ORDRE DES INGÉNIEURS DU QUÉBEC

SESSION DE MAI 2015

Toute documentation permise
Calculatrices : modèles autorisés seulement
Durée de l’examen : 3 heures

14-LO-A3 CONCEPTION LOGICIELLE

Mise en contexte. Le texte qui suit décrit les principales fonctionnalités du logiciel *OrthoDesign3D*.

Le logiciel *OrthoDesign3D* est une application conçue pour être utilisée en milieu hospitalier, qui peut s'installer sur un ordinateur portable, et qui permet de contrôler le processus d'acquisition de données en 3D d'un membre d'un patient ayant subi une fracture afin de permettre la conception et la fabrication d'une orthèse sur mesure. L'application *OrthoDesign3D* requiert l'installation, sur l'ordinateur, d'un dispositif d'acquisition laser capable de capturer les coordonnées des points en 3D et la couleur des surfaces (texture) du membre fracturé. Le dispositif d'acquisition laser est contrôlé directement par l'application *OrthoDesign3D* à l'aide d'une bibliothèque de programmation (API) vendue par le fabriquant du dispositif. L'interface du système *OrthoDesign3D* doit être conçue pour fonctionner en mode graphique et toutes les options du système doivent être affichées au sein d'une interface graphique comprenant des menus, des boutons et une fenêtre principale de visualisation, contrôlées par l'usager à l'aide de la souris. Le logiciel permet au/à la technicien(ne) orthésiste :

1- De créer un nouveau dossier patient ou d'ouvrir le dossier d'un patient existant afin d'ajouter de nouvelles données ou de consulter les données déjà enregistrées. Le patient est identifié par un numéro unique inscrit sur sa carte d'hôpital et par son numéro d'assurance maladie.
2- D'acquérir un nuage de points en 3D et la texture d'une partie du membre du patient à l'aide du scanner laser.
3- De sélectionner un ou plusieurs points dans un nuage de points.
4- De déplacer, tourner par rapport à un axe ou éliminer des points sélectionnés.
5- De fusionner les nuages de points de différentes parties du membre du patient afin d'obtenir un nuage de points couvrant le membre au complet.
6- De construire des surfaces lisses à partir d'un nuage de point complet.
7- De choisir un patron d'orthèse approprié pour le membre fracturé parmi un catalogue de modèles d'orthèses.
8- De mettre à l'échelle et d'ajuster les paramètres de l'orthèse afin que celle-ci soit bien adaptée aux surfaces reconstruites.
9- De valider que tous les paramètres de l'orthèse sont cohérents et ont été correctement définis.
10- D'annuler une opération (*Undo*) ou de réappliquer une opération annulée (*Redo*).

Une fois l'orthèse conçue virtuellement, le système *OrthoDesign3D* permet de visualiser celle-ci en 3D, et permet à l'orthésiste de présenter le résultat à l'orthopédiste afin de procéder à des ajustements spécifiques avant la fabrication. L'orthopédiste peut alors :

11- Effectuer une simulation afin de déterminer les forces qui seront appliquées par l'orthèse lorsqu'elle sera installée sur le membre.
12- Visualiser la répartition et l'intensité des forces à certains points clés sur le membre.
13- Ajuster certains paramètres de forme de l'orthèse afin de modifier la répartition des forces.

Une fois les ajustements des forces effectués, le système *OrthoDesign3D* permet à l'orthésiste de préparer un fichier de commande numérique approprié pour une imprimante 3D afin de procéder à la fabrication des pièces de l'orthèse. L'orthésiste peut alors :

14- Sélectionner certaines ou toutes les pièces de l'orthèse.
15- Lancer la génération du fichier de commande numérique pour les pièces de l'orthèse sélectionnées.
16- Soumettre le fichier de commande au serveur *OrthoPrint3D,* qui contrôle l'imprimante 3D afin de procéder à l'impression 3D des pièces sélectionnées.

Question 1 - Processus de conception et cas d'utilisation (25 points)

Les processus modernes de développement de logiciels orientés-objet s'appuient sur l'élaboration de cas d'utilisation du logiciel à concevoir.

a) Dans le contexte des cas d'utilisation, définissez ce que l'on entend par un **acteur** et par une **partie prenante**, expliquez la différence entre les deux, et donnez un exemple tiré du système *OrthoDesign3D* (5 points).
b) Tracez le diagramme UML des cas d'utilisation du logiciel *OrthoDesign3D.* (12 points)
c) Pour **un seul cas d'utilisation de votre choix**, parmi ceux identifiés dans le diagramme de cas d'utilisation, rédigez :
    i. La description de haut-niveau du cas d'utilisation (4 points)
    ii. La description du scénario principal du cas d'utilisation (4 points)

Question 2 - Architecture logique (20 points)

Les logiciels modernes sont développés selon des architectures logiques comportant plusieurs couches ou niveaux (*multi-tier architecture*).

- Indiquez deux avantages importants de la décomposition d'un logiciel en une architecture multi-niveaux (4 points),
- Lors de la conception d'une architecture multi-niveaux, il est recommandé, pour accéder aux modules de la couche service, de passer par des *Façade*s. Expliquer le rôle de la Façade et discutez des avantages liés à son utilisation (2 points).
- Dans le contexte de l'application *OrthoDesign3D*, donner un exemple concret en UML de ce que pourrait être la Façade pour l'API d'acquisition fournie avec le scanner laser (4 points).
- Proposez une décomposition architecturale multi-niveaux du logiciel *OrthoDesign3D*. Fournissez votre réponse sous la forme d'un diagramme UML de paquetages (10 points).

Question 3 – Analyse et conception orientées-objet (25 points)

a) Dans le contexte de la conception orienté-objet, définissez en vos propres mots le concept d'encapsulation des données et fournissez au moins deux arguments justifiant l'importance de l'encapsulation. (3 points)
b) En vous limitant uniquement aux fonctionnalités et concepts décrits dans le texte de mise en contexte, proposez un diagramme UML des classes du logiciel *OrthoDesign3D* (22 points).

Question 4 - Patrons de conception (30 points)

Durant la phase d'analyse et conception du logiciel *OrthoDesign3D*, voici trois problèmes qui ont été identifiés et que l'on vous demande de résoudre en utilisant les patrons de conception :

1. Afin de représenter dans un catalogue les catégories d'orthèses permettant de traiter différents types de fractures, les orthèses doivent être représentées comme des assemblages de plusieurs composantes. Chaque composante peut elle-même comprendre plusieurs pièces ou composantes. Les pièces ou composantes peuvent être utilisées dans plusieurs orthèses. Les pièces, les composantes et les orthèses doivent pourvoir être manipulées de façon identique, dans le système OrthoDesign3D, et ce quelle que soit leur complexité.
2. Afin de définir une procédure de validation complète des paramètres de définition d'une orthèse (requis #9), certaines étapes de validation doivent être effectuées au niveau de l'orthèse elle-même, alors que d'autres étapes de validation doivent être effectuées par les

composantes ou les pièces de l'orthèse. On veut cependant s'assurer que toutes les étapes de validation soient effectuées, quel que soit le type de l'orthèse et des pièces qui la composent.

3. Lors de la manipulation interactive des nuages de points, de leur fusion ou de la définition des paramètres de l'orthèse (requis #3 à #8), il doit toujours être possible pour l'usager d'annuler une action effectuée ou de réappliquer une opération annulée (requis #10).

Pour chacun des trois problèmes de conception, on vous demande :

a) d'identifier le patron de conception approprié (tiré du livre de Gamma et al.) qui doit être utilisé pour résoudre le problème et de justifier votre choix (2 points),
b) d'appliquer le patron en fournissant un diagramme de classes annoté, où les rôles identifiés dans le patron sont explicitement associés aux classes appropriées (4 points),
c) de discuter des avantages, des inconvénients et des conséquences liés à l'utilisation du patron choisi pour résoudre le problème de conception, dans le contexte spécifique de l'application *OrthoDesign3D* (4 points).