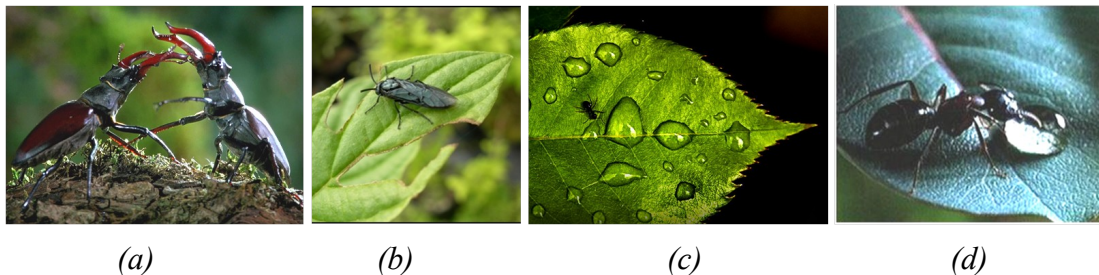


Figure 1: Steps of a video game. (a) Battle; (b) Eating; (c) Surviving rain; (d) Drinking.

A. Geometry and Textures (8 points).

1. The art director would like new geometries for the tree branches and for the leaves to be automatically generated each time the game restarts. Propose adapted geometric representations for branches and for leaves, with a figure showing the set of parameters (such as control points, skeletons, scaling factors...) you would use for shape control. Which of these parameters could be randomly reset (and within which range?) when the game restarts?

2. Explain how you would use textures to improve the aspect of the branches and the leaves. In each case, specify: (1) which type of texturing method you recommend to use, (2) the way the texture should be created, and (3) the mapping function.
3. In addition to the game, the player is provided an interactive modeling system enabling him/her to design his own insect (made of a head, a torso and an abdomen – see Fig. 1 d, to which six articulated legs are connected). Propose a representation for this geometry, and give the input data the user would be asked for to design his insect. Which structure would you add to the geometry of the insect to enable its animation?
4. Raindrops (Fig 1. c) should be able to merge. Which geometric representation would you use? Which parameter would you change over time when the insect drinks (Fig 1. d)?

B. Rendering (4 points).

5. By taking examples in the pictures of Figure 1, explain the difference between shadowing and cast shadows. How can you obtain these effects using projective rendering? What would be the main visual artefact compared with Figure 1 d?
6. Similarly, using the pictures in Figure 1, explain the difference between specular reflection and reflection of the environment, and explain how they can be obtained using projective rendering. Which choice of illumination method and parameters would you use for modelling the different materials for the leaf, the insect and the raindrop in Figure 1. d?

C. Animation (8 points).

The insect is represented by the position $\mathbf{X}$ of its centre of mass, by a speed vector $\mathbf{V}$ defining both the direction of its head from $\mathbf{X}$ and the velocity of its motion, and by a strength level S . The user controls motion by setting $\mathbf{V}$ over time through an interactive device.

7. Propose a layered model making the legs of the insect automatically move, in an adapted way, when it translates on the terrain according to $\mathbf{V}$. How would you adapt your model to handle a fight scene, as on Figure 1. a?
8. Propose a method for making the geometry of a leaf change when it is eaten by an insect Figure 1. b. Write the animation loop for this part of the game, enabling the insect to increase its strength while eating, and the leaf to progressively disappear.
9. Which type of animation method do you suggest for the raining part of the game (Figure 1. c)? Which extra parameters do you need for the insect model? Propose an animation model for the leaf and another one for the raindrops. How would you model the wind?
10. Write the animation loop for the raining part (Figure 1. c). For each animated element (insect, raindrop, leaf) detail the set of applied forces. Describe your method for detecting and processing collisions between each pair of objects.

Etude de cas : “Microcosmos”

Vous préparez un jeu vidéo autour de la vie d'insectes. On donne au joueur un contrôle interactif sur l'un des insectes. Pendant le jeu, l'insecte doit d'abord voyager le long de branches d'arbres et combattre des ennemis (a). S'il réussit à atteindre une feuille, il commence à manger, ce qui augmente le niveau de sa force de manière proportionnelle à la diminution de la surface de la feuille (b). Soudain, il commence à pleuvoir. Les gouttes de pluie sont énormes par rapport à la taille de l'insecte, et la feuille oscille violemment (c). Le joueur doit déplacer son insecte de manière à ce qu'il ne soit pas balayé par les gouttes de pluie et qu'il ne tombe pas de la feuille. Si l'insecte réussit à atteindre une goutte stable et à la boire (d), le joueur remporte la partie.

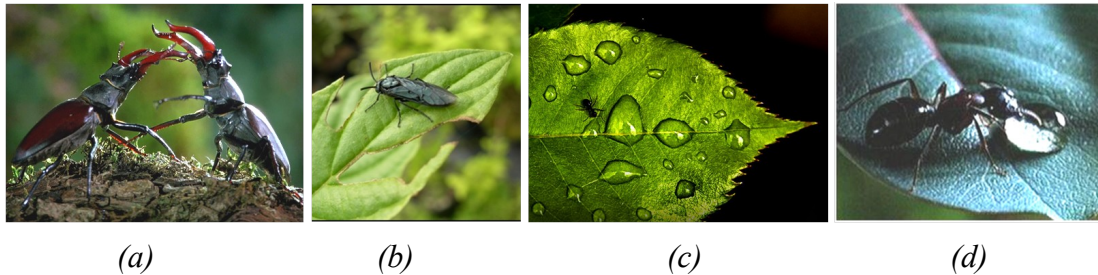


Figure 1: Etapes d'un jeu vidéo. (a) Combattre; (b) Manger; (c) Survivre à la pluie; (d) Boire.

A. Géométrie et Textures (8 points).

1. Le directeur artistique voudrait que de nouvelles géométries pour les branches d'arbres et pour les feuilles soient générées automatiquement à chaque fois que le jeu redémarre. Proposez des représentations géométriques adaptées pour les branches et pour les feuilles, en détaillant sur une figure l'ensemble des paramètres (tels que les points de contrôle, les squelettes, les facteurs d'échelle, ...) que vous utilisez pour contrôler les formes. Parmi ces paramètres, lesquels peuvent être réinitialisés de manière aléatoire (et avec quelle amplitude ?) quand le jeu redémarre ?
2. Expliquez comment vous utiliseriez des textures pour améliorer l'aspect des branches et des feuilles. Dans chaque cas, précisez : (1) quel type de méthodes de texturation vous recommandez d'utiliser, (2) de quelle manière la texture doit être créée, et (3) la fonction de plaquage (*mapping*).
3. En plus du jeu, on donne au joueur un système de modélisation interactive lui permettant de concevoir son propre insecte (composé d'une tête, d'un torse et d'un abdomen – voir la Fig. 1 d, auquel six pattes articulées sont connectées). Proposez une représentation pour cette géométrie, et explicitez les données d'entrée que le système demanderait à l'utilisateur pour concevoir son insecte. Quelle structure ajouteriez-vous à la géométrie de l'insecte pour permettre son animation ?
4. Les gouttes de pluie (Fig 1. c) doivent être capables de fusionner. Quelle représentation géométrique utiliseriez-vous ? Quel paramètre feriez-vous varier au cours du temps quand l'insecte boit (Fig 1. d) ?

B. Rendu (4 points).

5. En prenant exemple sur les images de la Figure 1, expliquez la différence entre l'ombrage et les ombres portées. Comment obtenir ces effets en utilisant le rendu projectif ? Quel serait le principal artéfact visuel comparé à la Figure 1 d ?

6. De manière similaire, en utilisant les images de la Figure 1, expliquez la différence entre la réflexion spéculaire et la réflexion de l'environnement, et expliquez comment elles peuvent être obtenues en utilisant le rendu projectif. Quelle méthode d'illumination et quels paramètres utiliseriez-vous pour modéliser les différents matériaux pour la feuille, l'insecte et la goutte de pluie dans la Figure 1. d ?

C. Animation (8 points).

L'insecte est représenté par la position $\mathbf{X}$ de son centre de masse, par un vecteur vitesse $\mathbf{V}$ définissant à la fois la direction de sa tête à partir de $\mathbf{X}$ et la vélocité de son mouvement, et par un niveau de force S . L'utilisateur contrôle le mouvement en fixant $\mathbf{V}$ au cours du temps à travers un système interactif.

7. Proposez un modèle à couches qui permet aux pattes de l'insecte de bouger automatiquement et de manière adaptée quand l'insecte est translaté sur le terrain selon le vecteur $\mathbf{V}$. Comment adapteriez-vous votre modèle pour gérer une scène de combat, comme sur la Figure 1. a ?
8. Proposez une méthode qui permet à la géométrie d'une feuille de changer quand un insecte la mange comme sur la Figure 1. b. Ecrivez la boucle d'animation pour cette partie du jeu, qui permet à l'insecte d'accroître sa force pendant qu'il mange et à la feuille de disparaître progressivement.
9. Quel type de méthode d'animation suggérez-vous pour la partie du jeu liée à la pluie (Figure 1 c) ? De quels paramètres supplémentaires avez-vous besoin pour le modèle d'insecte ? Proposez un modèle d'animation pour la feuille et un autre pour les gouttes de pluie. Comment modéliseriez-vous le vent ?
10. Ecrivez la boucle d'animation pour la partie liée à la pluie (Figure 1. c). Pour chaque élément animé (insecte, goutte de pluie, feuille), détaillez l'ensemble des forces qui s'appliquent. Décrivez la méthode que vous proposez pour détecter et gérer les collisions entre chaque paire d'objets.