Simuler l'auscultation cardiaque

Autor(en): **Christin, Steve**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **96 (2005)**

Heft 7

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857790

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Simuler l'auscultation cardiaque

Une application interactive reposant sur du XML et des fichiers Mp3

L'apprentissage de l'auscultation cardiaque – une technique diagnostique importante de l'examen clinique du patient – reste difficile. Les technologies actuelles permettent de créer des outils interactifs complexes. Grâce à ces technologies, un simulateur d'auscultation cardiaque a été créé pour les étudiants en médecine. Cette application repose sur des données XML et des fichiers Mp3 intégrés dans un environnement interactif.

Steve Christin

Au cours de sa révolution cardiaque, le cœur peut produire d'innombrables bruits. Les bruits générés peuvent être caractéristiques de différentes pathologies cardiaques. Aujourd'hui, il existe des appareils sophistiqués permettant de poser les diagnostiques. Cependant, la première analyse et détection d'un éventuel problème se fait généralement à l'aide d'un outil simple: le stéthoscope. En effet, ce dernier permet d'écouter le cœur et de détecter les éventuels bruits suspects. La pratique a démontré qu'il était très complexe de reconnaître les différents bruits cardiaques qui peuvent apparaître lors de l'auscultation. Cette complexité est essentiellement due à la multiplicité des bruits qui peuvent apparaître ainsi qu'à la courte durée d'un cycle de battement cardiaque.

Le cœur est un organe musculaire et creux dont le rôle est d'assurer la circulation du sang en le pompant par des contractions rythmiques vers les vaisseaux sanguins. Le cœur est constitué de quatre chambres: l'oreillette gauche et l'oreillette droite en haut, le ventricule gauche et le ventricule droit en bas. Généralement, on parle de cœur gauche et de cœur droit. Le cœur gauche est composé du ventricule et de l'oreillette gauche. Le cœur droit est composé de l'oreillette et du ventricule droit (figure 1).

Chez l'être humain, le cœur se situe un peu à gauche du centre du thorax, derrière l'os du sternum. Le cœur est entouré par les poumons. Il est mis en mouvement par un muscle, le myocarde.

Le cœur propulse le sang à partir du ventricule gauche dans les vaisseaux artériels et les organes. Le sang revient dans le cœur droit par le réseau veineux. Il est ensuite propulsé du ventricule droit vers les poumons d'où il revient dans le cœur gauche. Des valvules situées entre les oreillettes et les ventricules assurent le passage du sang des oreillettes vers les ventricules. Le rôle des ventricules est de pomper le sang vers le corps ou vers les poumons. L'éjection du sang se fait par des contractions répétées des différentes ventricules.

La révolution cardiaque

Chaque battement du cœur correspond à une séquence d'événements appelés cycle cardiaque ou révolution cardiaque. Un cycle est composé de quatre étapes principales: la phase de mise en tension, la phases d'éjection systolique, la phase de relaxation, et la phase de remplissage diastolique.

Déroulement

Durant la phase de remplissage diastolique, les oreillettes se contractent et projettent le sang vers les ventricules (figure 2). Dès que le sang est expulsé des oreillettes, les valvules mitrales et tricuspides se ferment. Cela évite ainsi le reflux du sang vers les oreillettes.

Pendant la phase de mise sous tension, les quatre valvules sont fermées. L'augmentation de la pression augmente.

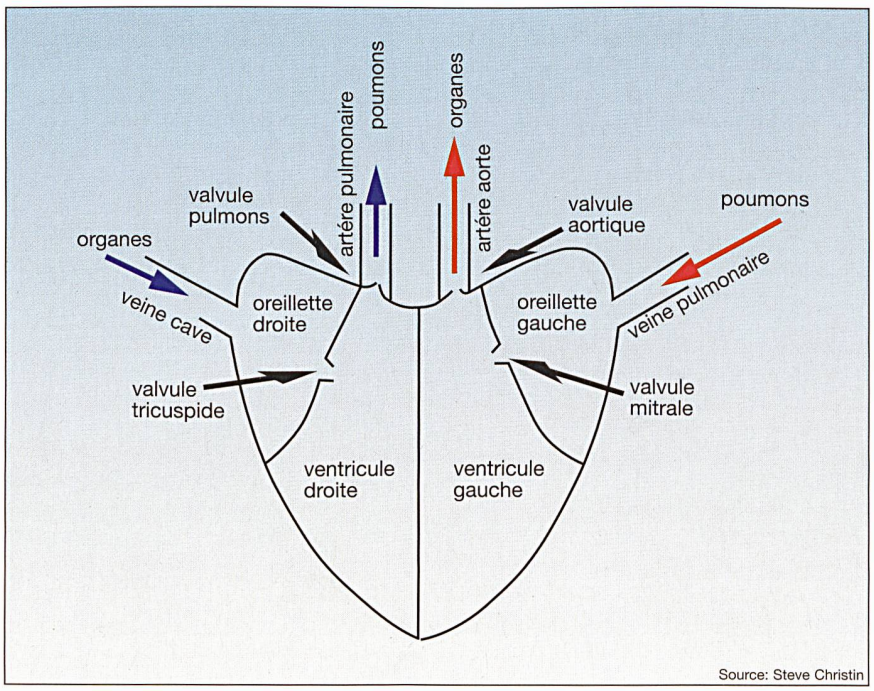


Figure 1 Schéma fonctionnel du cœur

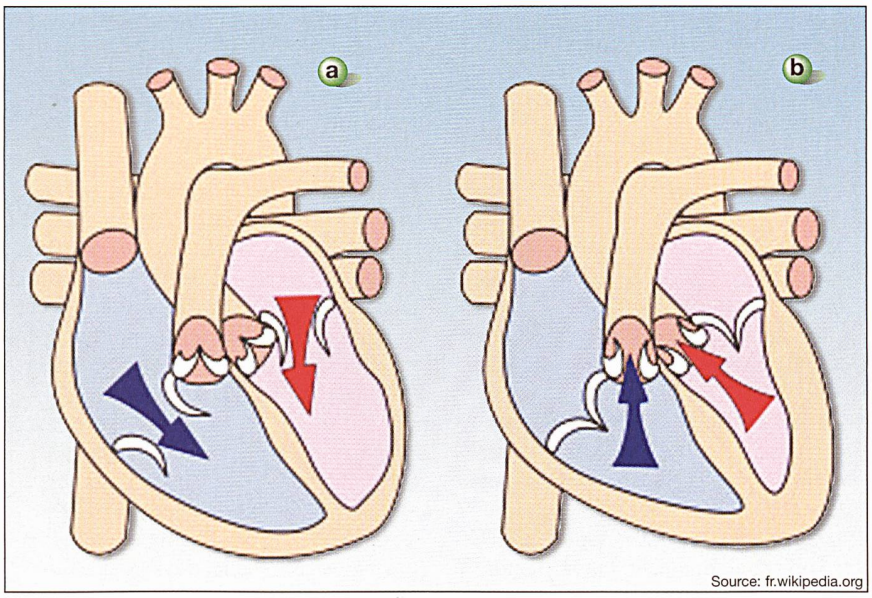


Figure 2 Déroulement
Figure 2a: Systole auriculaire, figure 2b: Systole ventriculaire

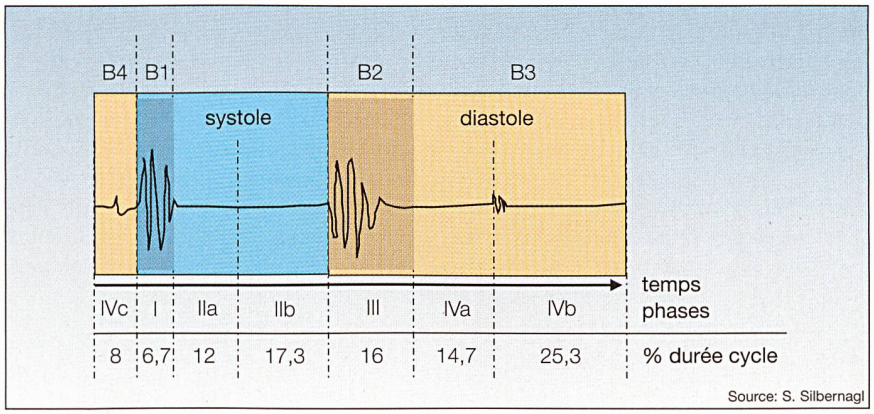


Figure 3 Bruits du coeur lors du cycle cardiaque (référence 70 min^{-1}) [1]

Lorsque celle-ci est assez élevée, les valvules pulmonaire et aortique s'ouvrent. La phase d'éjection est la contraction des ventricules permettant l'expulsion du sang vers le système circulatoire.

Dès que le sang est expulsé des ventricules, les valvules sigmoïdes (la valvule pulmonaire et la valvule aortique) se ferment. La phase de relaxation permet l'arrivée du nouveau sang dans les oreillettes. L'expulsion du sang dans le réseau artériel provoque le pouls que l'on peut tâter généralement sur la carotide (sur le cou) ou sur le poignet.

Position des bruits dans le cycle cardiaque

La fréquence cardiaque d'un être humain au repos varie de 60 à 80 min^{-1}, soit en moyenne 70 min^{-1}. La durée d'un cycle normal est donc de 1000 ms pour 60 battements par minute et de 750 ms pour 80 battements par minute. Quatre phases de fonctionnement se succèdent lors d'un cycle de battements. Les quatre phases sont: la phase de mise en tension (I), la phases d'éjection systolique (II), la phase de relaxation (III), et la phase de remplissage diastolique (IV). Pour un cycle, il y a normalement deux bruits perçus. Les bruits lors des phases d'un cycle cardiaque normal peuvent être représentés graphiquement selon le schéma ci-dessous.

Nous voyons sur le graphique (figure 3) les phases systoliques et diastoliques. Ce sont les phases communément utilisées qui regroupent plusieurs phases que nous avons déjà évoquées.

Durée des phases en fonction de la fréquence

L'augmentation de la fréquence cardiaque s'accompagne d'une modification de la durée de la phase de remplissage diastolique plus importante que celle de la phase systolique. Nous constatons dans le tableau ci-dessous que la durée de la systole, à une fréquence de 75 min^{-1}, est de 320 ms et qu'elle est de 200 ms à 180 battements par minute. Pour les mêmes fréquences cardiaques, la durée de la diastole passe de 480 ms à 130 ms. On remarque donc que le raccourcissement de la phase diastolique est très important avec l'augmentation de la fréquence. Cette augmentation est si importante que la phase systolique plus courte à basse fréquence devient la phase la plus longue lorsque la fréquence cardiaque est de 180 battements par minute.

Dans le simulateur d'écoute, il a été envisagé de faire varier la fréquence. Cette variation se limite à une plage de fréquence comprise entre 60 et 120 battements par minute. J'ai considéré que les changements de durée se font selon le rapport entre la durée à 75 min^{-1} et à 180 min^{-1}. On peut ainsi faire le calcul de la durée de la systole en fonction de la fréquence. Graphiquement, l'évolution de la durée de la systole a cet aspect (figure 4).

Les bruits

Les bruits du cœur sont l'expression acoustique des phases cardiaques. Le premier bruit a lieu durant la phase de mise sous tension et le second lors de la fermeture des valvules sigmoïdes. A ces bruits physiologiques peuvent s'ajouter des bruits pathologiques. «Des bruits pathologiques du cœur se manifestent lorsque les valvules sont trop étroites ou lorsqu'elles occasionnent des fuites (sténose ou insuffisance)» [1]. Les bruits pathologiques peuvent être des clics, des souffles, des sons B3 (bruit protodiastolique) et B4 (bruit présystolique).

En cas d'insuffisance ventriculaire, les sons inaudibles B3 et B4 peuvent augmenter d'intensité et devenir audibles. De ce fait, trois bruits apparaissent au cours

Fréquence [min-1]	75 [min^{-1}] (f_{75})	180 [min^{-1}] (f_{180})
Durée de la systole [ms]	320 (t_{75})	200 (t_{180})
Durée de la diastole [ms]	480	130

Tableau I Durée des phases en fonction de la fréquence [3]

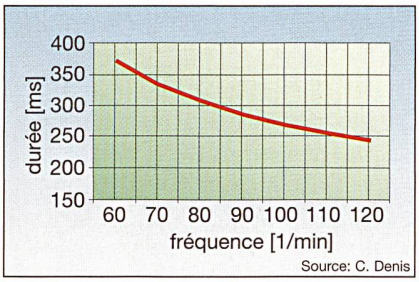


Figure 4 Durée de la systole en fonction de la fréquence cardiaque [3]

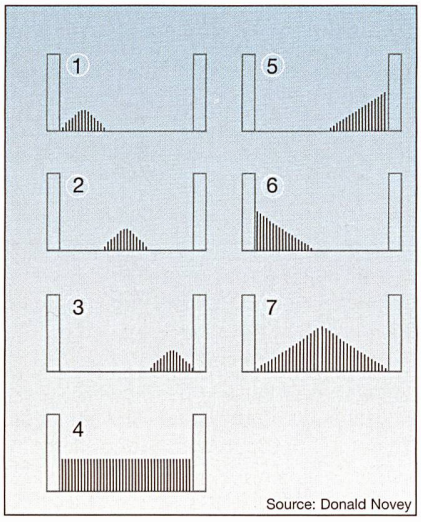


Figure 5 Caractéristiques temporelles et de l'évolution de l'intensité des souffles [2]

du cycle. Ce troisième bruit (B3 ou B4) fait penser au rythme à 3 temps d'un cheval au galop. On parle d'ailleurs souvent de galop pour qualifier la présence d'un bruit supplémentaire.

Il peut y avoir un clic systolique et un clic diastolique. La position de chacun peut être très variable dans chaque phase.

Les souffles peuvent être un élément sonore d'une phase systolique ou d'une phase diastolique. Ils sont très particuliers puisque plusieurs éléments permettent de les décrire. Ces éléments sont (figure 5) [2]:

- L'intensité chiffrée par rapport à 6:
  - 1/6 Le son est audible de façon intermittente, il est généralement masqué par le bruit normal de la salle d'examen.
  - 2/6 Le souffle est normalement à peine audible.
  - 3/6 L'intensité du souffle est moyenne, sans thrill vibratoire.
  - 4/6 L'intensité du souffle est moyenne, avec thrill vibratoire.
  - 5/6 Le souffle est maximum lorsque le stéthoscope est en contact avec la paroi thoracique.
  - 6/6 Le souffle est audible quand le stéthoscope est légèrement écarté du thorax.
- Son timbre et sa tonalité.
- Le siège de son maximum d'intensité.
- Ses irradiations.
- Son temps (cf. 1–4)
  - systolique ou diastolique
  - proto (1), méso (2), télé (3)
  - holosystolique (4)
- Selon l'évolution de l'intensité du souffle. (cf. 5–7)
  - crescendo (5)
  - decrescendo (6)
  - losangique, dit aussi crescendo-decrescendo ou souffle d'éjection (7)
  - uniforme (4)
- Les modifications de la respiration.

Dans notre application, nous nous sommes intéressés pour chaque souffle:
- à son intensité.
- à son positionnement dans le temps.
- à la phase dans laquelle il se trouve.
- à l'évolution de l'intensité du souffle dans le temps.

Nous le voyons, il ne suffit pas d'insérer un souffle systolique et un souffle diastolique pour que le simulateur soit un outil intéressant. Plusieurs souffles sont donc nécessaires à une application qui doit présenter un large éventail de situations que l'on peut rencontrer dans la pratique.

Le pouls carotidien a son importance. C'est un foyer d'auscultation (lieu où l'on peut écouter à l'aide d'un stéthoscope), mais surtout une aide à la détection du premier bruit B1. En effet, le pouls carotidien débute en même temps (ou une fraction de seconde plus tard) que B1. Le pouls se détecte visuellement et également par palpation. C'est donc un élément sensoriel essentiel à ne pas négliger lors de la création d'une interface destinée à des étudiants. Dans notre cas, le pouls n'a pas été intégré de manière tactile mais de manière visuelle. Il était important que ce pouls soit présent d'une manière ou d'une autre; ainsi son intégration s'est fait graphiquement.

Applications

Afin de faciliter l'apprentissage et la reconnaissance des différents bruits cardiaques, deux applications ont été créées en collaboration avec la faculté de biologie et de médecine de l'Université de Lausanne. L'une composée de différents bruits cardiaques permettant à l'étudiant de simuler de multiples situations, l'autre permettant de s'entraîner à écouter les bruits du cœur de différents patients atteints de pathologies spécifiques. Le simulateur est application interactive, développée avec Flash et basée sur une structure de données XML et sur des fichiers ressources externes. Cette approche offre la flexibilité nécessaire pour faire évoluer les possibilités de simula-

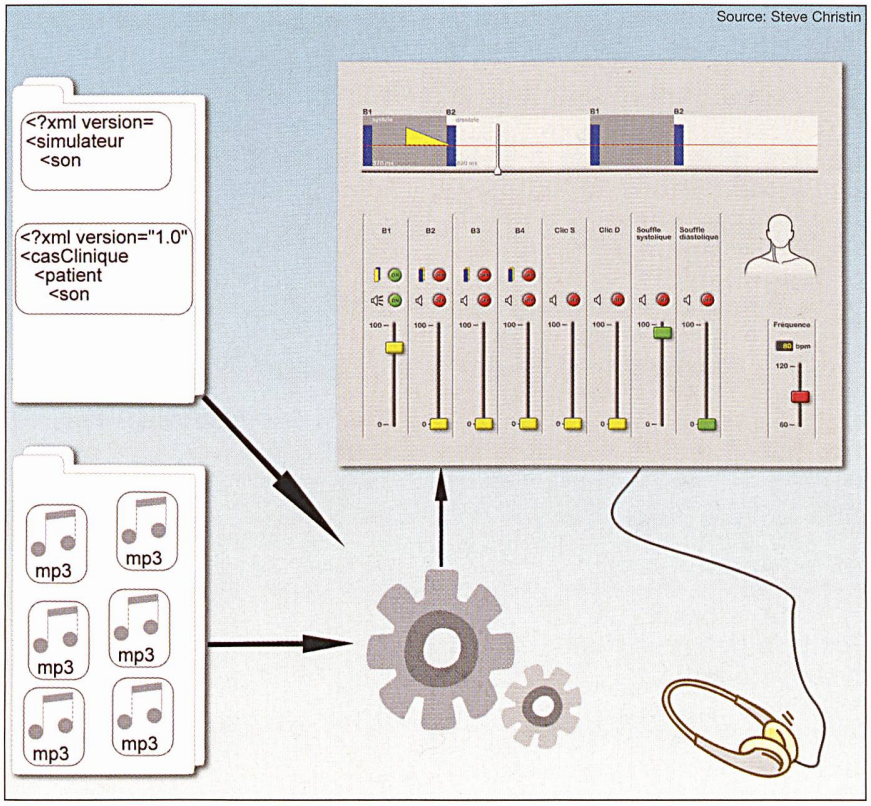


Figure 6 Fonctionnement basé sur du XML et des fichiers Mp3

tions (choix des bruits mis à disposition, nombre de simulations de cas cliniques ...).

Plusieurs possibilités ont été envisagées pour reproduire les sons des bruits cardiaques. Afin d'avoir des bruits proches de la réalité, il a été décidé d'utiliser des sons existants provenant de patients réels. Chaque bruit a ainsi été identifié et, à l'aide d'un logiciel d'édition audio, séparé de son cycle cardiaque. Une multitude d'échantillons a ainsi pu être créée pour le simulateur. L'utilisation de différents bruits permet ainsi de les combiner afin de créer de multiples séquences sonores. Il en résulte un grand nombre de possibilités de combinaisons de cycles cardiaques. Chaque échantillon sonore a été converti en Mp3. Conversion nécessaire à Flash pour la gestion des fichiers audio externes.

Les séquences sonores ont été définies dans des fichiers XML. Les fichiers contiennent les informations concernant les séquences, les patients ainsi que les textes d'aides présents dans chaque application. Le XML permet de structurer le contenu de manière sémantique et aussi de permettre une édition simple à l'aide de formulaires ou d'un simple éditeur de texte. Le XML a été choisi car il permettait d'interagir aisément avec Flash au moyen de son langage présent: l'ActionScript. Les autres avantages de l'XML sont le format texte qui garanti une pérennité à long terme ainsi que sa souplesse d'emploi est de mise en place dans un projet ou la structure sémantique des informations demande réflexion et adaptations futures afin de répondre aux besoins pédagogiques.

L'utilisation de ce langage a permit de gérer à la fois le contenu de l'application et son interactivité. Au chargement de l'application les éléments graphiques interactifs sont mis en place en fonction du contenu des fichiers XML et les fichiers audio sont chargés dans l'interface. A chaque élément interactif correspond des instructions à effectuer en fonction des actions faites sur l'élément. L'interactivité est définie au moyen de l'Action Script au moment où l'élément est mis en place sur la scène. Chaque bruit cardiaque est mis en place graphiquement sur une zone de défilement où les bruits sont représentés sur deux cycles. Une fois les éléments mis en place, la lecture peut être effectuée selon la séquence sonore choisie. Pour permettre à l'étudiant de se repérer dans le temps du cycle cardiaque – enjeu essentiel pour l'apprentissage de l'écoute des bruits cardiaques – lorsqu'un bruit est joué, son état graphique est modifié.

D'un point de vue pédagogique, les différents éléments de l'application devaient permettre à l'étudiant de progresser dans son apprentissage. La progression de l'apprentissage est déterminée par la capacité de l'étudiant à identifier les différents bruits cardiaques en ayant recours à un minimum d'aide de l'application.

L'interactivité mise en place lors de la réalisation permet à l'étudiant de contrôler différents éléments lui permettant de progresser dans son apprentissage. Un élément essentiel est le contrôle du volume de chaque bruit cardiaque au moyen d'un curseur directement inspiré des tables de mixages et de visualiser les sons entendus grâce au défilement en boucle d'une tête de lecture et du changement de couleur de la représentation graphique des sons.

Cet article est basé sur un projet de diplôme présenté à la Journée Technique JT'05 de l'EIVD (page 61).

Références

[1] S. Silbernagl, A. Despopoulos: Atlas de poche de Physiologie, 2ème Ed. 1992, Médecines-Sciences, Flammarion, Paris.

[2] Donald Novey: Guide pratique de l'examen physique, 2ème édition, Maloine 2002 Paris

[3] Pr. C. Denis: Physiologie du coeur, pdf, mai 2002, Faculté de médecine, Université Jean Monnet, Saint-Etienne, France

Informations sur l'auteur

Steve Christin est ingénieur HES Comem+ (Communication-Engineering-Management). Il a obtenu son diplôme en 2005 ainsi que le prix de l'EIVD et le prix It-Processing pour son travail de diplôme qui consistait en la réalisation d'un simulateur d'auscultation cardiaque pour la formation. Depuis 1996, Steve Christin est collaborateur pour la Radio Suisse Romande en tant que technicien réalisateur. Actuellement, il effectue un stage dans le service Informatique et technologies nouvelles aux Services du Parlement à Berne.

Champ-Rond 21, CH-1010 Lausanne,
steve.christin@bluewin.ch

pratique

Simulation von Herztönen

Eine interaktive Anwendung auf der Grundlage von XML- und Mp3-Dateien

Herzuntersuchungstechniken, die in der klinischen Diagnostik eine bedeutende Rolle spielen, sind nach wie vor schwer erlernbar. Moderne Technologien ermöglichen die Entwicklung komplexer, interaktiver Werkzeuge. So wurde für Medizinstudenten ein Herzuntersuchungssimulator entwickelt. Diese Anwendung beruht auf in interaktiver Umgebung integrierten XML- und Mp3-Dateien.