



Au cœur du sujet



Présenté par TryEngineering - www.tryengineering.org
Cliquez ici pour donner votre avis sur cette leçon.

Objet de la leçon

L'objet de cette leçon est d'étudier l'ingénierie et le fonctionnement des valves cardiaques artificielles, ainsi que l'interface entre l'homme et la machine.

Sommaire de la leçon

L'activité « Au cœur du sujet » explore le fonctionnement des valves et comment l'ingénierie a adapté ce concept aux valves cardiaques mécaniques. Les élèves étudient différents types de valves utilisées dans les applications domestiques et industrielles, ainsi que trois différents modèles de valves cardiaques mécaniques. Les élèves examinent le fonctionnement d'un robinet à tournant sphérique et font une expérience sur un robinet-vanne, puis travaillent en équipe d'« ingénieurs » pour apporter des améliorations à la valve cardiaque mécanique.

Niveaux d'âge

8-18 ans.

Objectifs

- ✦ Etudier les valves.
- ✦ Etudier les modifications techniques apportées aux valves cardiaques mécaniques
- ✦ Etudier l'interface homme/machine en réponse aux besoins humains.
- ✦ Apprendre le travail d'équipe ainsi que le processus de conception et de résolution des problèmes techniques.

Résultats escomptés à la fin de la leçon

Au terme de cette activité, les élèves devraient acquérir une compréhension des sujets suivants :

- ✦ les valves
- ✦ l'interface homme/machine
- ✦ l'impact de l'ingénierie et de la technologie sur la société
- ✦ la résolution des problèmes techniques
- ✦ le travail d'équipe

Activités de la leçon

Les élèves apprennent comment les valves fonctionnent et étudient les améliorations techniques apportées aux valves cardiaques mécaniques au fil du temps. La résolution des problèmes, le travail d'équipe et le processus de conception technique sont les sujets abordés dans cette leçon. Les élèves travaillent en équipes pour examiner le fonctionnement de deux types de valves, puis pour recommander des modifications visant à améliorer le fonctionnement des valves cardiaques mécaniques. Les élèves réalisent et présentent à la classe un croquis de leurs nouveaux concepts.



Ressources/Matériaux

- ✦ Documents de ressource aux enseignants (en pièces jointes)
- ✦ Fiches de ressource aux élèves (en pièces jointes)
- ✦ Feuille de travail des élèves (en pièce jointe)

Alignement sur les structures des programmes scolaires

Voir la fiche ci-jointe décrivant l'alignement des programmes scolaires.

Liens Internet

- ✦ TryEngineering (www.tryengineering.org)
- ✦ The Franklin Institute Online: The Heart (en anglais) (<http://sln.fi.edu/biosci/>)
- ✦ American Heart Association - Artificial Heart (en anglais) (www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4444)
- ✦ McREL Compendium of Standards and Benchmarks (en anglais) (www.mcrel.org/standards-benchmarks) Une compilation des normes en matière de contenu des programmes scolaires de la maternelle au secondaire, en formats recherche et navigation.
- ✦ *National Science Education Standards* (en anglais) (www.nsta.org/standards)
- ✦ Massachusetts Science and Technology/Engineering Framework (en anglais) (www.doe.mass.edu/frameworks)

Lecture recommandée (en anglais)

- ✦ « Robert Jarvik and the First Artificial Heart », de John Bankston (ISBN : 1584151161)
- ✦ « Machines in Our Hearts: The Cardiac Pacemaker, the Implantable Defibrillator, and American Health Care », de Kirk Jeffrey (ISBN : 0801865794)
- ✦ « Advancing the Technology of Bileaflet Mechanical Heart Valves » (ISBN : 3798511004)
- ✦ « Valve Surgery at the Turn of the Millennium » (ISBN : 140207834X)

Activités d'écriture facultatives

- ✦ Rédiger une dissertation ou un paragraphe décrivant comment l'ingénierie a remplacé ou permis l'utilisation continue d'une autre partie du corps. Choisir parmi ce qui suit : genou, dents, oreille, hanche, poumon.



Pour les enseignants :

Alignement sur les structures des programmes scolaires

Remarque : Tous les plans de leçons de cette série sont alignés sur les normes nationales pour l'enseignement des sciences (*National Science Education Standards*), établies par le Conseil national de recherche des Etats-Unis (National Research Council) et approuvées par l'Association nationale des enseignants des sciences des Etats-Unis (National Science Teachers Association), et si applicable, sur les normes internationales d'enseignement de la technologie pour l'alphabétisation technologique (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy) ou sur les principes et normes en matière de mathématiques scolaires établis par le Conseil national américain des enseignants en mathématiques (National Council of Teachers of Mathematics' Principals and Standards for School Mathematics).

◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la maternelle au primaire (4 à 9 ans)

NORME DE CONTENU E : Science et technologie

Au terme des activités effectuées de la CM2 à la quatrième, tous les élèves devraient acquérir

- ✦ Des aptitudes de conception technologique
- ✦ Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ Les propriétés des objets et matériaux

NORME DE CONTENU E : Science et technologie

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir

- ✦ Des aptitudes de conception technologique
- ✦ L'aptitude à distinguer les objets naturels des objets fabriqués par les hommes

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ La santé personnelle
- ✦ Les risques et avantages
- ✦ La science et la technologie dans la société

NORME DE CONTENU G : Histoire et nature de la science

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ L'histoire de la science

◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la CM2 à la quatrième (10 à 14 ans)

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ Les mouvements et les forces

NORME DE CONTENU C : Sciences de la vie

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ La structure et la fonction des systèmes vivants

NORME DE CONTENU E : Science et technologie

Au terme des activités effectuées de la CM2 à la quatrième, tous les élèves devraient acquérir

- ✦ Des aptitudes de conception technologique
- ✦ Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ La santé personnelle
- ✦ Les risques et avantages
- ✦ La science et la technologie dans la société

NORME DE CONTENU G : Histoire et nature de la science

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ L'histoire de la science



Pour les enseignants : Alignement sur les structures des programmes scolaires (suite)

◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la troisième à la terminale (14 à 18 ans)

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ Les mouvements et les forces
- ✦ Les interactions entre l'énergie et la matière

NORME DE CONTENU E : Science et technologie

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir

- ✦ Des aptitudes de conception technologique
- ✦ Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ La santé de l'individu et de la communauté
- ✦ La science et la technologie dans les enjeux locaux, nationaux et mondiaux

NORME DE CONTENU G : Histoire et nature de la science

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ✦ Les perspectives historiques

◆ Normes pour l'alphabétisation technologique- Tous âges

La nature de la technologie

- ✦ Norme 1 : Les élèves acquerront une compréhension des caractéristiques et de la portée de la technologie.
- ✦ Norme 2 : Les élèves acquerront une compréhension des concepts fondamentaux de la technologie.
- ✦ Norme 3 : Les élèves acquerront une compréhension des relations entre les technologies et des liens entre la technologie et d'autres champs d'étude.

Technologie et société

- ✦ Norme 4 : Les élèves acquerront une compréhension des effets culturels, sociaux, économiques et politiques de la technologie.
- ✦ Norme 6 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle de la société dans le développement et l'utilisation de la technologie.
- ✦ Norme 7 : Les élèves acquerront une compréhension de l'influence de la technologie sur l'histoire.

Conception

- ✦ Norme 8 : Les élèves acquerront une compréhension des attributs de conception.
- ✦ Norme 9 : Les élèves acquerront une compréhension de la conception technique.
- ✦ Norme 10 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle du dépannage, de la recherche et du développement, de l'invention et de l'innovation, et de l'expérimentation dans la résolution des problèmes.

Aptitudes pour un monde technologique

- ✦ Norme 11 : Les élèves acquerront des aptitudes d'application du processus de conception.
- ✦ Norme 13 : Les élèves acquerront des aptitudes d'évaluation de l'impact des produits et systèmes.

Le monde, objet de conception

- ✦ Norme 14 : Les élèves acquerront une compréhension et des aptitudes de sélection et d'utilisation des technologies médicales.

Au cœur du sujet



Pour les enseignants : Ressources aux enseignants

◆ But de la leçon

Explorer comment les valves fonctionnent pour contrôler le débit des fluides et en particulier, comment les valves cardiaques mécaniques fonctionnent et ont évolué au cours du temps pour améliorer la santé des individus. Les élèves étudient la conception technique et examinent le fonctionnement de deux types de valves. Les élèves forment ensuite des équipes afin de mettre au point et de dessiner un croquis de valve cardiaque mécanique améliorée qu'ils présenteront à la classe.

◆ Objectifs de la leçon

- ✦ Les élèves étudient les valves.
- ✦ Les élèves étudient les modifications techniques apportées aux valves cardiaques mécaniques.
- ✦ Les élèves étudient l'interface homme/machine en réponse aux besoins humains.
- ✦ Les élèves apprennent le travail d'équipe et le processus de conception et de résolution des problèmes techniques.

◆ Matériaux

- Fiches de ressource aux élèves
- Feuilles de travail des élèves
- Un jeu de matériaux par groupe d'élèves :
 - un robinet à tournant sphérique (robinet d'un quart de tour doté d'une bille rotative, d'une valeur d'environ 3 €)
 - deux tuyaux galvanisés (matériau indifférent, mais le moins coûteux) de 19 mm de diamètre et de 30 à 45 cm de long
 - robinet-vanne de 19 mm
 - deux bouchons de tuyau flexible de 19 mm
 - un bouchon de culasse de 19 mm
 - une source d'eau et un endroit permettant l'écoulement de l'eau (évier ou à l'extérieur)
 - entonnoir pour verser de l'eau dans le tuyau



◆ Marche à suivre

1. Montrez aux élèves les divers documents de référence à leur disposition. Ceux-ci peuvent être lus en classe ou donnés à lire à la maison, la veille.
2. Répartissez les élèves en groupes de 3 ou 4 et distribuez un jeu de matériaux à chaque groupe.
3. Demandez aux élèves de remplir leur feuille de travail. Dans le cadre de ces activités, les élèves assemblent les tuyaux, les valves et les bouchons afin d'explorer le fonctionnement des valves.
4. Les élèves forment ensuite des équipes « d'ingénieurs » pour tenter d'améliorer la valve cardiaque mécanique. Ils conçoivent et dessinent un croquis de leur proposition d'amélioration.
5. Chaque groupe d'élèves présente sa proposition à la classe.

◆ Temps nécessaire

Une ou deux sessions de 45 minutes.

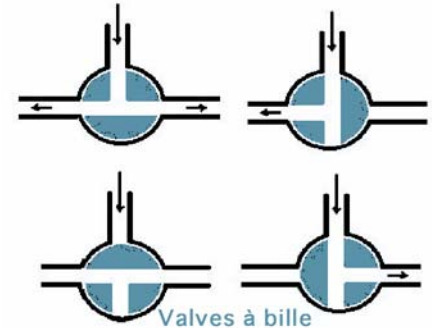


Ressource aux élèves : Valves et hydraulique

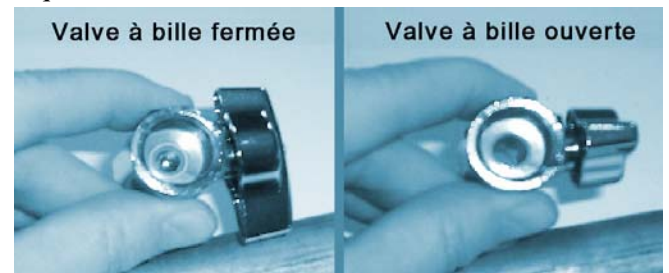
◆ Qu'est-ce qu'une valve ?

Une valve est un dispositif qui contrôle le flux de fluides divers par l'ouverture, la fermeture ou l'obstruction partielle des diverses voies de passage. Ces fluides comprennent les gaz, les solides fluidifiés, les boues ou les liquides, comme par exemple, le sang, l'essence et l'eau. Les valves sont partout, on les trouve dans de nombreuses applications, notamment pour contrôler le flux de l'essence dans une voiture ou de l'eau qui s'écoule dans un évier. Certaines valves sont pilotées sous l'action seule de la pression et sont principalement utilisées pour des raisons de sécurité dans les moteurs à vapeur et les appareils de chauffage et de cuisson à usage domestique. Voici quelques exemples de valves :

- Les robinets à tournant sphérique : elles s'ouvrent en faisant tourner une poignée rattachée à une bille logée à l'intérieur du robinet. La bille est percée d'un orifice en son milieu qui permet le passage d'un fluide lorsque cet orifice est aligné avec les deux extrémités du robinet. Si l'orifice n'est pas aligné, aucun fluide ne s'écoule. Il existe aussi des robinets à tournant en trois voies, avec un orifice en forme de T en leur milieu.
- Les clapets de non-retour permettent le passage des fluides dans un seul sens. Ce type de clapet est utilisé dans certains systèmes d'arrosage et d'irrigation goutte à goutte pour s'assurer que les canalisations ne se vident complètement quand le système d'arrosage est hors service.
- Certaines parties des instruments à vent en cuivre renferment des soupapes rotatives et des robinets à piston qui permettent de changer la hauteur tonale.
- Les robinets permettent de contrôler l'écoulement de l'eau.
- Les robinets-vannes s'ouvrent en levant une vanne ronde ou rectangulaire pour laisser passer le fluide.
- Les soupapes flexibles sont l'équivalent mécanique des valves cardiaques. Elles sont généralement constituées de bandes flexibles en métal ou en fibre de verre à une extrémité, qui s'ouvrent et se ferment en réponse à des changements de pression entre les côtés opposés de la soupape, de la même manière que les valves cardiaques. Elles sont conçues pour limiter le flux dans une direction et sont présentes dans les moteurs de voitures pour contrôler l'admission d'essence.

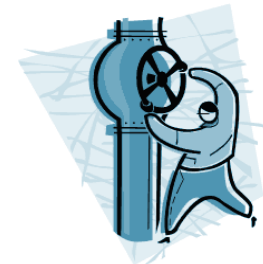


Valves à bille



◆ Qu'est-ce que l'hydraulique ?

L'hydraulique est une branche de la science et de l'ingénierie qui traite des propriétés mécaniques des liquides. Héron d'Alexandrie et Ctésibios furent les premiers maîtres de cet art. Ces anciens ingénieurs concentrèrent leurs efforts sur les nouvelles utilisations de l'hydraulique plutôt que sur des applications pratiques. Les problèmes hydrauliques concernent la plupart des ingénieurs, que ce soit l'écoulement en charge, la conception des barrages, les systèmes de contrôle des fluides, les biomatériaux, les pompes, les mesures de débit et l'érosion.



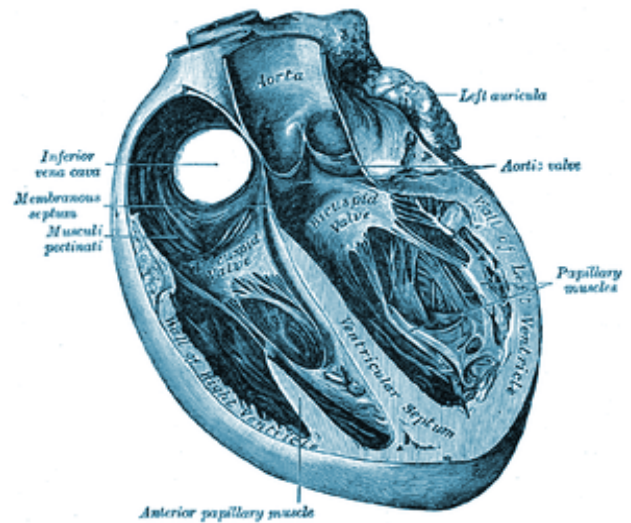
Au cœur du sujet



Ressource aux élèves : Comment fonctionnent les valves cardiaques

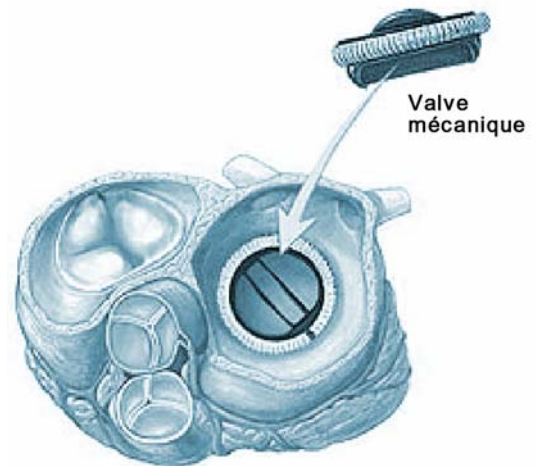
◆ Valves cardiaques humaines

Dans l'anatomie humaine, les valves cardiaques assurent le flux unidirectionnel du sang en s'ouvrant et en se fermant, selon les différences de pression qui s'opèrent de chaque côté de la valve. Les valves humaines fonctionnent environ 40 millions de fois par an, soit deux milliards de fois en une vie. Le cœur a quatre valves : deux valves auriculoventriculaires qui assurent le flux sanguin entre les oreillettes et les ventricules, et pas dans l'autre sens, et deux valves sigmoïdes (ou semi-lunaires) présentes dans les artères partant du cœur. Leur rôle est d'empêcher le reflux du sang entre les artères et les ventricules. Les battements de cœur sont en fait produits par les valves cardiaques qui se ferment. Aux Etats-Unis, près de 80 000 adultes subissent chaque année une opération visant à réparer ou à remplacer des valves cardiaques défectueuses.



◆ Valves cardiaques mécaniques

Les valves cardiaques mécaniques sont fabriquées à partir de matériaux artificiels. Leur avantage ? Leur capacité à durer toute une vie. En effet, elles ne se détériorent pas de la même façon que les valves biologiques ou naturelles. Elles sont conçues pour reproduire les fonctions naturelles des valves cardiaques chez les personnes dont le cœur ne fonctionne pas normalement à cause d'anomalies congénitales ou de détérioration. De la même manière que les valves cardiaques naturelles, les valves cardiaques mécaniques doivent empêcher le reflux du sang une fois qu'il a été pompé dans les cavités cardiaques. Mais elles ont pour inconvénient la nécessité de prendre des médicaments qui rendent le sang plus fluide. Ceci empêche que les organes de travail de la valve ne se bouchent au fil du temps, mais présente un risque au patient. Le sang désépaissi est plus long à se coaguler en cas de coupure ou d'hémorragie.



◆ Histoire

La première opération connue sur une valve cardiaque date de 1913, mais le remplacement de valves défectueuses n'a pas eu lieu avant 1962. Les valves à bille sont les premiers types de valves mécaniques développées vers la même période. En 1952, Dr. Charles Hufnagel implante des valves cardiaques à bille dans dix patients (six survivent à l'opération), marquant le premier succès à long terme des prothèses valvulaires cardiaques. Actuellement, la seule prothèse à bille dont l'utilisation est approuvée aux Etats-Unis est la valve Starr-Edwards. Elle est formée d'une bille en silicium logée dans une cage métallique partant du logement de la valve. La bille se déplace avec le flux pour ouvrir et fermer la valve.



Ressource aux élèves :

Comment fonctionnent les valves cardiaques (suite)

◆ Modèles de valves conçues par des ingénieurs

Valve à bille :

L'une des premières valves cardiaques mécaniques, la prothèse à bille contient une micro-bille tenue en place par une petite cage en métal. Ce principe s'inspire des robinets à tournant sphérique employés dans les applications domotiques et industrielles pour limiter le flux des liquides dans une seule direction. Mais comme la bille endommageait les globules de sang, le patient devait suivre un traitement anticoagulant.

Valve à disque basculant :

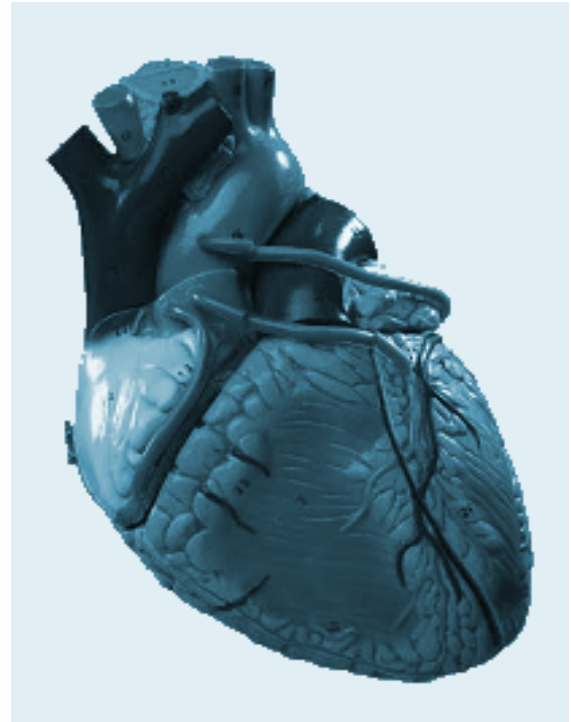
<http://cape.uwaterloo.ca/che100/projects/heart/files/convexo.jpg> Au milieu des années 1960, un nouveau modèle de valve mécanique fait son apparition, bien plus performante en termes de simulation du flux sanguin naturel. Cette nouvelle prothèse valvulaire contient des disques basculants qui flottent entre deux barres de sorte qu'elles s'ouvrent à l'arrivée du sang et se ferment au reflux. Ce concept présente des avantages et des inconvénients : Les disques basculants endommageaient moins les globules et ne nécessitaient donc plus la prise d'anticoagulants. Or il arrivait que les disques s'usent et doivent être remplacés. Les prothèses à bille étaient plus fiables.

Valve à doubles ailettes :

En 1979, une autre valve cardiaque mécanique fait son apparition : la valve à doubles ailettes constituée de deux ailettes en carbone semi-circulaires articulées sur des charnières minuscules. Cette prothèse est d'une grande fiabilité, mais comme elle ne se ferme pas complètement, elle cause un reflux sanguin. Elle représente toutefois le substitut mécanique le plus proche de la valve naturelle qui cause également à l'occasion un reflux sanguin. Ceci se produit notamment chez les personnes souffrant de régurgitation mitrale, une anomalie de la valve mitrale qui peut causer une gêne mais ne met pas en danger la vie du patient.

Valves biologiques

Une solution alternative aux valves mécaniques, les valves biologiques sont fabriquées à partir de tissu humain ou animal. Elles comportent souvent des pièces mécaniques aux fins de support structurel et d'assistance lors d'opérations chirurgicales.



Au cœur du sujet



Feuille de travail des élèves : Fonctionnement d'une valve

Etape 1 : Observez le robinet à tournant sphérique (ou valve à bille) qui vous a été remis afin d'observer comment la bille tourne pour limiter le flux des fluides.

Questions :

1. Qu'avez-vous remarqué à l'intérieur à propos de la bille lorsque vous faisiez tourner la poignée ? Quel serait l'impact sur l'écoulement d'un liquide ?
2. Quels sont, selon vous, les avantages présentés par ce type de valve ?
3. Dans quelles applications pensez-vous que ce type de valve puisse être utilisé ?
4. Quelle valve semble la mieux adaptée pour contrôler le flux d'eau douce ? D'eaux usées ? Pourquoi ?

Etape 2 : En équipe, assemblez un système de mini-valve pour eau courante, à l'aide du matériel qui vous a été remis. Cette activité peut se faire dans un évier ou dehors. Assemblez la valve fournie aux tuyaux et répondez aux questions ci-dessous. Vous disposez normalement d'un robinet-vanne, de deux tuyaux de différentes longueurs, de deux bouchons de tuyau flexible, d'un bouchon de culasse, d'eau et d'un entonnoir. Dans un premier temps, rattachez chaque extrémité du robinet-vanne à un tuyau de 19 mm. Tournez le robinet-vanne afin d'empêcher que l'eau s'écoule, puis ajoutez de l'eau à une extrémité et tournez graduellement le robinet-vanne de manière à ce qu'une goutte d'eau ou deux uniquement puisse s'écouler par l'autre bout du tuyau. Essayez ensuite différentes combinaisons d'assemblage en observant la capacité d'écoulement de l'eau.



Questions :

1. Pouvez-vous entièrement empêcher l'eau de couler ? Si oui, pourquoi ?
2. Que se passe-t-il si vous mettez un bouchon au bout d'un tuyau ? Si les deux tuyaux sont complètement remplis d'eau, pouvez-vous fermer le robinet-vanne ?
3. Que se passe-t-il si vous mettez deux bouchons ? Est-ce que la pression change ? Pourquoi ou pourquoi pas ?



Au cœur du sujet



Feuille de travail des élèves : Fonctionnement des valves (suite)

4. En quoi le fonctionnement du robinet-vanne diffère-t-il de celui du robinet à tournant sphérique ?

5. Selon vous, quel type de valve contrôlerait mieux l'écoulement de l'eau, s'il en est ? Pourquoi ?

6. Quel type de valve contrôlerait mieux le flux du sang ? Pourquoi ?

Etape 3 :

Maintenant que vous avez testé les valves et appris les atouts et inconvénients des trois grandes catégories de valves cardiaques mécaniques, travaillez en équipe pour concevoir un concept amélioré de future prothèse cardiaque mécanique. Joignez un dessin ou un croquis de votre pièce reconçue et répondez aux questions ci-dessous :

| Quel aspect des prothèses mécaniques actuelles avez-vous choisi d'améliorer ? Pourquoi ? | Quels matériaux ou pièces éliminerez-vous ou ajouterez-vous ? | Comment ce nouveau concept résoudra-t'il le défaut que vous avez identifié ? | Quel sera, selon vous, l'impact de votre nouveau concept sur la société ? Pourquoi ? |
|--|---|--|--|
| | | | |

4. Présentez à la classe votre proposition, y compris les croquis.