

Copie de conservation et de diffusion, disponible en format électronique sur le serveur WEB du CDC :
URL = <http://www.cdc.qc.ca/parea/710437-robotaille-conception-circulation-sang-maisonnette-PAREA-1996.pdf>
Rapport PAREA, Collège de Maisonneuve, 1996.
note de numérisation: les pages blanches ont été enlevées.

*** SVP partager l'URL du document plutôt que de transmettre le PDF ***

LES CONCEPTIONS DE LA CIRCULATION DU SANG

Rapport de recherche
Janvier 1996

produit par

Jean-Marc Robitaille.

Cette recherche a été subventionnée par le ministère de l'Éducation dans le cadre du Programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage.

Le contenu du présent rapport n'engage que la responsabilité du collège Maisonneuve et de l'auteur Monsieur Jean-Marc Robitaille.

LES CONCEPTIONS DE LA CIRCULATION DU SANG

Rapport de recherche
Janvier 1996

produit par

Jean-Marc Robitaille.

Cette recherche a été subventionnée par le ministère de l'Éducation dans le cadre du Programme d'aide à la recherche sur l'enseignement et l'apprentissage.

Le contenu du présent rapport n'engage que la responsabilité du collège Maisonneuve et de l'auteur Monsieur Jean-Marc Robitaille.



30000007104361

71-7907

710437 EX 2

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 1996
Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Canada,
ISBN 2-920820 -22-2.

On peut obtenir des exemplaires supplémentaires du présent rapport de recherche auprès de la Direction des études du collège Maisonneuve.

Table des matières

1. Introduction.....	p 2
2. Les objectifs du projet.....	p 2
3. Le cadre conceptuel	p 2
3.1. Les conceptions de la circulation sanguine.....	p 4
3.1.1. Les concepts fondamentaux.....	p 6
3.1.2. Les conceptions portant sur les concepts fondamentaux.....	p 6
3.2. Les niveaux de formulation de la circulation sanguine.....	p 10
3.2.1. Premier niveau de formulation.....	p 11
3.2.2. Deuxième niveau de formulation.....	p 13
3.2.3. Troisième niveau de formulation	p 15
4. La méthodologie.....	p 18
4.1. L'analyse conceptuelle de la circulation du sang.....	p 18
4.1.1. La démarche	p 18
4.1.2. La sélection des experts	p 19
4.1.3. La grille d'analyse des experts.....	p 19
4.2. Les entrevues des étudiants	p 19
4.2.1. La démarche	p 20
4.2.2. La sélection des étudiants interviewés.	p 20
4.3. Le questionnaire.....	p 21
4.3.1. La démarche	p 21
4.3.2. L'élaboration des questions.....	p 21
4.3.3. Administration des prétests	p 22
4.3.4. L'administration du questionnaire.....	p 23
5. Les Résultats.....	p 23
5.1. Description de l'échantillon	p 23
5.2. Présentation et analyse des résultats.....	p 26
5.2.1. Les phénomènes associés à la circulation	p 27
5.2.2. Organisation et rôle de la circulation.....	p 28
5.2.3. Le métabolisme et les échanges.....	p 36
5.2.4. Contrôle de la circulation.....	p 41
5.3. Les conceptions et les niveaux de formulation.....	p 49
5.3.1. Le premier niveau de formulation	p 50
5.3.2. Le deuxième niveau de formulation.	p 53
5.3.3. Le troisième niveau de formulation.....	p 56
6. La conclusion	p 59
7. Les références bibliographiques.....	p 61

Résumé

Avant même de commencer un cours sur la circulation sanguine, les étudiants possèdent des conceptions sur le sujet. Les préconceptions influencent l'apprentissage et peuvent constituer un obstacle. Afin de connaître ces préconceptions nous avons distribué, au cours de l'automne 1995, un questionnaire à des étudiants de l'ordre collégial, inscrits à un programme d'études en Sciences et en Techniques de la santé dans six collèges de la région de Montréal.

Nous avons analysé les réponses de 704 étudiants. Nous avons relevé chez les étudiants de notre échantillon des préconceptions portant sur l'organisation et la dynamique du système circulatoire. Ces conceptions divergent de celles que partagent les experts.

Pour l'ensemble des étudiants de notre échantillon, la principale divergence porte sur la dynamique de la circulation. Elle repose, pour les étudiants, sur la satisfaction de besoins locaux et à court terme, sans égard aux répercussions ailleurs dans le système. Cette conception révèle une approche analytique locale et séquentielle qui ne tient pas compte de la rétroaction propre à un circuit.

Nous observons aussi que la fréquence de certaines conceptions peut être deux ou trois fois plus élevée chez les étudiants d'un programme particulier. C'est le cas entre autres en ce qui a trait à l'organisation du système circulatoire que l'on conçoit différemment selon que l'on appartient au groupe de Sciences pures ou à l'un des autres groupes. C'est le cas également en ce qui concerne la fonction du coeur et son rôle dans la circulation, le contrôle de l'apport sanguin aux organes, la relation entre la pression et le déplacement du sang.

Nous constatons que la divergence entre les conceptions que partagent les experts et celles des étudiants est plus fréquente chez ceux qui sont inscrits à un programme du secteur de la Santé que chez ceux de Sciences pures. Cette divergence concerne l'organisation du système et l'importance du coeur dans l'hémodynamique.

1. Introduction

Ce rapport fait état de la démarche et des résultats obtenus dans le cadre d'une recherche sur les conceptions de la circulation sanguine, menée auprès des étudiants de l'ordre collégial. Nous définirons d'abord l'objectif du projet et le cadre conceptuel dans lequel s'inscrit notre recherche. Par la suite, nous décrirons notre méthodologie et les résultats obtenus. Enfin, nous présenterons une analyse dans laquelle nous évaluons l'impact de certaines conceptions sur l'apprentissage de l'hémodynamique.

2. Les objectifs du projet

Le but du projet de recherche est de fournir à l'enseignant un outil de travail lui permettant de planifier une intervention qui s'appuie sur les conceptions de l'étudiant. Notre étude produira un inventaire des conceptions reliées à la circulation, et une analyse visant à identifier les conceptions susceptibles de constituer un obstacle à l'apprentissage de la dynamique de la circulation.

3. Le cadre conceptuel

La représentation, un concept importé de la psychologie, est sans doute celui qui a connu le plus de succès en didactique des sciences au cours des dernières années. L'idée de représentation d'un concept est issue des travaux de Bachelard, Piaget, Bruner, Ausubel et d'autres qui ont mis de l'avant l'existence d'un « déjà là » conceptuel qui interfère avec tout apprentissage.

Le mot "représentation" est progressivement remplacé par les chercheurs par le mot "conception (ou préconception)" qui met l'accent sur le fait qu'il s'agit d'un ensemble d'images, de modèles présents chez l'apprenant avant même qu'une activité pédagogique ne débute. L'émergence des conceptions fait apparaître des erreurs conceptuelles et une structure cognitive alternative, bien ancrée dans le vécu de l'étudiant (Feldsine, 1987; Griffith, 1988).

Quelles sont les caractéristiques d'une conception ?

Giordan et de Vecchi (1990) décrivent le concept de la façon suivante: c'est d'abord une idée sous-jacente à l'expression d'un étudiant. C'est aussi un modèle explicatif organisé, simple et cohérent. Une conception est en rapport avec le niveau de connaissances et l'histoire d'un étudiant. Une conception dépend du contexte socioculturel dans lequel elle est émise. Une conception est personnelle. Une même conception peut se retrouver chez d'autres étudiants et elle peut évoluer.

Les conceptions ne sont pas modifiées par les interventions pédagogiques habituelles et se retrouvent associées à une très grande variété de concepts dans plusieurs domaines scientifiques.

Une conception peut empêcher ou limiter l'acquisition du savoir. Une conception erronée peut exister dans un cadre conceptuel adéquat. Une conception erronée est généralement spécifique et localisée; elle porte sur la relation entre deux concepts (Feldsine, 1987).

Depuis quelques années la littérature foisonne de rapports de recherche portant sur l'identification, l'explication et la résolution des difficultés d'apprentissage des concepts scientifiques. Ces difficultés ont été décrites de diverses manières. Fisher (1983) parle de "misconceptions", Driver et Easley (1978) parlent d'un cadre conceptuel alternatif, "alternative frameworks", Mc Closkey (1983) parle de croyances intuitives "intuitive beliefs", Anderson et Smith (1983) parlent de préconceptions, Viennot (1979) parle de raisonnement spontané "spontaneous reasoning", Osborne, Bell et Gilbert (1983) parlent de "children's science".

Même s'il est faux sur le plan scientifique, ce savoir naïf sert de système d'explication efficace et fonctionnel pour l'étudiant. Le défi est donc d'assurer un véritable apprentissage, celui qui produit des transformations durables des conceptions de l'étudiant. Un concept scientifique enseigné ne sera véritablement intégré que s'il est ancré dans le système conceptuel de l'apprenant (Gilbert, Osborne et Fensham, 1982).

Linn (1986) suggère que le savoir d'un étudiant inclut non seulement ses conceptions intuitives mais aussi les aspects qui pour lui sont fondamentaux ou

accessoires. Cet auteur considère que le centre d'une conception (hard-core ideas) correspond à ce que l'étudiant n'abandonne pas même lorsqu'il fait face à une situation qui vient en contradiction avec ses idées. En périphérie, (protective belt of ideas) se trouvent les idées que l'étudiant est prêt à abandonner pour protéger le coeur de sa conception.

Les recherches en didactique portant sur les contenus de biologie, physique, chimie ou mathématique ont montré l'écart important qu'il y a entre les concepts formels que possèdent les étudiants et les conceptions qu'ils utilisent pour résoudre un problème ou expliquer un phénomène (Osborne, Bell et Gilbert, 1986). Ces recherches montrent une grande variété de conceptions, leur persistance et la coexistence de plusieurs systèmes parallèles mobilisés selon les cas.

3.1. Les conceptions de la circulation sanguine

Notons particulièrement l'étude d'Arnaudin et Mintzes (1985) portant sur les conceptions de la circulation sanguine. Selon les auteurs, moins de 20 % des étudiants d'un niveau correspondant à l'ordre collégial au Québec considèrent que la circulation sanguine se fait en circuit fermé. De plus, il n'y a pas de différence dans le patron des réponses des étudiants malgré les niveaux scolaires très différents. Les résultats de cette étude suggèrent que 80 % des étudiants ont adopté une autre conception de la circulation sanguine que celle d'un circuit fermé et qu'ils ont conservé cette vision alternative au fil des ans, malgré l'enseignement reçu. Ces résultats soulignent l'inefficacité des interventions pédagogiques pratiquées à tous les niveaux pour favoriser l'acquisition du concept de circuit fermé pour expliquer la dynamique de la circulation sanguine. L'organisation du système circulatoire en un circuit fermé est un concept général d'un niveau hiérarchique très élevé dans le réseau conceptuel de la dynamique circulatoire (Heinze-Fry et Novak, 1990). Les recherches antérieures ont permis d'établir que les conceptions identifiées dans un domaine se retrouvaient chez les étudiants du même âge de pays différents (Shipstone et al. 1988).

Dans le domaine biomédical, Feltovich et al. (1989) font état de conceptions erronées quant à la relation structure-fonction d'un coeur malade. Ces conceptions erronées portent sur la reconnaissance des causes d'une maladie. Elles se traduisent par une tendance à réduire à une séquence simple d'événements isolés, un problème biomédical très complexe. Patel et al. (1991) ont trouvé que les étudiants sont souvent

incapables de concevoir la circulation cardio-pulmonaire comme un système fermé dans lequel un événement localisé a des effets dans toutes les autres régions du système.

Kaufman, Patel et Magder (1992) font état de deux conceptions erronées reliées à la dynamique de la circulation sanguine. La première concerne la relation entre la pression et le débit sanguins. Selon cette conception une augmentation de pression augmente le volume et le débit. Pour le sujet qui possède cette conception, le coeur est le seul déterminant du débit sanguin et le système veineux n'intervient que passivement dans le transport du sang. La seconde conception erronée consiste à confondre la compliance et la résistance des veines. Ces deux paramètres sont déterminants pour comprendre le retour du sang vers le coeur (retour veineux: volume de sang qui rejoint les oreillettes du coeur par minute). Bien que ces deux paramètres soient liés quant à leur effet sur le retour veineux, ils sont physiologiquement indépendants. Un sujet qui possède cette conception considère que les veines emmagasinent le sang et par conséquent une augmentation de leur résistance diminue leur capacité d'entreposage ce qui accroît le retour veineux vers le coeur. En fait, les vaisseaux responsables de l'entreposage du sang sont les veinules, qui se situent avant les veines dans le segment responsable du retour veineux. Ainsi, une augmentation de la résistance des veines réduira le retour veineux.

De façon générale la relation structure-fonction pour différents éléments du système circulatoire est plus rarement l'objet de conceptions erronées tenaces que les phénomènes physiologiques abstraits associés au débit cardiaque et à la dynamique du circuit sanguin. (Arnaudin et Mintzes , 1985; Feltovich et al., 1989). Arnaudin et Mintzes (1985) suggèrent que pour dépasser l'obstacle conceptuel d'une circulation fermée, la restructuration portera sur la compréhension de la dynamique des capillaires et de l'équilibre osmotique, de la nature du milieu extracellulaire et des besoins métaboliques de la cellule.

Ces auteurs suggèrent l'établissement d'un lien entre les phénomènes qui se déroulent au niveau cellulaire, microscopique, et le fonctionnement d'un organe, au niveau macroscopique. Pour développer ce lien entre les phénomènes microscopiques et macroscopiques, il est nécessaire d'identifier un ensemble de concepts fondamentaux susceptibles de favoriser cet apprentissage.

3.1.1. Les concepts fondamentaux.

La difficulté d'apprentissage du concept d'une circulation en circuit fermé rapportée par Arnaudin et Mintzes (1985) peut être reliée à des problèmes d'apprentissage plus profonds concernant des concepts fondamentaux. Les auteurs identifient les concepts suivants: les besoins métaboliques des cellules, la composition du sang, les phénomènes de diffusion et d'osmose, la structure des capillaires sanguins, les compartiments extra et intracellulaires. Ils proposent de procéder d'abord à l'observation de la diffusion de métabolites chez un unicellulaire comme l'amibe. Ensuite ils exposent le problème que pose la satisfaction des besoins métaboliques chez un pluricellulaire pour démontrer la nécessité de doter ces organismes d'un système de transport. De là ils abordent l'organisation des réseaux capillaires et le mouvement des fluides entre les compartiments extra et intracellulaires (Glynn, Yeany et Britton, 1991).

Bien que nous soyons en accord avec la liste des concepts fondamentaux proposée par Arnaudin et Mintzes, elle nous paraît incomplète. En effet, les concepts retenus sont reliés à la fonction de distribution des nutriments du sang mais ne permettent pas de comprendre la dynamique de la circulation en circuit fermé et la nécessité d'un recyclage du sang. Nous suggérons d'unir le rôle nutritif du sang et la dynamique de la circulation sous le concept d'homéostasie. Selon ce concept, le fonctionnement de l'organisme dépend du maintien d'un équilibre dynamique de la concentration des nutriments et des déchets et le débit sanguin dans les organes.

Ainsi la dynamique de la circulation repose sur l'ajustement du débit sanguin aux besoins métaboliques de l'ensemble des organes. Le débit sanguin est proportionnel au rapport entre la différence de pression sanguine et la résistance à l'écoulement dans les vaisseaux sanguins. La dynamique de la circulation permet de maintenir l'équilibre des échanges entre les capillaires et le compartiment cellulaire, où les nutriments métabolisés produisent une accumulation de déchets.

3.1.2. Les conceptions portant sur les concepts fondamentaux

Nous examinerons dans les prochains paragraphes les difficultés d'apprentissage dont font état plusieurs auteurs, au sujet de certains concepts fondamentaux associés à l'apprentissage de la dynamique de la circulation sanguine.

La diffusion. Dans une recherche portant sur le concept de diffusion auprès de 300 étudiants du secondaire et du collégial, Westbrooke et Marek (1991) rapportent qu'aucun des sujets ne présente une compréhension acceptable de la diffusion.

«In a complete understanding, students' responses parallel a theoretical scientific view of the concept : random movement of molecules from areas of high concentration to areas of low concentration. A sound understanding: the student' response is complete but not molecular in nature. The response is concrete rather than theoretical. No attempt is made to identify the molecular interactions and no incorrect information is given.» (p 652)

Le phénomène de la diffusion est observable concrètement lorsque l'on place une teinture dans l'eau, mais pour comprendre le mécanisme de la diffusion au niveau moléculaire, il faut faire appel à un raisonnement hypothético-déductif. De plus les auteurs constatent que le manque de compréhension des concepts de solution et de densité nuit à la compréhension de la diffusion.

L'osmose. Les échanges entre les compartiments du milieu interne de l'organisme impliquent un déplacement continu de l'eau corporelle. La dynamique de ces échanges dépend en partie du phénomène d'osmose.

Friedler, Amir et Tamir (1987) ont procédé à une étude exhaustive des conceptions de l'osmose. Leur recherche a été menée auprès de 500 étudiants du niveau secondaire. Ils rapportent les observations suivantes.

- 1) L'explication la plus fréquente fournie pour l'osmose implique le désir et la pulsion d'égaliser les concentrations.
- 2) Très peu d'étudiants utilisent le concept de " concentration en eau".
- 3) La plupart des étudiants ne réalisent pas que dans le cas d'équilibre osmotique, les molécules d'eau continuent de se déplacer.
- 4) Les étudiants manifestent beaucoup de difficulté à comprendre les relations soluté-solvant et quantité-concentration.

5) Plusieurs étudiants exécutent les expériences de laboratoire sans vraiment comprendre les principes sous-jacents.

L'homéostasie. Finley, Stewart, et Yarrock (1982) rapportent que les enseignants considèrent le concept d'homéostasie comme étant difficile à comprendre par les étudiants du secondaire. Simpson et Marek (1988) confirment cette opinion; sur cent étudiants de dixième année interrogés sur l'homéostasie, aucun ne peut fournir une explication adéquate du concept. Les mécanismes qui permettent à l'organisme de maintenir l'équilibre de son milieu interne impliquent la compréhension des relations entre les nombreux systèmes impliqués. Ce type de concept est qualifié de "formel" selon Lawson et Renner (1975). Par ailleurs, plusieurs des étudiants du secondaire n'ont pas atteint le stade de la pensée formelle et leur apprentissage se fait mieux lorsqu'ils peuvent manipuler des objets. (Cantu et Herron, 1978; Lawson, Abraham et Renner, 1989).

Dans une étude portant sur la compréhension de l'homéostasie à différents âges, Westbrook et Marek (1992) rapportent que moins de 10 % des étudiants qui n'ont pas atteint le stade de la pensée formelle présentent une compréhension partielle du concept. Par ailleurs, au niveau collégial, 27 % de ceux qui ont atteint ce stade manifestent une compréhension adéquate de l'homéostasie.

La réaction chimique. Le concept de métabolisme cellulaire est fondamental pour la compréhension de la fonction nutritive du sang. Ce concept est lié à celui de la réaction chimique. Hesse et Anderson (1992) ont fait une étude portant sur les conceptions des étudiants du secondaire au sujet du concept de la réaction chimique. Ils rapportent que la majorité des étudiants n'invoquent pas la théorie atomique dans leur explication du phénomène, ils ne peuvent prédire ou expliquer les changements de masse associés à une réaction chimique; ils traitent les transformations chimiques comme un simple changement d'état physique.

Les étudiants éprouvent de la difficulté à expliquer le phénomène au niveau atomique et moléculaire à partir d'observations macroscopiques. Certains étudiants attribuent aux atomes et molécules des propriétés macroscopiques comme l'état de la matière ou la couleur. C'est ainsi que les molécules d'eau sont considérées comme liquides et incolores. Par ailleurs, Abraham, Grzybowski, Renner et Marek (1992) constatent que les jeunes étudiants du secondaire n'utilisent pas les concepts d'atome

et de molécule pour expliquer les phénomènes chimiques, bien que l'enseignement de la théorie atomique soit au coeur des cours de chimie de ce niveau de scolarité.

Nous croyons que les conceptions associées à la nature de la matière et à la transformation chimique peuvent nuire à la compréhension du métabolisme cellulaire.

Par ailleurs, plusieurs étudiants préfèrent des explications utilisant des analogies superficielles plutôt que les théories que proposent les chimistes. Ils expliquent souvent en reformulant de façon tautologique l'information dont ils disposent. - «the splint after burning weighs less because ash weighs less than wood» (p. 280, Hesse et Anderson, 1992)

Les circuits. Le concept de circuit est objet d'étude à plusieurs niveaux de scolarité dans les cours d'électricité. Les difficultés que rencontrent les étudiants à comprendre la dynamique des phénomènes électriques peuvent nous guider dans l'identification d'obstacles d'apprentissage liés à la circulation sanguine.

Lorsque qu'une modification survient en un point du circuit électrique, les étudiants n'arrivent pas à se représenter les changements simultanés qui affectent plusieurs éléments en amont et en aval du site où se produit la modification. Ils adoptent une approche locale et séquentielle dans leur analyse sans égard pour l'effet de rétroaction propre à un circuit (Eylon et Gabriel, 1990; Licht et Thijs, 1990; Dupin et Johsua, 1987; Gauld, 1988; Shipstone et al., 1988).

Eylon et Gabriel (1990) résument le processus d'analyse en trois composantes: les relations quantitatives qui traduisent le phénomène sous une forme algébrique, les relations qualitatives fonctionnelles qui établissent les liens entre les divers éléments du circuit, les relations macro-micro qui associent les observations macroscopiques aux mécanismes et modèles représentant le mouvement des particules et les forces impliquées.

L'absence de l'une ou l'autre des ces composantes, selon Eylon et Gabriel (1990) peut expliquer pourquoi certains étudiants ne peuvent concevoir un circuit électrique comme un système et être en mesure de comprendre les relations dynamiques qui existent entre les éléments.

De la même façon, l'apprentissage de la circulation sanguine suppose l'intégration de plusieurs concepts et la construction d'une représentation dynamique des relations entre ces concepts. Ces concepts par ailleurs ne peuvent être déduits facilement de l'observation des structures, ils demeurent abstraits et sont l'objet de conceptions erronées.

3.2. Les niveaux de formulation de la circulation sanguine.

La définition des niveaux de formulation proposée par le chercheur a été validée par des professeurs de biologie de l'ordre collégial et un professeur de la faculté de Médecine de l'Université de Montréal (voir sous la rubrique « La Méthodologie»).

«Une connaissance ne vient pas s'accumuler au-dessus ou à côté des autres, il y a intégration qui se fait le plus souvent par transformation au moins partielle des connaissances préexistantes». (Giordan et De Vecchi, 1990)

Par ailleurs, « tout ce qui devient un savoir utilisable » correspond à ce que l'étudiant peut réellement exprimer sur un concept. Il y a une variété d'énoncés possibles pour une même notion scientifique, en fonction des niveaux de scolarité et des problèmes étudiés. Les reformulations conceptuelles peuvent résulter d'une extension du cadre de référence (définir la respiration de manière à inclure tous les vivants) mais aussi de l'approfondissement du besoin d'explication (modélisation successives des circuits nerveux). La transformation progressive de la connaissance peut donc se traduire par des énoncés globaux qui font état d'un seuil atteint, d'une étape dans la construction d'un concept. Lorsqu'un niveau de formulation ne peut plus fournir la base d'un modèle explicatif, il est remis en cause. Il est englobé et constitue un cas particulier d'un cadre plus vaste.

L'application du concept de niveau de formulation à la dynamique circulatoire nous mène à proposer trois niveaux de formulation en fonction du cadre de référence utilisé. Ce cadre de référence ou champ de validité détermine l'extension et l'approfondissement du concept étudié et limite la portée de l'énoncé qui est produit.

Le champ de validité de départ est simple; c'est le domaine de la nutrition. Le sang est associé à l'apport de nutriments et à l'évacuation des déchets. Il faut pomper le sang et utiliser des vaisseaux pour faire parvenir à toutes les régions du corps. (premier niveau).

Ensuite on tient compte d'un nouveau paramètre, le temps. Les activités d'un organe varient dans le temps, ses besoins nutritifs changent. La dynamique circulatoire permet de s'ajuster à ces variations (deuxième niveau).

L'organisme survit dans la mesure où les besoins de toutes les cellules, qui varient dans le temps et dans l'espace, sont satisfaits en même temps Ceci est possible par l'intégration du contrôle de la dynamique circulatoire en réponse à différents stimuli simultanés (troisième niveau).

Les niveaux de formulation deviennent des objectifs d'apprentissage conceptuel. L'étudiant exprime sa connaissance d'un concept en passant par des étapes qui sont caractérisées par des niveaux de formulation successifs. En définissant au préalable les niveaux attendus pour un concept donné, il est possible d'identifier les concepts fondamentaux et périphériques qui servent de base à la construction par l'étudiant d'un énoncé correspondant à ces niveaux de formulation.

3.2.1. Premier niveau de formulation

Toutes les parties de l'organisme sont rejointes par le sang qui circule dans les vaisseaux sanguins où il est propulsé par les contractions du coeur. Le réseau des capillaires assure la circulation du sang à proximité des cellules, ce qui favorise les échanges entre le sang et les cellules. Les nutriments sanguins vont vers les cellules et les déchets cellulaires migrent vers le sang.

Le contenu correspondant à ce niveau

1. La circulation du sang se fait dans un circuit fermé. On distingue le circuit pulmonaire et le circuit systémique tous deux reliés par le cœur. Le circuit pulmonaire relie le ventricule droit à l'oreillette gauche, en passant par les poumons, et le circuit systémique relie le ventricule gauche à l'oreillette droite du cœur, en passant par tous les organes.

2. Le sang est propulsé par les ventricules du cœur et s'engage dans les artères qui l'acheminent vers les organes; les artérioles distribuent le sang vers les tissus de l'organe; les capillaires assurent les échanges nutritifs avec les cellules; les veinules accumulent le sang et les veines retournent le sang aux oreillettes.

3. Le sang des artères systémiques et des veines pulmonaires est riche en oxygène et pauvre en gaz carbonique. Le sang des veines systémiques et de l'artère pulmonaire est riche en gaz carbonique et pauvre en oxygène. Le sang transporte aussi des nutriments, des gaz, des ions et des déchets métaboliques.

4. Les gaz, les nutriments et les déchets sont transportés soit dans les globules rouges, soit dans le plasma. Ils passent du sang au liquide interstitiel et vice versa, par la diffusion à travers la paroi des capillaires, et atteignent les cellules en traversant la membrane plasmique. Les capillaires n'ont pas tous la même perméabilité.

5. L'eau et les solutés auxquels les parois capillaires sont perméables sont expulsés des capillaires dans les fentes situées à l'extrémité artérielle du lit mais retournent en majeure partie à la circulation à l'extrémité veineuse du lit. Les forces opposées de pression hydrostatique et de la pression osmotique déterminent la quantité qui traverse les parois capillaires et la direction de cette circulation.

6. La force propulsive nécessaire à la circulation du sang dans l'organisme est fournie par les différences de pression dans le système vasculaire. Le sang se déplace toujours des zones de haute pression vers les zones de basse pression.

7. La pression artérielle dans les artères élastiques est essentiellement liée à deux facteurs, soit leur élasticité et le volume de sang propulsé par le cœur. La pression artérielle varie : la pression artérielle systolique est atteinte lorsque le

ventricule gauche se contracte et expulse le sang dans l'aorte; la pression artérielle diastolique est obtenue lorsque le ventricule gauche est au repos.

La pression différentielle est la différence entre la pression systolique et la pression diastolique. Elle fait état de la force qui propulse le sang du coeur dans le système vasculaire.

8. Contrairement à la pression artérielle, la pression veineuse fluctue très peu au cours du cycle cardiaque. La très faible pression du réseau veineux résulte des effets cumulatifs de la résistance des vaisseaux (résistance périphérique) qui dissipe la majeure partie de l'énergie de la pression artérielle au cours de chaque tour de circuit.

9. La différence de pression sanguine entre l'entrée des veines et l'entrée des oreillettes assure le retour veineux. Deux phénomènes influencent le retour veineux: - la pompe respiratoire: à l'inspiration la compression des organes de l'abdomen par le diaphragme comprime les veines locales et la pression intrathoracique diminue; comme les valvules veineuses empêchent le reflux, le sang est chassé en direction du coeur,- la pompe musculaire: les contractions et les relâchements des muscles squelettiques entourant les veines profondes propulsent le sang vers le coeur, de valvule en valvule.

3.2.2. Deuxième niveau de formulation

L'activité métabolique d'un groupe de cellules de l'organisme modifie l'apport sanguin local par son action sur le degré de contraction des artéioles en amont, ce qui influe sur le volume de sang veineux, en aval; une diminution de la résistance entraîne une augmentation du débit cardiaque. La pression artérielle moyenne demeure constante.

Le contenu correspondant à ce niveau.

1. Les principaux facteurs agissant sur la pression artérielle sont le débit cardiaque, la résistance périphérique et le volume sanguin.

2. La relation entre ces facteurs est illustrée par l'équation suivante: Pression artérielle = Débit cardiaque X Résistance périphérique.

3. Le débit cardiaque est égal au volume systolique multiplié par la fréquence cardiaque; le volume sanguin influe sur le retour veineux et le débit systolique.

4. La résistance est la force qui s'oppose à l'écoulement du sang. Trois facteurs importants peuvent influencer sur la résistance: la viscosité du sang, la longueur et le diamètre des vaisseaux; les deux premiers sont généralement constants.

5. De très faibles variations du diamètre modifient considérablement la résistance et la pression artérielle, car la résistance est inversement proportionnelle au rayon des vaisseaux élevé à la puissance quatre. Par conséquent, si le rayon double, la résistance est divisée par 16.

6. L'autorégulation est l'adaptation automatique du débit sanguin aux besoins de chaque tissu. En général, des facteurs chimiques autant que physiques déterminent la réponse autorégulatrice finale d'un tissu.

7. Dans la plupart des tissus, la diminution de la concentration des nutriments et particulièrement d'oxygène est le principal «stimulus» de la vasodilatation. Dans l'encéphale, une augmentation localisée de la concentration de gaz carbonique (accompagnée par une diminution du pH) constitue un déclencheur encore plus puissant.

8. Les facteurs physiques locaux sont d'importants «stimulus» d'autorégulation. Le muscle lisse vasculaire réagit à l'étirement passif par une augmentation de son tonus, laquelle cause une vasoconstriction. Inversement, la diminution de l'étirement provoque une vasodilatation. Ces réactions aux variations de volume et de pression du sang pénétrant dans une artériole sont appelées réponses myogènes.

9. L'écoulement sanguin dans les capillaires est lent et régulier. Il est lié à l'ouverture et à la fermeture des sphincters précapillaires sous l'effet des mécanismes autorégulateurs locaux.

10. Globalement, la quantité de liquide qui sort du capillaire est plus grande que celle qui y retourne ce qui se solde par une perte de 1,5 ml/min. Les vaisseaux lymphatiques captent ce liquide et le renvoient dans le réseau veineux.

11. Le principal facteur de l'étirement du muscle cardiaque est la quantité de sang qui retourne au coeur par les veines (retour veineux), et qui distend ses ventricules (volume télédiastolique). La tension passive des parois qui se développe alors est la précharge ventriculaire, facteur déterminant du débit systolique.

3.2.3. Troisième niveau de formulation

La vie de l'organisme dépend de sa capacité de maintenir son homéostasie en contrôlant la circulation du sang de manière à maintenir la composition du milieu interne à l'intérieur de limites compatibles avec la survie de toutes les cellules.

Le contenu correspondant à ce niveau

La Régulation de la pression artérielle

1. Les caractéristiques de la pression artérielle permettent d'évaluer l'état de la dynamique de la circulation du sang.

2. Normalement, la pression artérielle systolique est maintenue autour de 120 mmHg et la pression diastolique autour de 80 mmHg. Si la pression systolique est inférieure à 100 mm Hg, il y a hypotension. Si les pressions systolique et diastolique se maintiennent à 140/90 mmHg, il y a hypertension.

3. Le contrôle de la pression artérielle se fait par des systèmes à rétroaction négative, nerveux et endocriniens. Une boucle de régulation comprend un récepteur, une voie afférente, un centre de contrôle, une voie efférente et un effecteur.

4. Les récepteurs qui détectent les variations de pression sont les barorécepteurs. Ils sont situés dans le sinus carotidien et dans le sinus de l'aorte, mais également dans presque toutes les grosses artères du cou et du thorax. Les barorécepteurs sont relativement inefficaces face aux changements de pression prolongés.

5. Les récepteurs qui réagissent à une diminution de la teneur en oxygène ou à la diminution du pH sont les chémorécepteurs. Lorsqu'ils sont stimulés, les chémorécepteurs de la crosse aortique et les corpuscules carotidiens transmettent des influx au centre vasomoteur, provoquant la vasoconstriction réflexe. Il s'ensuit une augmentation de la pression artérielle qui accélère le retour veineux au coeur puis aux poumons.

6. Des fibres nerveuses afférentes relient les récepteurs aux centres nerveux.

7. Les centres nerveux sont situés dans le bulbe rachidien: centre cardio-accélérateur, centre cardio-inhibiteur, centre vasomoteur. Le cortex cérébral et l'hypothalamus peuvent modifier la pression artérielle par l'intermédiaire des relais avec les centres du bulbe rachidien.

8. Des fibres nerveuses efférentes rejoignent les effecteurs: le coeur, les muscles lisses vasculaires et des glandes endocrines et exocrines.

9. Les systèmes de contrôle régularisent la pression artérielle en agissant sur le coeur et les vaisseaux sanguins; ils modifient le débit cardiaque et la résistance vasculaire en fonction des besoins changeants de l'ensemble des cellules de l'organisme.

A- Régulation du débit cardiaque

10. La Régulation du débit cardiaque se fait par le contrôle du débit systolique et de la fréquence des battements.

11. Au repos les centres cardio-accélérateur et cardio-inhibiteur envoient des influx au coeur, mais l'influence prédominante est l'inhibition. La fréquence cardiaque se situe autour de 72 battements à la minute.

12. L'adrénaline augmente la force de contraction et la fréquence cardiaque. La thyroxine cause une augmentation plus lente et plus durable de la fréquence cardiaque.

13. Les ions: l'hypocalcémie déprime l'activité cardiaque, l'hypercalcémie fait l'inverse. Un excès de sodium entrave la contraction, un excès de potassium peut mener au blocage et à l'arrêt cardiaques, alors que la carence affaiblit les battements du coeur.

14. Bien que le volume télé diastolique soit le principal facteur intrinsèque qui influe sur le débit systolique, des facteurs extrinsèques peuvent aussi l'augmenter en intensifiant la force de contraction du myocarde, sans pour autant faire varier le volume télé diastolique. C'est exactement ce que font le centre cardio-accélérateur, la noradrénaline et l'adrénaline.

15. Le volume télé diastolique dépend directement du volume sanguin dont la régulation se fait par les mécanismes rénaux. Les mécanismes rénaux sont les principales influences régulatrices durables à s'exercer sur la pression artérielle. Le mécanisme direct est lié à la modification du volume sanguin. Plus la pression est élevée plus les reins excrètent de l'eau, ce qui réduit la pression.

Le mécanisme indirect fait intervenir le système rénine-angiotensine déclenché par une baisse de pression. Il en résulte une réabsorption de sodium et d'eau qui tend à rétablir le volume de liquide sanguin.

B- Régulation vasculaire.

16. La régulation vasculaire se fait par un contrôle de la l'ouverture des vaisseaux. La vasoconstriction et la vasodilatation dépendent du degré de contraction du muscle lisse de la paroi des vaisseaux.

17. Les variations de concentrations d'oxygène et de gaz carbonique concourent à la régulation de la pression artérielle par l'intermédiaire de réflexes issus des chémorécepteurs.

4. La méthodologie

Stewart (1980) a fait une synthèse des méthodes utilisées pour étudier les conceptions. Cette recherche fait ressortir la très grande place que les chercheurs accordent à l'entrevue individuelle pour explorer les conceptions. L'étude montre aussi que les groupes de recherche ont modifié l'entrevue clinique de multiples façons, l'adaptant aux objectifs particuliers de leur projet.

Pour développer notre outil diagnostique nous utiliserons la méthode de Treagust (1988). Il propose une méthode servant au diagnostic des conceptions des étudiants dans un domaine particulier. Il a appliqué sa méthode à l'étude de trois concepts: la liaison covalente, la photosynthèse (y compris la respiration), le mouvement des planètes. L'auteur utilise l'entrevue pour identifier les conceptions des étudiants afin de les utiliser pour produire un questionnaire à choix multiples.

Il propose de réaliser d'abord une analyse du contenu du domaine à l'étude auprès d'experts et de procéder à une recension des écrits afin de préparer un guide d'entrevue initial.

4.1. L'analyse conceptuelle de la circulation du sang

Nous relatons dans les prochains paragraphes les étapes qui nous ont conduit à définir l'ensemble des concepts utilisés pour décrire la circulation sanguine.

4.1.1. La démarche

En premier lieu, nous avons préparé un document de travail, Les niveaux de formulation de la circulation sanguine. Ce document s'inspire des ouvrages suivants: *Anatomie et physiologie humaines* de Elaine N. Marieb (1993) et *Principes d'anatomie et de physiologie* de G.J. Tortora et S.R. Grabowski (1994), où sont définis les concepts fondamentaux de la circulation du sang. On y propose également un regroupement des concepts en niveaux de formulation (Giordan et De Vecchi, 1990).

Ensuite nous avons soumis ce document à des experts dont le rôle a été de commenter et de proposer des modifications au document préparé par le chercheur: Les niveaux de formulation de la circulation sanguine. Dans un premier temps, les

experts ont examiné le document à l'aide d'une grille d'analyse. Ils ont ensuite livré leurs commentaires dans une entrevue avec le chercheur.

Le document révisé a servi à définir les thèmes du guide préliminaire d'entrevue des étudiants.

4.1.2. La sélection des experts

Nous avons sollicité la collaboration de professeurs de biologie de l'ordre collégial et d'un professeur de l'ordre universitaire.

Pour l'ordre collégial la collaboration est venue de deux professeurs des cours 101-911 ou 101-921 (Montmorency), deux professeurs des cours 101-902 ou 101-903 (Maisonneuve, Vieux Montréal), deux professeurs des cours 101-301 ou 101-401 (Maisonneuve, Edouard-Montpetit). Ces professeurs ont plus de dix années d'expérience dans l'enseignement de la dynamique de la circulation sanguine. Leur expertise touche aussi bien les concepts à enseigner que les difficultés d'apprentissage des étudiants dans le domaine de la circulation du sang.

Nous avons fait appel à un professeur de l'ordre universitaire. L'expertise recherchée touche la description des concepts de la circulation, les champs d'application de ces concepts, et les niveaux de formulation.

4.1.3. La grille d'analyse des experts

Voici la grille d'analyse utilisée par les experts.

1. Les niveaux de formulation

- sont-ils pertinents pour le concept de dynamique circulatoire?
- correspondent-ils à des objectifs d'apprentissage pour votre clientèle?

2. Quels niveaux de formulation proposez-vous (si différents)?

3. Les énoncés du contenu décrivent-ils adéquatement les concepts à l'étude pour chacun des niveaux de formulation?

4. Quels sont les obstacles d'apprentissage conceptuel de la dynamique circulatoire que vous avez identifiés au fil des ans?

4.2. Les entrevues des étudiants

C'est à partir du cadre conceptuel de la circulation sanguine, défini plus haut, que nous avons construit un guide préliminaire d'entrevue.

4.2.1. La démarche

Le registrariat du collège de Maisonneuve a produit une liste de candidats répondant à nos critères de sélection.

Les entrevues ont été menées au cours des mois de février et mars 1995. Les participants ont été rémunérés. Dix-huit étudiants du collège de Maisonneuve ont accepté de collaborer. Chaque étudiant a participé à deux entrevues d'une durée moyenne de quarante minutes.

Le guide préliminaire d'entrevue prévoyait deux rencontres avec les participants. Au cours de la première rencontre les étudiants ont pu exprimer leur conception de la circulation du sang, en répondant à des questions ouvertes. Les conceptions exprimées ont été notées. Au cours de la seconde rencontre, le participant est invité à confirmer les réponses qu'il a déjà données et à expliquer de nouveaux phénomènes reliés à la circulation du sang.

Après avoir mené trente-six entrevues auprès de dix-huit participants, nous avons mis fin à la cueillette d'informations.

Toutes les entrevues ont été enregistrées sur bande sonore et transcrites par le chercheur.

Nous avons analysé ces transcriptions afin d'établir les grandes lignes du cadre conceptuel des étudiants. Cette synthèse nous servira à la construction d'un questionnaire sur les conceptions, qui sera administré à une population plus importante d'étudiants du collégial.

4.2.2. La sélection des étudiants interviewés.

Le Registrariat du collège de Maisonneuve a produit une liste d'étudiants en utilisant les critères que nous avons fournis.

- Un candidat à l'entrevue doit être un étudiant de première année du collégial qui n'a pas suivi de cours de biologie sur la circulation sanguine, c'est-à-dire aucun des cours suivants: 101-911, 101-921, 101-902, 101-903, 101-401, 101-999.

- Le candidat peut avoir suivi au secondaire soit Chimie 534, soit Physique 534 ou les deux cours ou aucun de ces deux cours.

- Une proportion égale de garçons et filles de 16 ou 17 ans ayant obtenu leur diplôme d'études secondaires en 1994.

- Une répartition équivalente d'étudiants forts, moyens et faibles selon la moyenne générale obtenue au secondaire.

- L'un ou l'autre des cours suivants:

un cours de physique 534 ou chimie 534

chimie 534 et physique 534, ni chimie 534, ni physique 534. Ces différents profils sont ceux qui donnent accès aux programmes d'études collégiales qui comportent l'étude de la circulation du sang.

4.3. Le questionnaire

Nous examinons maintenant les étapes qui ont mené à la production du questionnaire.

4.3.1. La démarche

Pour construire le questionnaire nous avons utilisé l'analyse conceptuelle établie à l'aide des experts et l'analyse des transcriptions des entrevues d'étudiants. Une fois les questions élaborées, deux professeurs de biologie ont vérifié les énoncés des questions.

4.3.2. L'élaboration des questions

Nous avons élaboré les questions en tentant de respecter la démarche que nous avons adoptée pour le déroulement des entrevues. Nous avons voulu favoriser la réflexion sur la dynamique circulatoire dès le départ, en proposant de choisir une analogie, et ensuite en explorant le circuit sanguin à l'aide d'une métaphore. Cette démarche a été bien accueillie au cours des entrevues. Elle a permis à plusieurs reprises d'amorcer la réflexion sur des thèmes moins familiers aux étudiants.

Les thèmes qui font l'objet des questions ont été déterminés à partir de l'analyse conceptuelle validée par les experts de la discipline. Les énoncés décrivant les concepts et leurs relations proviennent de l'analyse conceptuelle des experts et du cadre conceptuel issu des transcriptions d'entrevues.

L'ordre des questions respecte une progression propre à l'exploration des concepts fondamentaux de la dynamique circulatoire. Au départ, la circulation est examinée sous l'aspect de sa relation avec les autres systèmes et organes du corps humain. Ensuite nous explorons les organes de la circulation, leur fonctions et leur dynamique. La dernière phase porte sur l'implication de la dynamique circulatoire dans le déroulement de phénomènes familiers aux étudiants.

Nous avons utilisé quatre types de questions: les questions ouvertes, semi-ouvertes, fermées à choix multiple et à échelle nominale en cinq points, incluant le «Je ne sais pas»

Première échelle: Très improbable, assez improbable, assez probable, très probable.

Deuxième échelle: Très en désaccord, assez en désaccord, assez en accord, très en accord.

4.3.3. Administration des prétests

Les étudiants qui ont participé aux entrevues ont été invités, par téléphone ou par courrier, à répondre au questionnaire et à compléter une grille d'évaluation des questions. Les documents ont été postés à leur domicile et ont été rapportés au chercheur deux semaines plus tard. L'évaluation portait sur le choix du vocabulaire, la clarté des schémas, la pertinence des échelles, la difficulté des questions, l'ordre des questions, le temps requis pour répondre. Une première version du questionnaire a été soumise à trois étudiants du groupe de participants aux entrevues. Un second prétest a été construit et examiné par deux experts en mesure et évaluation, Jean-Guy Blais de l'Université de Montréal et Philippe Ricard du Bureau d'Études socio-graphiques inc.

Les résultats de cette évaluation ont permis d'apporter les correctifs avant la distribution du questionnaire.

4.3.4. L'administration du questionnaire

À partir des données statistiques pour l'année 1994, fournies par le SRAM, nous avons pu établir le nombre de nouveaux inscrits pour les principaux collèges de la région de Montréal. Nous avons également identifié les collèges qui offrent les programmes de Soins Infirmiers, Sciences de la Nature et Techniques de la Santé. Ces différents programmes comportent des cours de biologie qui font place à l'étude de la circulation du sang.

Nous avons sollicité et obtenu la collaboration des collèges suivants pour notre étude: Maisonneuve, Vieux-Montréal, Montmorency, Bois-de-Boulogne, Edouard-Montpetit et Ahuntsic.

Nous avons pris contact avec le responsable de la coordination de biologie de chacun des collèges pour organiser la distribution du questionnaire par les professeurs des cours concernés par l'étude. Nous avons rencontré des groupes de professeurs afin d'expliquer les modalités et leur avons remis des consignes précises quant à la manière d'administrer le questionnaire. Certains professeurs ont refusé d'administrer le questionnaire.

Les questionnaires ont été distribués par chacun des collaborateurs aux étudiants de sa classe. Les étudiants ont répondu au questionnaire en dehors des heures de cours et devaient le rapporter à leur professeur. Les questionnaires ont été récupérés deux ou trois semaines après leur distribution.

Les réponses ont été codifiées et les données transcrites sur des fichiers informatiques pour fin de traitement. Les données ont été traitées à l'aide du logiciel statistique SPSS.

5. Les Résultats

Nous présentons dans les paragraphes suivants les résultats de notre recherche, assortis d'une analyse préliminaire.

5.1. Description de l'échantillon

Nous avons retenu 704 questionnaires pour fins d'analyse. Nous avons rejeté 66 des 770 questionnaires parce que les étudiants n'ont pas répondu à toutes les questions.

La distribution des répondants selon l'âge indique une forte domination du groupe 17-18 ans.

Tableau 1. L'âge des étudiants de l'échantillon

Âge	Frequency	Percent	Valid Percent	Cum Percent
16	9	1,3	1,4	1,4
17	284	40,3	43,0	44,3
18	219	31,1	33,1	77,5
19	70	9,9	10,6	88,0
20	22	3,1	3,3	91,4
21	13	1,8	2,0	93,3
22	11	1,6	1,7	95,0
23	6	,9	,9	95,9
24	4	,6	,6	96,5
25	4	,6	,6	97,1
26	2	,3	,3	97,4
27	2	,3	,3	97,7
28	3	,4	,5	98,2
29	4	,6	,6	98,8
30	2	,3	,3	99,1
34	1	,1	,2	99,2
35	1	,1	,2	99,4
36	1	,1	,2	99,5
37	1	,1	,2	99,7
38	1	,1	,2	99,8
41	1	,1	,2	100,0
,	43	6,1	Missing	
Total	704	100,0	100,0	

Les étudiants qui ont répondu sont inscrits dans l'un des quatre groupes suivants. Le programme «Autres» regroupe tous les étudiants inscrits dans un programme de Techniques de la santé, à l'exclusion du programme de Soins Infirmiers (voir le tableau détaillé).

Tableau 2. Le programme auquel sont inscrits les étudiants

Programme auquel vous êtes inscrit

	Value	Frequency	Percent	Valid Percent	Cum Percent
Sc.SantÈ	1	334	47,4	47,4	47,4
Sc.Pures	2	152	21,6	21,6	69,0
Soins Infirm.	3	95	13,5	13,5	82,5
Autres	4	123	17,5	17,5	100,0
		-----	-----	-----	
Total		704	100,0	100,0	

Tableau 3. Tableau détaillé des inscriptions

	Value	Frequency	Percent	Valid Percent	Cum Percent
SC. SANTE	1	334	47,4	47,5	47,5
S. INFIRM.	2	95	13,5	13,5	61,0
T. ELECTOPHYS.	3	6	,9	,9	61,9
T. DENTAIRE	4	1	,1	,1	62,0
T. HYG. DENT.	5	26	3,7	3,7	65,7
T. DIETETIQUE	6	46	6,5	6,5	72,3
T. MED. NUCL.	9	4	,6	,6	72,8
T. RADIOTHER.	10	2	,3	,3	73,1
T. ORTHESES	11	14	2,0	2,0	75,1
T. CHIMIE-BIO	12	1	,1	,1	75,2
T. READAPT.	13	22	3,1	3,1	78,4
SC. PURES	14	152	21,6	21,6	100,0
,		1	,1	Missing	
Total		704	100,0	100,0	

Dans notre échantillon, les jeunes filles sont deux fois plus nombreuses que les jeunes hommes.

Tableau 4. La distribution des étudiants de l'échantillon selon le sexe

	Value	Frequency	Percent	Valid Percent	Cum Percent
MASCULIN	1	217	30,8	31,5	31,5
FEMININ	2	471	66,9	68,5	100,0
,		16	2,3	Missing	
Total		704	100,0	100,0	

Les jeunes filles constituent près de 90% de la clientèle des programmes de Soins Infirmiers et des autres techniques de la santé. Dans le programme de Sciences de la santé elles représentent 70% de la population, et 36 % en Sciences pures.

La majorité des répondants (72%) sont en première année au moment du sondage à l'automne 1995. Un autre groupe d'étudiants, soit 23,7% de l'échantillon, sont à leur

deuxième année (automne 1994). Ce groupe est constitué d'étudiants de Sciences de la Santé et de Sciences pures.

Tableau 5. La session au cours de laquelle les étudiants se sont inscrits

	Value	Frequency	Percent	Valid Percent	Cum Percent
AUT93	1	11	1,6	1,6	1,6
JANV94	2	4	,6	,6	2,2
AUT94	3	164	23,3	23,7	25,8
JANV95	4	10	1,4	1,4	27,3
AUT95	5	498	70,7	71,9	99,1
AUTRE	6	6	,9	,9	100,0
	,	11	1,6	Missing	
		-----	-----	-----	
Total		704	100,0	100,0	

La formation scientifique en chimie 534 et en physique 534 est obligatoire ou fortement recommandée de sorte que près de 90% des étudiants ont suivi ces deux cours.

Tableau 6. Les cours de sciences suivis et réussis au secondaire

	Sciences Santé	Sciences Pures	Soins infirmiers	Autres	Total
Biologie 534 - oui	124 (40,9%)	40 (29,2%)	32 (40,5%)	28 (28,0%)	224 (36,2%)
Biologie 534- non	179 (59,1%)	97 (70,8%)	47 (59,5%)	72 (72,0%)	395 (63,8%)
Chimie 534 -oui	318 (98,1%)	145 (97,3%)	62 (68,9%)	94 (91,0%)	619 (91,2%)
Chimie 534 -non	6 (1,9%)	4 (2,7%)	28 (31,1%)	22 (19,0%)	60 (8,8%)
Physique 534- oui	318 (98,1%)	143 (97,3%)	57 (63,3%)	83 (71,6%)	601 (88,8%)
Physique 534- oui	6 (1,9%)	4 (2,7%)	33 (36,6%)	33 (28,4%)	76 (11,2%)

5.2. Présentation et analyse des résultats

Nous avons choisi de regrouper les réponses au questionnaire autour d'un certain nombre de thèmes, ce qui facilitera la présentation et l'analyse des résultats.

Au début du questionnaire, on demande à l'étudiant de choisir un réseau qui, selon lui, ressemble à la circulation sanguine et d'expliquer son choix. La ressemblance entre la circulation et d'autres réseaux connus des étudiants sert de point d'appui. Elle permet d'amorcer la réflexion sur la représentation de la circulation.

Tableau 7. Le choix d'une métaphore

La circulation ressemble à...	Fréquences	%
Réseau de cours d'eau	131	18,7
Réseau routier	102	14,6
Réseau téléphonique	36	5,2
Distribution d'aliments et collecte de déchets	330	47,2
Réseau de tuyaux	91	13,0

Le rôle de distribution alimentaire et de collecte de déchets retient l'attention de près de la moitié des répondants. L'autre moitié s'intéresse davantage à la structure physique du réseau. On compare le coeur à un réservoir, les vaisseaux sanguins à des cours d'eau, des routes et des tuyaux. On compare le sang à de l'eau ou à des véhicules.

Le choix du « cours d'eau » est plus populaire auprès des étudiants des Techniques de la santé (29,5%). Celui du « réseau routier » retient l'attention de 24,5% des étudiants de Soins infirmiers. Les étudiants de Sciences pures adoptent « le réseau de distribution alimentaire et collecte de déchets » à 55,6%.

5.2.1. Les phénomènes associés à la circulation

Nous avons voulu connaître par cette question quels sont les phénomènes connus qui nous permettent de rejoindre les étudiants au début d'une démarche d'apprentissage.

Tableau 8. Les phénomènes associés à la circulation sanguine

	en accord %	très en accord %
L'évanouissement.	32,9	57,3
Le rougissement	24,1	68,3
La prise de médicaments	24,9	40,0
La transpiration	22,8	24,2
L'insolation (coup de soleil)	8,3	8,4

L'association du rougissement et de l'évanouissement à la circulation fait presque l'unanimité. Le rougissement c'est l'abondance de sang tandis que l'évanouissement s'exprime par la pâleur, la privation de sang à la tête.

Par ailleurs, on constate que seulement 65% des répondants relie la prise de médicaments à la circulation sanguine. Soulignons que moins de 40% des étudiants considèrent que le tube digestif permet à la circulation de jouer son rôle. Cette proportion grimpe à 60% lorsque l'on met en cause spécifiquement le renouvellement du sang.

Près de la moitié des répondants (47%) reconnaissent un lien entre la circulation et la transpiration et 16% entre la circulation et l'insolation. Précisons dès maintenant que 80% des répondants ne peuvent concevoir que la peau soit reliée à la circulation.

5.2.2. Organisation et rôle de la circulation

5.2.2.1. Le système circulatoire

Environ, 90% des étudiants de notre échantillon conçoivent qu'il est probable ou très probable que la circulation se fasse dans un système de vaisseaux ramifiés. Le sang «emprunte un vaisseau principal qui se divise en plus petits vaisseaux pour atteindre chaque organe».

Par ailleurs, 15% des étudiants de Soins infirmiers et Techniques de la santé estiment que le sang emprunte le même chemin pour aller et revenir au coeur. Notons également que 28% des répondants intègrent correctement la petite circulation (coeur-poumons-coeur) au trajet suivi par le sang.

Lorsqu'on invite les étudiants à suivre le trajet du sang partant du bout du doigt jusqu'au coeur, près de 50% d'entre eux passent par les poumons ou d'autres organes avant de rejoindre le coeur. En repartant du coeur vers le gros orteil, 71% estiment que le sang passe par les poumons ou d'autres organes avant d'atteindre sa destination. Cette proportion passe à 97% pour les étudiants de Techniques de la santé.

Cette tendance se confirme puisque 68 % des répondants estiment qu'il est probable ou très probable que «le sang parte du coeur et passe par chacun des organes avant de revenir au coeur».

Nous avons demandé aux étudiants de schématiser le système circulatoire en reliant le coeur et cinq organes disposés tout autour. Voici un tableau qui présente les résultats.

Tableau 9. L'organisation du système circulatoire

Système circulatoire	Sc. Santé %	Sc pures %	S. infirmiers %	Tech. santé %	Total %
1 voie sans circuit	14,4	9,9	18,0	18,6	14,7
1 voie avec circuit	49,0	42,6	53,9	61,0	50,5
2 voies	36,6	47,5	28,1	20,3	34,9

Dans l'ensemble, les répondants ont produit un système à une seule voie en décrivant un circuit qui relie les organes (50,5%). Les étudiants de Techniques de la santé affichent cette conception de façon plus nette. C'est dans une proportion de 61% qu'ils ont construit un circuit qui passe par plusieurs organes.

Il faut noter également qu'environ 15% des répondants ont construit un système circulatoire dans lequel les organes sont reliés au coeur par une seule voie. Ce type d'organisation est deux fois plus fréquent chez les étudiants de Soins infirmiers et des Techniques de la santé que chez ceux de Sciences pures.

Près du tiers des étudiants (34,9%) ont produit un système à deux voies. Environ 20% d'entre eux ajoutent des liaisons directes entre les organes.

Les étudiants de Science pures se démarquent en affichant une fréquence de 47,5% pour l'organisation à deux voies. Cette fréquence est plus du double de celle qu'affichent les étudiants des Techniques de la santé, qui se situe à 20,3%.

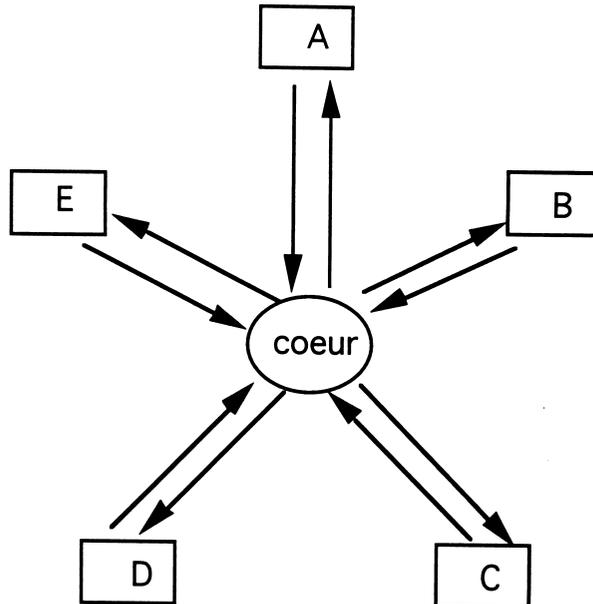
Ainsi, selon les résultats que nous fournit cet exercice, la conception selon laquelle il existe un lien direct entre les organes se retrouve chez 58% des étudiants de notre échantillon.

Nous observons que près de 65% des répondants ont produit les trois mêmes représentations de la circulation. Ces trois représentations illustrent les trois types d'organisation du système circulatoire observés (voir le tableau ci-haut).

En effet, nous avons remarqué que 28,6% des étudiants de l'échantillon ont produit le schéma suivant.

Figure 1. L'organisation du système circulatoire en parallèle

Système «en parallèle»

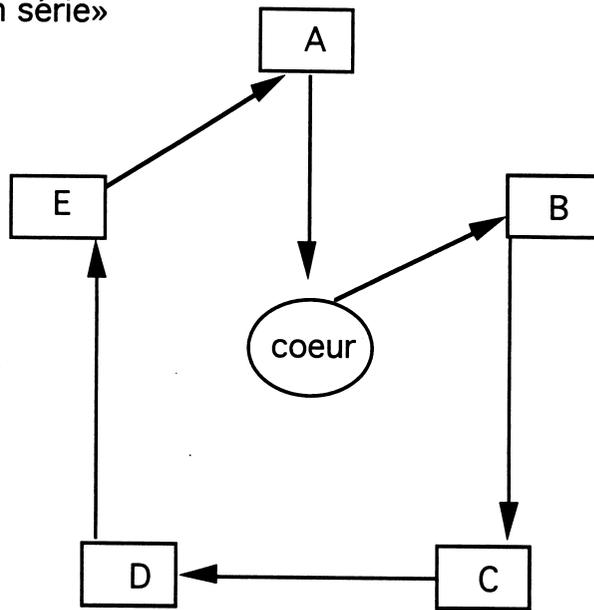


Le système « en parallèle» propose deux voies qui relient le coeur à chaque organe. Le sang part du coeur par une voie et revient par l'autre.

Nous avons noté également que 25,6% des étudiants de l'échantillon illustrent la circulation de la façon suivante.

Figure 2. L'organisation du système circulatoire en série

Circuit «en série»

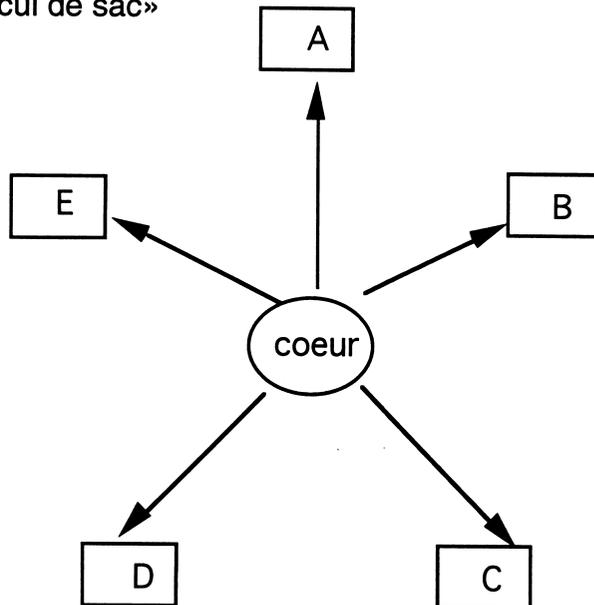


Le circuit «en série » comporte un trajet à sens unique qui origine du coeur et aboutit au coeur. Le sang part du coeur se rend à un premier organe, puis au suivant. Il fait le tour de tous les organes avant de revenir au coeur.

Enfin, environ 10% des répondants ont opté pour un système «cul de sac» où le sang part du coeur et se dirige vers les organes, sans revenir au coeur.

Figure 3. L'organisation du système circulatoire en cul de sac

Systeme «cul de sac»



Nous avons regroupé les étudiants en fonction des trois types de systèmes circulatoires. Nous avons examiné leurs réponses au sujet du débit cardiaque, de la pression sanguine, du métabolisme et du contrôle de la circulation. Nous n'avons observé aucune corrélation significative entre les réponses.

5.2.2.2. Organes associés à la circulation

Le tableau ci-dessous montre dans quelles proportions les étudiants de notre échantillon estiment que les différents organes proposés sont associés à la circulation sanguine.

Tableau 10. Les organes associés à la circulations sanguine

ORGANES	OUI (%)	NON (%)
COEUR	99,4	0,6
VAISSEAUX	98	2,0
POUMONS	71,7	28,3
REINS	65,5	34,5
TUBE DIGESTIF	37,5	62,5
PEAU	19,7	80,3
CERVEAU	54,8	45,2

Les répondants attribuent au coeur un rôle de pompe dans une proportion de 97% et aux vaisseaux, celui de transporter le sang dans tout l'organisme.

Plus de la moitié des étudiants accordent au coeur la capacité de décider d'augmenter la circulation lors d'une course par exemple. 52% considèrent qu'il est probable ou très probable que le coeur prenne cette décision et près de 60% sont en accord ou très en accord avec l'idée qu'il détecte les besoins de sang des organes et augmente son pompage.

Les étudiants de Sciences de la santé et de Sciences pures considèrent que les poumons jouent un rôle dans la circulation à plus de 75%. Pour ceux de Soins infirmiers et des Techniques de la santé la proportion est de 59,6% et 64,8% respectivement.

Ceux qui considèrent les poumons comme un organe associé à la circulation leur confient le rôle d'oxygénation du sang (48,8%), d'épuration (9%) et d'échanges gazeux (32%). Plus de 85% des répondants accordent aux poumons un rôle de renouvellement du sang.

Par ailleurs, lors d'une course, plus de 80% de ceux qui associent les poumons à la circulation considèrent que les mouvements respiratoires d'inspiration et d'expiration accélèrent les battements cardiaques. Chez les étudiants de Soins infirmiers et de Techniques de la santé cette conception atteint plus de 90%. Ceux de Sciences pures appuient cette idée à 70%.

Près des deux tiers des étudiants associent les reins à la circulation du sang. Ils leur attribuent le rôle d'épuration du sang. Par contre seulement 37,5% des répondants établissent un lien entre le tube digestif et la circulation du sang. Le tube digestif pour 80% d'entre eux fournit les aliments au sang.

La peau n'est pas associée à la circulation sanguine pour la vaste majorité des étudiants 80,3%. Ceux qui reconnaissent un rôle à la peau font état de la protection des vaisseaux, de l'élimination de déchets et du contrôle de la température corporelle. Plus de 65% d'entre eux associent la transpiration à la circulation mais environ 25% associent le phénomène de l'insolation (coup de soleil) à la circulation.

De prime abord le cerveau n'est pas associé à la circulation d'une façon très nette, car 54,8% des étudiants reconnaissent cette relation. Cette proportion atteint près de 66% pour les étudiants en Soins infirmiers. La moitié de ceux qui accordent au cerveau une fonction dans la circulation mentionnent le contrôle général de tous les organes. L'autre moitié fait état du contrôle de la circulation, touchant d'abord le rythme cardiaque. Toutefois, lors d'une course, plus de 92% des répondants considèrent que le cerveau prend la décision d'augmenter la circulation. Ceux qui n'ont pas associé le cerveau à la circulation reconnaissent à 70% qu'il est probable ou très probable que le cerveau prenne une telle décision.

5.2.2.3. Les vaisseaux

La conception d'un réseau vasculaire ramifié prévaut dans notre échantillon. Lorsque l'on étudie la relation entre le réseau vasculaire et l'apport sanguin aux organes, on observe que la taille des vaisseaux aussi bien que leur nombre sont jugés responsables de la quantité de sang apportée aux organes. C'est l'opinion de 75% de ceux qui conçoivent un réseau vasculaire ramifié.

Tableau 11. La répartition des vaisseaux dans l'organisme

	Probable (%)	Très probable (%)
Plus nombreux en périphérie	18,0	64,5
Plus petits en périphérie	15,9	70,3
À l'intérieur des organes	27,5	45,7

La vascularisation partout à l'intérieur de l'organe ne fait pas l'unanimité. Ceux qui jugent cette répartition probable ou très probable, estiment aussi que la vascularisation pourrait être limitée à la surface interne de l'organe (20%). C'est aussi l'opinion de plus de 40% de ceux qui jugent cette répartition improbable ou très improbable.

Tableau 12. Les propriétés de la paroi des vaisseaux

	Probable (%)	Très probable (%)
Contient des petits vaisseaux	27,5	28,2
paroi est étanche	30,6	30,4
paroi sert à propulser le sang	26,0	22,3
paroi des petits vaisseaux est perméable	28,3	49,3

Les étudiants qui jugent probable ou très probable que la paroi est étanche considèrent toutefois que dans un organe les produits sanguins et ceux de l'organe traversent la paroi des petits vaisseaux. C'est l'opinion d'environ 70% d'entre eux.

5.2.2.4. Le coeur

Une vaste majorité d'étudiants considèrent que le coeur pompe le sang et conçoivent que sa paroi s'étire et se contracte.

Tableau 13. Les propriétés du coeur

	Probable (%)	Très probable (%)
Cavités remplies de sang	16,4	70,4
S'étire sous la pression	17,1	67,2
Se contracte	7,2	90,5

5.2.3. Le métabolisme et les échanges

La fonction nutritive du sang est reliée aux besoins métaboliques des organes. La circulation du sang doit pouvoir s'adapter au métabolisme et dans certains cas, le métabolisme s'adapte à une insuffisance circulatoire.

Tableau 14. Le métabolisme et les échanges des organes

Les organes...	Probable (%)	Très probable (%)
absorbent les éléments du sang selon ses besoins	24,0	72,0
choisissent activement ce qu'ils absorbent	36,1	48,0
se nourrissent tous des mêmes produits	13,7	6,8
utilisent le contenu du sang pour leur propre construction	29,2	55,7
utilisent l'oxygène et les produits nutritifs pour produire l'énergie	18,3	78,0
produisent des déchets toxiques	21,9	57,8
accumulent des produits nutritifs	26,1	52,4

96% des répondants pensent qu'un organe absorbe les éléments du sang selon ses besoins. Environ 80% des étudiants de notre échantillon estiment qu'il est improbable ou peu probable que « les organes se nourrissent tous des mêmes produits »

Près de 85% des répondants estiment qu'il est probable ou très probable que les organes choisissent activement ce qu'ils absorbent. 75% des étudiants de ce groupe jugent improbable ou très improbable que les organes se nourrissent tous des mêmes produits.

Ces étudiants conçoivent que les organes font une sélection active des nutriments dont ils ont besoin. Cette conception s'appuie sur l'idée que les besoins ne sont pas les mêmes pour tous les organes.

Le phénomène des échanges entre le sang et l'organe est d'abord relié à la perméabilité de la paroi des petits vaisseaux.

Tableau 15. Les échanges entre le sang et les organes

	Probable (%)	Très probable (%)
Les produits du sang et des organes traversent la paroi des petits vaisseaux	28,3	49,3
Le sang laisse les produits nutritifs et prend les déchets.	18,5	66,8

Toutefois, une autre conception recueille l'assentiment de 48% des étudiants. C'est dans cette proportion qu'ils jugent probable ou très probable que « le sang des petits vaisseaux se déverse dans l'organe».

Ces résultats font voir l'organe comme une entité autonome. Une telle conception se concrétise dans l'analyse suivante: il y a spécialisation des tâches, ce qui définit des besoins particuliers et entraîne une absorption active et sélective des nutriments.

5.2.3.1. Organes associés au renouvellement du sang

Avant de considérer le renouvellement du sang, voyons ce que pensent les étudiants de son contenu.

Tableau 16. Le contenu du sang

Le sang contient....	Probable (%)	Très probable (%)
L'oxygène	2,7	95,3
Produits nutritifs	8,2	87,3
Gaz carbonique	7,5	80,1
Résidus de nourriture	10,9	28,1
Débris d'usure	20,6	29,6
Cellules	11,1	72,1

Examinons maintenant comment ils conçoivent l'intervention de certains organes dans le renouvellement du sang.

Tableau 17. Les organes qui assurent le renouvellement du contenu sanguin

ORGANES	Probable (%)	Très probable (%)
COEUR	65,2	8,7
POUMONS	11	78,1
REINS	15,7	67,1
TUBE DIGESTIF	15,8	41,6
PEAU	10,4	9,6
CERVEAU	17,7	23,7

La conception qui prévaut quant au renouvellement du sang accorde une importance plus grande aux poumons, ensuite aux reins, au coeur et finalement au tube digestif.

Près de 90% des répondants attribuent aux poumons un rôle de renouvellement du sang. Presque la moitié des étudiants limitent ce rôle à l'oxygénation du sang (48,8%). Moins du tiers des répondants mentionnent les échanges gazeux (32%).

Par ailleurs, moins de 60% des répondants considèrent que le tube digestif intervient dans le renouvellement du sang. Pourtant plus de 95% des répondants placent dans le sang des produits nutritifs.

Près de 75% des étudiants considèrent que le coeur intervient dans le renouvellement du sang. Cette considération atteint 80% chez les étudiants en Soins infirmiers et plus de 85% chez ceux de Techniques de la santé.

Pour la majorité des répondants, le coeur domine la circulation sanguine. En plus d'assurer le déplacement du sang il contribue à son renouvellement.

Tableau 18. Les fonctions de la paroi du coeur.

	Probable (%)	Très probable (%)
Contient des vaisseaux sanguins	15,2	68,5
Nettoie le sang	9,4	20,9
Oxygénise le sang	8,6	21,5
Enrichit le sang	11,6	17,1

Plus de 30% des répondants jugent probable ou très probable que la paroi du coeur nettoie, oxygénise et enrichisse le sang.

L'idée que le coeur «traite» le sang est particulièrement répandue chez les étudiants de Soins infirmiers et Techniques de la santé. On la retrouve chez plus de 40 % d'entre eux, alors qu'elle recueille l'appui de moins de 20% des étudiants de Sciences pures.

5.2.3.2. L'apport sanguin aux organes (au repos)

Sur quels facteurs la distribution du sang aux organes repose-t-elle?

Tableau 19. La distribution du sang aux organes, au repos

Les organes reçoivent...	Accord (%)	Très en accord (%)
tous une même quantité de sang	13,4	5,6
quantité de sang déterminée par la taille des vaisseaux	51,6	19,9
quantité de sang déterminée par le nombre des vaisseaux	50,7	22,5
quantité de sang déterminée par la fonction de l'organe	36,8	50,7

Moins de 20% des répondants estiment que les organes reçoivent tous la même quantité de sang. Parmi les facteurs proposés pour déterminer l'apport sanguin d'un organe c'est la fonction de l'organe qui se révèle le plus important.

93% des répondants qui sont en désaccord ou très en désaccord avec un apport sanguin égal à tous les organes, sont très en accord avec l'importance de la fonction de l'organe à cet égard.

5.2.3.3. L'apport sanguin et l'augmentation d'activité

Quels sont les modifications qui sont associées à la circulation du sang lorsqu'il y a une augmentation de l'activité d'un organe?

Tableau 20. Les modifications qu'apporte une augmentation d'activité de l'organe

L'accroissement de l'activité de l'organe...	Probable (%)	Très probable (%)
si les besoins augmentent, les vaisseaux se dilatent	33,0	38,9
modifie l'ouverture des vaisseaux	34,2	41,2
augmente localement la vitesse du sang	30,4	48,4
augmente localement la quantité de sang	29,6	49,1
modifie le contenu du sang	30,3	51,7
paroi se dilate selon l'augmentation de l'activité de l'organe	32,9	38,7

Ces données suggèrent qu'entre 20 % et 25% des répondants ne conçoivent pas que l'ouverture des vaisseaux puisse être modifiée en fonction du niveau d'activité. Il en est de même pour le sang dont ni la quantité, ni la vitesse, ni le contenu ne sont modifiés par l'augmentation d'activité d'un organe.

La vasodilatation associée à l'augmentation de l'activité recueille l'appui de plus de 70% des répondants. Ces étudiants conçoivent que les vaisseaux sanguins sont des conduits dont la paroi est élastique. Cette dilatation est reliée à l'augmentation de la quantité de sang qui afflue vers l'organe en activité.

Par ailleurs, plus de 95% de ceux qui associent la vasodilatation à l'augmentation des besoins d'un organe considèrent probable ou très probable que l'organe absorbe les éléments du sang également selon ses besoins.

Entre 80% (probable) et 85%(très probable) de ces répondants conçoivent que l'organe choisit activement ce qu'il absorbe. Ils sont en désaccord (75%) ou très en désaccord (78%) avec la suggestion que tous les organes, au repos, reçoivent la même quantité de sang. Environ 90% d'entre eux sont en accord ou très en accord pour dire que c'est la fonction de l'organe qui détermine son apport sanguin, au repos.

D'autre part, lors d'une course, c'est dans une proportion de 65% à 75% qu'ils conçoivent que la circulation sanguine dans les jambes est facilitée par une variation

du diamètre des vaisseaux sanguins. La majorité d'entre eux (55%) considèrent qu'il est probable ou très probable que chaque organe puisse décider lui-même d'augmenter la circulation sanguine.

5.2.4. Contrôle de la circulation

Nous avons regroupé sous ce titre les réponses qui concernent le débit cardiaque, l'apport sanguin aux organes en activité, les centres de décision et la pression sanguine.

5.2.4.1. Le débit cardiaque

Tableau 21. Les paramètres de la fonction cardiaque

	Probable (%)	Très probable (%)
Nombre de battements augmente	1,7	97,9
Nombre de battements diminue	2,6	96,2
Volume de sang par battement augmente	17,9	59,9
Volume de sang par battement diminue	18,5	59,2
La force de propulsion augmente	20,1	64,9
La force de propulsion diminue	19,9	64,4

Les répondants conçoivent que les battements cardiaques puissent augmenter et diminuer. Près de 85% des répondants estiment qu'il est probable ou très probable que la force de contraction cardiaque puisse augmenter et diminuer. Par ailleurs, près de 80% des étudiants jugent probable ou très probable que le volume de sang déplacé à chaque battement puisse varier.

Le volume de sang pompé par le coeur est-il constant?

Tableau 22. Les facteurs qui influencent la quantité de sang pompée par le coeur

La quantité de sang pompée par le coeur...	Probable (%)	Très probable (%)
toujours la même	20,9	15,7
dépend de la quantité qui revient au coeur	36,6	25,9
dépend de l'élasticité de la paroi	32,9	32,9
dépend de l'élasticité des vaisseaux qui reçoivent le sang après le coeur	32,5	24,9
dépend de l'épaisseur du sang	31,7	23,7

Plus du tiers des répondants estiment que le volume de sang pompé par le coeur est toujours le même. Près de 70% des étudiants considèrent probable ou très probable que la quantité de sang pompée par le coeur dépende de la quantité de sang qui revient au coeur et de l'élasticité de la paroi cardiaque. Plus de 60% estiment qu'il est probable ou très probable que l'élasticité des vaisseaux qui reçoivent le sang influence la quantité de sang pompée par le coeur. Il en est de même pour la viscosité du sang.

Par ailleurs, la majorité de ceux qui estiment que l'élasticité des vaisseaux est un facteur qui influence la quantité de sang pompée par le coeur, conçoivent que la paroi des vaisseaux joue un rôle dans la propulsion du sang (environ 55%).

Nous reviendrons sur ces sujets dans le cadre de l'analyse des réponses à un problème d'application. Nous constaterons alors que les étudiants ne sont pas en mesure d'utiliser ces conceptions dans leur analyse d'une situation. Toutefois il est intéressant de constater que pour plusieurs étudiants la relation cardio-vasculaire est tout à fait concevable.

5.2.4.2. Le contrôle de l'apport sanguin

Dans le contexte d'une activité physique comme la course, comment l'apport sanguin aux jambes est-il contrôlé?

Tableau 23. Les réactions à une augmentation de l'activité physique

	Accord (%)	Très en accord (%)
Cerveau détecte les besoins nutritifs des jambes	33,9	41,9
Coeur détecte les besoins de sang et augmente son pompage	28,8	29,2
Muscles attirent plus de sang	34,0	27,6
Vaisseaux détournent le sang vers les jambes	37,4	27,2
Mouvements respiratoires accélèrent le coeur	27,0	54,1
Sang réagit et se dirige vers les organes dans le besoin	25,3	27,8

Parmi tous les énoncés proposés sur le contrôle de la circulation lors d'une course, celui qui suggère que les mouvements respiratoires entraînent l'accélération du coeur recueille l'appui le plus large soit 81%.

La détection des besoins se fait par le cerveau (76%) et par le coeur (58%). L'apport sanguin est dirigé par l'attraction exercée par les muscles (62%), la réaction des vaisseaux sanguins (64%) et la réaction du sang (53%).

Plus de 75% des étudiants de Techniques de la santé estiment que l'apport sanguin provient de l'attraction des muscles sur le sang.

5.2.4.3. Le centre de décision

Qui prend la décision d'augmenter la circulation?

Tableau 24. Les organes associés au contrôle de la circulation

	Accord (%)	Très en accord (%)
Cerveau	26,9	55,6
Coeur	25,9	25,9
Chaque organe	33,9	18,8
Sang	7,8	4,6

Le cerveau est reconnu comme le centre de décision en ce qui concerne l'augmentation de la circulation par plus de 80% des répondants. Ceux qui le considéraient responsable de la détection des besoins des jambes (très en accord) supportent le rôle de décideur au même niveau et dans une proportion de 96%.

Malgré cela, 50 % des répondants sont en accord ou très en accord pour attribuer au coeur un rôle de décideur dans le contrôle de la circulation. Il en est de même pour un organe dont les besoins augmentent.

5.2.4.4. La pression sanguine

Nous examinons la relation entre la pression sanguine et le volume de sang déplacé d'abord dans un conduit et ensuite dans le système circulatoire.

5.2.4.4.1. Dans un vaisseau sanguin

Dans le questionnaire nous avons représenté trois vaisseaux sanguins de même taille. Nous avons inscrit deux valeurs de pression différentes pour chacun des vaisseaux. Nous avons pris soin de maintenir une même différence entre la pression la plus forte et la plus faible.

Tableau 25. La pression et le déplacement du sang

	Accord (%)	Très en accord (%)
La circulation se fait de la valeur de pression la plus forte vers la plus faible	24,9	57,1
Plus de sang se déplace si la pression est plus élevée	24,5	22,4
Une quantité égale de sang se déplace si la différence de pression entre deux régions est égale	17,5	10,8

82% des répondants sont en accord ou très en accord avec la proposition que le sang se déplace d'une région où la pression est élevée vers une région où elle est plus faible. Par contre seulement 28 % des répondants considèrent que la différence de pression détermine la quantité de sang qui sera déplacée entre les deux régions.

Environ 30% de ceux qui sont très en accord avec l'idée que le sang se déplace dans le sens de la haute pression vers la basse pression considèrent que le volume de sang déplacé dépend de cette différence de pression.

70% des étudiants de Soins infirmiers considèrent que «plus de sang se déplace si la pression est plus élevée».

Pour la majorité des étudiants, le coeur décide de la quantité de sang à envoyer. La différence de pression devient la conséquence et non la cause du déplacement du sang. Les vaisseaux sanguins ne font que transporter le sang, ils ne servent pas au contrôle de la pression sanguine.

5.2.4.4.2. Dans le système circulatoire

Près de 60% des répondants estiment qu'il est probable ou très probable que la pression soit plus forte entre le coeur et les organes et diminue ensuite sur le chemin du retour (53%).

Cependant 40% des étudiants de notre échantillon considèrent que la pression est la même à l'aller et au retour.

Tableau 26. Le niveau de pression dans le système circulatoire

La pression sanguine	Probable (%)	Très probable (%)
Est plus forte en allant du coeur aux organes	21,2	35,8
Est la même à l'aller et au retour	22,1	17,9
Augmente à mesure qu'on s'approche d'un organe	16,0	4,9
Diminue après le passage dans les petits vaisseaux	32,2	20,9

Dans un circuit fermé où le sang se déplace dans le sens A-B-C-D, quel est l'effet sur la pression d'une vasoconstriction au point B?

Tableau 27. Le niveau de pression dans un circuit fermé après vasoconstriction

Circuit fermé: A-B-C-D... La pression....	Vasoconstriction en B
Augmente en A et diminue en C	47,3
Augmente en A et en C	16,8
Égale en A et augmente en C	9,3

Dans un circuit fermé, une augmentation de la résistance sous la forme d'un rétrécissement vasculaire affecte l'ensemble du circuit et la pression augmentera partout, donc en A et en C. 16,8% des répondants ont choisi cette interprétation. La proportion atteint 25,4% pour les étudiants des Techniques de la santé.

Près de la moitié des répondants adoptent une autre interprétation selon laquelle la pression augmentera en amont de B et diminuera en aval de B. Si le volume de sang s'accumule avant le rétrécissement alors la pression augmente à cet

endroit. Au-delà du rétrécissement, il y a un manque de sang, le volume est réduit alors la pression baisse.

Ces étudiants interprètent la situation comme si le trajet était linéaire plutôt que circulaire. Ils estiment également que le sens de l'écoulement est indépendant de la résistance. Ils analysent la situation comme si le déséquilibre que produit le rétrécissement avait une durée limitée et une portée locale plutôt que systémique.

Cette interprétation est celle de 51,1% des étudiants de Sciences de la santé et de 54,1% des étudiants de Sciences pures.

Environ 15% des étudiants estiment que la pression en A ne changera pas. Ils considèrent que le rétrécissement n'aura d'effet que plus loin sur le trajet. La moitié d'entre eux prévoient une hausse de pression, l'autre une baisse de pression en C. Ils ne conçoivent pas un effet à rebours; le sens de l'écoulement sanguin est invariable.

Dans un circuit fermé où le sang se déplace dans le sens A-B-C-D, quel est l'effet sur la pression d'une vasodilatation au point B?

Tableau 28. Le niveau de pression dans un circuit fermé après vasodilatation

Circuit fermé: A-B-C-D... La pression....	Vasodilatation en B
diminue en A et augmente en C	25,4
diminue en A et en C	20,4
est égale en A et augmente en C	15,5
est égale en A et diminue en C	10,9
est égale en A et en C	11,7

Dans un circuit fermé, une diminution de la résistance sous la forme d'une dilatation vasculaire affecte l'ensemble du circuit et la pression diminuera partout. 20,4% des répondants ont choisi cette interprétation.

82% de ceux qui ont choisi cette interprétation ont fait un choix équivalent pour le problème impliquant la vasoconstriction en B.

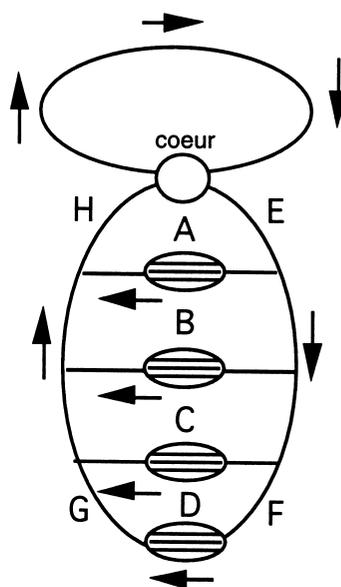
50% de ceux qui ont choisi dans le problème sur la vasoconstriction une augmentation de pression en A et une diminution en C jugent que la dilatation en B se traduira par une diminution de pression en A et une augmentation en C.

La dilatation permet au sang provenant de A de s'accumuler en B, alors la pression diminue en A. Le sang accumulé en B poursuit sa course vers C d'où l'augmentation de pression à cet endroit. Ces étudiants considèrent que le déplacement du volume sanguin est orienté vers C. ils ne conçoivent pas que la dilatation en B puisse produire un déplacement du sang de C vers B aussi bien que de A vers B.

Un autre groupe (16%) estime que la pression ne change pas en A mais qu'elle augmente en C. Ils jugent que la pression provient d'un accroissement de l'apport sanguin en C. La dilatation en B permet d'accumuler du sang qui, en atteignant le point C, fait augmenter la pression. Ces étudiants considèrent que le déplacement du sang se fait dans un sens prédéterminé indépendant de la différence de pression entre deux points du réseau.

Enfin 11% des répondants ne prévoient aucune variation de pression ni en A ni en B.

Figure 4. Un schéma de la circulation sanguine.



Si je dilate le vaisseau à l'entrée de l'organe B

Tableau 29. Les effets dans le système circulatoire d'une vasoconstriction locale

	Accord (%)	Très en accord (%)
Cela facilite la circulation à cet endroit	46,1	44,4
il y aura un effet sur les organes situés en aval du circuit	35,4	19,0
il y aura un effet sur la pression artérielle	36,8	16,6
il y aura un effet sur le cœur	45,3	27,7
Il y aura vasoconstriction à l'entrée des autres organes	28,7	13,4
il y aura augmentation du retour veineux	32,7	17,4

Plus de 90% des répondants sont d'avis que la dilatation du vaisseau en B aura un effet local. Un peu plus de 50% des étudiants estiment qu'il y a une répercussion sur les organes situés en aval et sur la pression artérielle.

Alors que 70% des répondants prévoient un effet sur le cœur qui devra pomper plus de sang, environ 40% estiment qu'il y aura une vasoconstriction à l'entrée des autres organes, et 50% que le retour veineux augmentera.

Ainsi, même si on fournit aux étudiants un schéma adéquat de l'organisation du système circulatoire, il leur est difficile de concevoir qu'une modification en un point du circuit aura des répercussions ailleurs, sauf en ce qui concerne le coeur.

5.2.4.5. La perte de sang

Tableau 30. Les effets d'une perte de sang sur le système circulatoire

Lors d'une hémorragie au niveau de l'organe D	Accord (%)	Très en accord (%)
Le coeur envoie plus de sang pour réparer le vaisseau	24,9	20,9
Le coeur diminue la circulation en D pour réduire la perte de sang	28,0	20,8
Les vaisseaux se rétrécissent en D pour faire dévier le sang ailleurs	44,3	24,5
Le coeur pompera plus pour compenser la perte de sang	34,1	28,3
Les autres organes ne sont pas affectés	11,9	7,0

Dans un problème d'hémorragie, près de 70% des étudiants pensent que la vasoconstriction sert à faire dévier le sang pour réduire la perte. La vasoconstriction dans cette situation recueille un appui presque deux fois plus important que dans la situation précédente où on examine les effets d'une vasodilatation locale sur l'ensemble du circuit sanguin.

Les étudiants estiment, semble-t-il, que la perte de sang est une mesure d'urgence qui justifie la redistribution du sang. Ils ne conçoivent pas que le contrôle de l'ouverture des vaisseaux serve normalement à distribuer le sang ou à régulariser la pression artérielle.

Ils estiment, dans une proportion de 62%, que le coeur pompera plus pour compenser la perte de sang qui, pour plus de 80% des répondants, affecte l'ensemble des organes.

5.3. Les conceptions et les niveaux de formulation

Au début de notre démarche, nous avons défini trois niveaux de formulation de la circulation sanguine que nous avons soumis à un groupe d'experts en biologie. Nous avons également interviewé dix-huit étudiants au sujet de leur conception de la circulation sanguine.

Nous nous proposons d'utiliser comme grille d'analyse les niveaux de formulation et les concepts qui leur sont associés. Nous avons l'intention d'identifier les conceptions qui constituent les principaux obstacles à l'apprentissage de la circulation sanguine, en illustrant notre analyse à l'aide d'extraits des entrevues que nous avons menées.

5.3.1. Le premier niveau de formulation

Toutes les parties de l'organisme sont rejointes par le sang qui circule dans les vaisseaux sanguins propulsé par les contractions du coeur. Le réseau des capillaires assure la circulation du sang à proximité des cellules ce qui favorise les échanges entre le sang et les cellules. Les nutriments sanguins vont vers les cellules et les déchets cellulaires migrent vers le sang.

5.3.1.1. Le contenu.

1. La circulation du sang se fait dans un circuit fermé. On distingue le circuit pulmonaire et le circuit systémique tous deux reliés par le coeur. Le circuit pulmonaire relie le ventricule droit à l'oreillette gauche, en passant par les poumons, et le circuit systémique relie le ventricule gauche à l'oreillette droite du coeur, en passant par tous les organes.

2 Le sang est propulsé par les ventricules du coeur et s'engage dans les artères qui l'acheminent vers les organes; les artérioles distribuent le sang vers les tissus de l'organe; les capillaires assurent les échanges nutritifs avec les cellules; les veinules accumulent le sang et les veines retournent le sang aux oreillettes.

3. Les gaz, les nutriments et les déchets sont transportés soit dans les globules rouges, soit dans le plasma. Ils passent du sang au liquide interstitiel et vice versa par

la diffusion à travers la paroi des capillaires et atteignent les cellules en traversant la membrane plasmique. Les capillaires n'ont pas tous la même perméabilité.

5.3.1.2. Les conceptions obstacles.

Quelles sont les conceptions qui, selon notre analyse, risquent de nuire à l'apprentissage, dans le cadre du premier niveau de formulation?

5.3.1.2.1. Une organisation du circuit sanguin «en série»

Le système circulatoire est organisé de telle sorte que chaque organe est branché « en parallèle» sur le circuit principal.

Nous constatons que 2 étudiants sur 3 ont une conception de l'organisation du système circulatoire différente de la conception des experts. Il semble que La majorité d'entre eux estiment que les organes sont alimentés les uns après les autres, dans un système organisé «en série».

Les propos de Julie illustrent bien cette conception:

« Les organes se nourrissent du même sang, ils prennent une partie, ce qu'ils ont besoin, le reste c'est pour les autres, ils ne prennent pas tous la même chose.»

Catherine parle du retour sanguin au coeur en ces termes:

« Le sang ne retourne pas nécessairement directement au coeur, il peut aller à d'autres places aussi, d'autres organes.»

5.3.1.2.2. Le coeur et la circulation du sang

C'est le coeur seul qui assure la circulation du sang. La poussée doit être suffisante pour assurer un parcours complet à travers le réseau vasculaire et assurer un apport sanguin adéquat.

Julie exprime cette conception de la façon suivante:

« Le coeur est juste là pour le sang. C'est un muscle qui pompe le sang. C'est ça la grosse partie, sinon le sang ne pourrait pas se promener partout comme il le fait. Lors d'un exercice le coeur agit pour que le sang aille plus vite. Le sang se déplace du coeur vers l'extrémité, c'est le coeur qui donne plus de pression, qui pousse. Il faut une force pour que le sang se déplace. À mesure qu'il s'éloigne du coeur, la pression diminue.»

Le coeur est le seul responsable de la pression sanguine. La pression est forte près du coeur et faiblit un peu à mesure qu'on s'en éloigne. La résistance vasculaire n'est pas considérée. Pourtant plus de 85% des étudiants estiment que «les vaisseaux sont plus petits en périphérie».

Ce n'est donc pas la différence de pression dans les vaisseaux qui détermine le sens et la quantité de sang qui se déplace, mais uniquement la force de propulsion du coeur.

5.3.1.2.3. Les échanges et le métabolisme

Les études de Westbrooke et Marek (1991) sur la diffusion et celles de Friedler et al (1987) sur l'osmose, menées auprès d'étudiants du secondaire, révèlent qu'aucun des étudiants évalués ne manifeste une conception adéquate de ces phénomènes.

Pour expliquer l'équilibre osmotique les étudiants supposent « un désir, une pulsion d'égaliser les concentrations». Pour expliquer l'homéostasie, les étudiants font appel à «un instinct fondamental » que possède toute forme de vie (Finley et al., 1992).

Nous retrouvons dans notre étude les éléments de cette conception, plus particulièrement au sujet des échanges. Pour 85% des étudiants de notre échantillon «les organes choisissent activement ce qu'ils absorbent», «absorbent selon leurs besoins» et «ils se nourrissent de produits différents».

Voici ce que France nous a confié:

« Les composés des organes sont différents parce les organes n'ont pas tous les mêmes fonctions. Ils sont obtenus par ce que l'on mange...Le sang permet de transporter la nourriture pour reconstruire l'organe, remplacer les morceaux qui sont plus bons, qui sont morts. Les produits du sang sont absorbés par les organes, ils doivent passer au travers de la paroi. Pour la nourriture c'est pas automatique sinon parfois il y en aurait trop ou pas assez, pour les déchets c'est automatique.»

Jean-Philippe précise que

« L'organe prend ce qu'il a besoin et laisse passer ce qu'il n'a pas besoin».

Pour l'étudiant la fonction de l'organe détermine la liste des produits devant être absorbés. Plutôt que de concevoir le métabolisme comme la transformation de quelques nutriments en une multitude de sous produits, les étudiants estiment que le sang contient les produits nécessaires et que les organes les sélectionnent au passage. Ce prélèvement de nutriments n'est pas nécessairement continu, il dépend des besoins.

Félix conçoit les échanges et le métabolisme de la façon suivante:

«Si les organes reçoivent plus de sang, ils prennent ce qu'ils veulent et rejettent le reste, ils choisissent...Les déchets ne sont pas produits par l'organe, c'est ce qui n'est pas utilisé par l'organe.»

Le métabolisme est perçu comme un processus d'assemblage, de remplacement dû à l'usure des structures. La moitié des répondants estiment d'ailleurs, que l'on retrouve dans le sang des «débris d'usure».

5.3.2. Le deuxième niveau de formulation.

L'activité métabolique d'un groupe de cellules de l'organisme modifie l'apport sanguin local par son action sur le degré de contraction des artérioles en amont, ce qui influe sur le volume de sang veineux, en aval; une diminution de la résistance entraîne une augmentation du débit cardiaque. La pression artérielle moyenne demeure constante.

5.3.2.1. Le contenu

1. Les principaux facteurs agissant sur la pression artérielle sont le débit cardiaque, la résistance périphérique et le volume sanguin.

2. La relation entre ces facteurs est illustrée par l'équation suivante: Pression artérielle = Débit cardiaque X résistance périphérique.

3. Le débit cardiaque est égal au volume systolique multiplié par la fréquence cardiaque; le volume sanguin influe sur le retour veineux et le débit systolique.

4. Le principal facteur de l'étirement du muscle cardiaque est la quantité de sang qui retourne au coeur par les veines (retour veineux), et qui distend ses ventricules (volume télédiastolique). La tension passive des parois qui se développe alors est la précharge ventriculaire, facteur déterminant du débit systolique.

5.3.2.2. Les conceptions obstacles.

Quelles sont les conceptions qui risquent de nuire à l'apprentissage, dans le cadre du second niveau de formulation?

5.3.2.2.1. Le débit et la vitesse du sang.

Environ le tiers des étudiants de notre échantillon considèrent que

- le débit cardiaque est constant
- la quantité de sang pompée par le coeur ne dépend ni du retour veineux, ni de l'élasticité de la paroi du coeur, ni de la résistance artérielle, ni de la viscosité du sang.

Pour répondre à une demande accrue voici ce que Annie suggère:

« Le sang bouge à cause des jets de sang venant du coeur. Lors d'un exercice, on doit accélérer les battements du coeur, les contractions, pour faire circuler le sang plus vite pour fournir un apport plus grand d'oxygène.»

Caroline tient des propos semblables:

« Lors de la course, on augmente la vitesse de la circulation en agissant sur les poumons et le coeur».

France tient à préciser que

« Le coeur fait aller plus vite mais il ne peut pas en faire entrer plus dans l'organe.»

Les étudiants établissent un lien direct entre la fréquence des battements du coeur et la vitesse du sang. Cette conception suppose que le volume de sang pompé est constant mais que la vitesse de déplacement augmente selon les besoins.

Soulignons également que cette conception ne fait intervenir que deux éléments (le coeur et les besoins des organes) pour établir l'apport sanguin.

5.3.2.2.2. La pression artérielle.

Kaufman, Patel et Magder (1992) font état d'une conception selon laquelle une forte pression, et non une forte différence de pression, augmente le débit sanguin. Cette conception se retrouve chez 70% des étudiants de Soins infirmiers. Cette conception suppose que le coeur est le seul intervenant actif qui assure le déplacement du sang. Selon cette conception, il est primordial de maintenir une pression artérielle suffisamment élevée plutôt qu'une pression artérielle constante. Une augmentation des besoins métaboliques devrait aller de pair avec une augmentation de pression.

Par ailleurs 40% des répondants souscrivent à l'idée d'une pression constante. Cependant il s'agit d'une pression sanguine constante aussi bien en allant vers les organes qu'au retour vers le coeur.

5.3.2.2.3. La résistance vasculaire.

70% des étudiants conçoivent que l'ouverture des vaisseaux peut varier. Cette vasomotricité cependant ne s'inscrit pas dans un processus de régulation de la pression sanguine. La vasodilatation est associée à une augmentation de l'apport sanguin à un organe en activité qui demande plus de sang. La vasoconstriction est perçue comme une mesure d'urgence servant à éviter la perte de sang par exemple.

Jean-Philippe nous a expliqué que

« C'est le coeur qui fait que la quantité nécessaire est envoyée et les vaisseaux peuvent accepter une telle quantité mais pas trop, ils sont assez élastiques»

5.3.3. Le troisième niveau de formulation

La vie de l'organisme dépend de sa capacité de maintenir son homéostasie en contrôlant la circulation du sang de manière à maintenir la composition du milieu interne à l'intérieur de limites compatibles avec la survie de toutes les cellules.

5.3.3.1. Le contenu.

1. Le contrôle de la circulation se fait par la régulation de la pression artérielle. Elle se fait par des systèmes à rétroaction négative, nerveux et endocriniens. Une boucle de régulation comprend un récepteur, une voie afférente, un centre de contrôle, une voie efférente et un effecteur.

2. Les systèmes de contrôle régularisent la pression artérielle en agissant sur le coeur et les vaisseaux sanguins; ils modifient le débit cardiaque et la résistance vasculaire en fonction des besoins changeants de l'ensemble des cellules de l'organisme.

3. Les variations de concentrations d'oxygène et de gaz carbonique concourent à la régulation de la pression artérielle par l'intermédiaire de réflexes issus des chémorécepteurs.

4. La régulation vasculaire se fait par un contrôle de la lumière des vaisseaux. La vasoconstriction et la vasodilatation dépendent du degré de contraction du muscle lisse de la paroi des vaisseaux.

5.3.3.2. Les conceptions obstacles.

Quelles sont les conceptions qui risquent de nuire à l'apprentissage, dans le cadre du troisième niveau de formulation?

5.3.3.2.1. La «prise de conscience»

Le déplacement du sang est contrôlé par le cerveau, le coeur, les mouvements respiratoires et l'organe en activité, mais n'implique pas les vaisseaux sanguins. Le contrôle est basé sur la «prise de conscience» de l'action qui entraîne un accroissement local de l'apport sanguin.

Annie conçoit le contrôle de la circulation de la façon suivante:

« Lors d'une course, c'est le cerveau qui décide, il sait qu'il court, il fait respirer plus vite et battre le coeur plus vite.»

Voici comment Robin explique le contrôle de la circulation sanguine lors d'un exercice physique.

« Quand le coeur voit que tu es en train de faire un effort physique et que tes muscles ont besoin de plus d'énergie, qu'ils en demandent plus, là le coeur en envoie plus. Le sang arrive, les muscles prennent ce qu'ils ont besoin. Quand le sang remonte, le coeur se rend compte de ce qui manque et là il en envoie plus. Le muscle détermine la quantité de sang nécessaire.»

5.3.3.2.2. Les besoins locaux et la distribution du sang.

Les modifications apportées à la circulation se font en réponse à une augmentation des besoins locaux. Ces changements ont une durée limitée et une portée restreinte.

Chaque organe a une fonction déterminée qui lui donne le pouvoir d'agir sur la circulation locale et d'obtenir que la distribution du sang se fasse en fonction de ses besoins.

Cet «instinct fondamental» qui permet à un organe de «choisir activement ce qu'il absorbe» lui permet également d'agir sur la circulation. Près des deux tiers des répondants estiment qu'un muscle en activité «attire» plus de sang.

Les organes associés au contrôle de la circulation interviennent pour combler ce besoin local et immédiat. Le déséquilibre systémique qui découle d'une augmentation de l'apport sanguin local n'est pas considéré.

6. La conclusion

Nous avons établi dans ce rapport que les étudiants qui s'inscrivent à un programme d'études au collégial présentent un ensemble de conceptions préalables tant sur l'organisation du système circulatoire que sur sa dynamique. Ces conceptions divergent de celles que partagent les experts.

Pour l'ensemble des étudiants de notre échantillon la principale divergence porte sur la dynamique de la circulation. Elle repose, pour les étudiants, sur la satisfaction de besoins locaux à court terme, sans l'intégration des répercussions dans l'ensemble du système. Cette conception révèle une approche analytique locale et séquentielle sans égard pour la rétroaction propre à un circuit. La même conception a été identifiée par d'autres chercheurs dans des études portant sur les circuits électriques (Eylon et Gabriel, 1990; Licht et Thijs, 1990; Dupin et Johsua, 1987; Gauld, 1988; Shipstone et al., 1988). Nous estimons que cette approche analytique constitue un obstacle majeur à l'apprentissage de la dynamique des circuits quel qu'en soit le champ d'application.

Nous observons aussi que la fréquence de certaines conceptions peut être deux ou trois fois plus élevée chez les étudiants d'un programme particulier. C'est le cas entre autres en ce qui a trait à l'organisation du système circulatoire que l'on conçoit différemment selon que l'on appartient au groupe de Sciences pures ou à l'un des autres groupes. C'est le cas également en ce qui concerne la fonction du coeur et son rôle dans la circulation, le contrôle de l'apport sanguin des organes, la relation entre la pression et le déplacement du sang.

Nous constatons que la divergence entre les conceptions que partagent les experts et celles des étudiants est plus fréquente chez ceux qui sont inscrits à un programme du secteur de la Santé que chez ceux de Sciences pures. Cette divergence concerne l'organisation du système et l'importance du coeur dans l'hémodynamique. Ce sont précisément les étudiants du secteur de la Santé qui sont appelés au cours de leur formation à approfondir leur apprentissage de la circulation sanguine.

Il faut le rappeler, la situation que nous décrivons ici est celle qui prévaut avant que ne débute un enseignement formel sur la circulation sanguine. Nous pouvons dès lors nous interroger sur l'effet qu'auront les diverses activités pédagogiques sur les conceptions des étudiants. Dans ce contexte il faut souligner la nécessité de vérifier les préconceptions et d'en faire prendre conscience aux étudiants dès le début d'un cours. On peut le faire en explorant les métaphores par lesquelles les étudiants s'expliquent à eux-mêmes l'hémodynamique.

Qu'advient-il de la divergence entre les conceptions des étudiants et celles des experts, pendant et après le programme de formation qu'entreprennent les étudiants? Les préconceptions subsisteront-elles ou seront-elles modifiées?

L'apprentissage est un processus au cours duquel l'étudiant modifie sa structure cognitive. Dans un cours très souvent on met l'accent sur l'objet de l'apprentissage en expliquant les conceptions que partagent les experts, sans tenir compte du niveau d'expertise de l'étudiant. Les résultats de notre étude suggèrent que les préconceptions des étudiants constituent des obstacles à l'apprentissage des concepts fondamentaux de la circulation sanguine. Ils suggèrent aussi qu'au moment d'une analyse, les étudiants utilisent une démarche qui limite leur compréhension de la dynamique propre à un circuit fermé. Il devient important d'examiner les stratégies d'enseignement et d'évaluation de l'apprentissage en fonction de ces résultats.

7. Les références bibliographiques.

- Anderson, B. et E.I. Smith (1983). Children's preconceptions and content area textbooks. In D. Duff, L. Rochler, & J. Mason (Éds.), *Comprehension instruction: Perspectives and suggestions*. New York: Longman Inc.
- Anderson, Richard C., Ausubel, David P. (1965). Readings in the psychology of Cognition. New York: Holt, Rinehart and Winston inc.
- Anderson, W. (1992). Student's conception of chemical change. Journal of Research in Science Teaching, 29(3), 277-300.
- Arnaudin, M.W., Mintzes, Joel J. J (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: A cross-age study. Science Education, 69(5), 721.
- Astolfi, Jean-Pierre et Develay, Michel. (1989). La didactique des sciences. Paris: Presses universitaires de France.
- Ausubel, D. P., Novak, J.D. et Driver, R. (1978). Educational psychology: a cognitive view. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Ausubel, David P. (1968). Educational psychology: a cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston inc.
- Berbaum, Jean (1984). Apprentissage et Formation. Paris: Presses universitaires de France, 1984, 127 p. (collection Que sais-je; 2129).
- Bolton, N. (1977). Concept formation. Oxford; Pergmon Press. 155 p
- Bourgon, M.G. (1983). Uncovering cognitive maps: the self-Q technique. Moran G. Ed.; Beverly Hills, Sage Publication, p 173-188.
- Brooks, Jacqueline et Martin G. Brooks (1993). The case for constructivist classroom. Alexandria, Virginia: The Association for supervision and curriculum development.

Browning, M.E., Lehman, J.D. (1988). Identification of student misconceptions in genetics problem solving via computer program. Journal of Research in Science Teaching, 25(9), 747-761.

Brumby, M. N. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. Journal of Biological Education, 13(2), 119-122.

Brumby, M.N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection held by medical biology students. Science Education, 68(4), 493-503.

Carey Susan (1985). Conceptual change in childhood. Cambridge: The MIT press, 1985. 222 p.

Chomienne Martine (1986). Une approche qualitative à l'étude du processus de l'enracinement des applications pédagogiques de l'ordinateur au Québec. Conseil interuniversitaire des professeurs en technologie éducative: La technologie éducative et le développement humain.1986.

Clement John, Brown, David E. et Zietsman, Aletta (1989). Not all preconceptions are misconceptions: finding 'anchoring conceptions' for grounding instruction on students' intuitions. International Journal of Science Education, 11, special issue, 554-565.

Clement, Catherine A., Gentner Dedre (1991). Systematicity as a selection constraint in analogical mapping. Cognitive Science, 15(1), p 89-132.

Clement, J. (1987). Overcoming students' misconceptions in physics: the role of anchoring intuitions and analogical reasoning. In J.D. Novak (Ed). Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics (p 84-97). Ithaca, NY: Cornell University, Department of Education.

Confrey, Jere (1990). A Review of the Research on Student Conceptions in Mathematic, Science, and Programming. Review of Educational Research, 16, (3)

De Bueger-Van der Borght, C., A. Mabilie (1989). The evolution in the meanings given by Belgian secondary school pupils to biological and chemical terms. International Journal of Science Education, 11(3), 347-362.

Deadman, J. A. et Kelly, P.J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topic ? Journal of Biological Education, 12(1), 7-15.

Di Sessa, A. Andrea (1987). The third revolution in computers and education. Journal of research in Science Teaching, 24(4) , 343-367.

Dreyfus, A., Jungwirht, E. et Eliovitch, R. (1990). Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change - somme implications, difficulties, and problems. Science Education, 74(5), 555-569.

Driver, R. (1981). Pupils' alternative framework in science. European Journal of Science Education, 3(1), p 93-101

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. International Journal of Science Education (11), p 481-490

Driver, R. et Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students. Studies in Science Education, 13, p 105-122

Duffy, Thomas M., Bednar, Anne K. (1991). Attempting to come to grips with alternatives perspectives. Educational technology, 31(9); p12-15.

Duffy, Thomas M., Jonassen, David H. (1991). Constructivism: new implications for instructional technology. Educational technology, 31(5), 7-19.

Duit , R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. Science education,75 (6), 649-672.

Dupin, J.J., Johsua, S. (1989). Analogies and "Modeling analogies" in teaching: some examples in Basic electricity. Science Education, 73(2), 207-224.

Eileen L. Lewis, Judith, L. Stern, Marcia, M. Linn (1993). The effect of computer simulations on introductory thermodynamics understanding. Educational Technology, 33(1), 45-58.

Eylon Bat-Sheva et Uri Gabriel (1990). Macro-micro relationships: the missing link between electrostatics and electrodynamics in students' reasoning. International Journal of Science Education, 12(1), 79-94.

Eylon, B. et Lynn M (1988). Research perspectives in science education. Review of Educational Research, 58, p 251-301

Feldsine, J.E., Jr. (1987). Distinguishing student misconceptions from alternate conceptual frameworks through the construction of concept maps, in Proceedings of the Second International Seminar. "Misconceptions and educational strategies in science and mathematics" 1987. Cornell university, Ithaca, NY, USA. Volume 1. p 177-181

Feltovich, P.J., Spiro, R., et Coulson, R.L. (1989). The nature of conceptual understanding in biomedecine: The deep structure of complex ideas and the development of misconceptions. in V.L. Patel and D.A. Evans (eds.) Cognitive Science in medicine (pp 113-172), Cambridge, MA: MIT Press,.

Fisher, K.M. (1983). Amino acids translation: a misconception in biology. in H. Helm et J.D. Novak (Éds.), Proceedings of the International Seminars: Misconceptions in Science and Mathematics. Ithaca, New York: Cornell University Press.

Flick Larry (1991). Where concepts meet percepts: stimulating analogical thought in children. Science Education, 75(2), 215-230.

Friedler, Y., Amir Ruth, Tamir Pinchas (1987) High School students' difficulties in understanding osmosis. International Journal of Science Education, 9(5), 541-551.

Gentner, Dedre et Toupin, Cecile (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. Cognitive Science 10, p 277-300

Gilbert, J.K., Osborne, R.J. et Fensham, P. (1982). Children's science and its consequences for teaching. Science Education, 66,(4), 623-633.

Giordan, André et de Vecchi Gérard (1987). Les origines du savoir Neufchâtel: Delachaux et Niestlé. s.a.

Giordan, André et de Vecchi Gérard (1990). L'enseignement scientifique: comment faire pour que ça marche ?. Nice: Z'éditions.

Glynn, S.M., Yeany, R.H., Britton, B.K. (1991). The psychology of learning science. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates. 269 p.

Griffiths, A.K., Thomey, K., Cooke, B., Normore, G. (1988). Remediation of student-specific misconceptions relating to three science concepts. Journal of Research in Science Teaching, 25(9), 709-719.

Griffiths, Alan K. et Kirk R. Preston (1992). Grade-12 Student's Misconceptions Relating to Fundamental Characteristics of Atoms and Molecules. Journal of Research in Science Teaching, 29(6), 611-628.

Gussarsky, Esther et Gorodetsky, Malka (1988). On the chemical equilibrium concept: constrained word associations and conception. Journal of Research in Science Teaching, 25(5), 319-333.

Hackling, Mark W. et Garnett, Patrick J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. European Journal of Science Education, 7 (2), 205-214.

Heller, Patricia M. et Fred N. Finlay (1992) Variable uses of alternative conceptions: a case study in current electricity. Journal of Research in Science Teaching, 29(3), 259-276.

Henze-Fry, J.A (1987). Evaluation of concept mapping as a tool for meaningful education of college biology students. Dissertation Abstracts International, 48(1), 95-A

Henze-Fry, Jane A. et Novak, Joseph D. (1990). Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning. Science Education, 74(4), 461-472.

Hewson Peter W. et N. Richard Thorley (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. International Journal of Science Education, 11, special issue, 541-533.

Holyoak, Keith J., Thagard, Paul (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. Cognitive science, 13(3), p 295-355

Inhelder, B et Piaget, Jean (1955). De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent. Paris: Presses Universitaires de France, 1955.312 p.

Kaufman, David R., Vimla L. Patel, Sheldon A. Magder (1992). Conceptual understanding of circulatory physiology. Paper presented at the meetings of the American Educational Research Association, San Francisco, California, April 24, 1992.

Lavoie, D.R., Good, R. (1988). The nature and use of prediction skills in a biological computer simulation. Journal of Research in Science Teaching, 25 (5), 335-360.

Lawson, A.E., Abraham, M.R. et Renner, J.W. (1989). A theory of instruction: using the learning cycle to teach science concepts and thinking skills. Cincinnati, OH: National Association for Research in Science Teaching.

Lawson, A.E., et Worsnop, W.A. (1992). Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. Journal of Research in Science Teaching, 29 (2), p 143-166.

Lawson, A.E., Thompson, L.D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. Journal of Research in Science Teaching, 25 (5), 733-745.

Lawson, Anton-E et al. (1991). Hypothetico-Deductive Reasoning Skill and Concept Acquisition: Testing a Constructivist Hypothesis. Journal of Research in Science Teaching, 28 (10), 953-972.

Lebert Georges (1967). Piaget. Paris: Éditions Universitaires.

Legendre, R . (1988). Dictionnaire de pédagogie. Montréal.

Leshin, C.B., Pollock, J., Reigeluth, C.M. (1992). Instructional design strategies and tactics. Englewood Cliffs, New Jersey: Educational Technology Publications. 331p.

Licht, Pieter et Thijs, Gerard D. (1990). Method to trace coherence and persistence of preconceptions. International Journal of Science Education, 12 (4), 403-416.

Marieb, Elaine N. (1993). Anatomie et physiologie humaines. St-Laurent: Éditions du renouveau pédagogique, 1014 pages.

Novak, D. Joseph et Musonda Dismas (1991). A twelve year longitudinal study of science concept learning. American Educational Research Journal, 28(1), 117-153.

Novak, J.D. Gowin, D.B. et Johassen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. Science Education, 63(5). p 625-645.

Novak, Joseph D (1990). Concept mapping: a useful tool for science education. Journal of research in Science Teaching, 27(10), 937-949.

Novak, Joseph D. (1992). A view on the current status of Ausubel's assimilation theory of learning. Paper presented at the meetings of the American Educational Research Association, San Francisco, California, April 24, 1992

Nussbaum, Joseph et Novick, Shimshon (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: toward a principled teaching strategy. Instructional Science, 11(3), 183-200.

Osborne, R.J., Bell, B.F. et Gilbert, J.K. (1986). Science teaching and children's views of the world. Science in Schools, Open university press, ISBN 0334 159818

Osborne, R.J., Bell, B.F. et Gilbert, Y.K. (1983). Science teaching and children's view of the world. European Journal of Science Education, 5, p 1-14

Patel, Vimla L., Kaufman, David R., Magder, Sheldon (1991). Causal explanation of complex physiological concepts in medical students. International Journal of Science Education, 13 (2), 171-185.

Perkins, D.N. et Simmons, Rebecca (1988). An Integrative Model of Misconceptions. Review of Educational Research, 58, (3).

Piaget, Jean (1967). Biologie et connaissance. Paris: Éditions Gallimard.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66(2), 211-227.

Ross, Bertram et Munby, Hugh (1991). Concept mapping and misconceptions: a study of high school students' understanding of acids and bases. International Journal of Science Education, 13 (1), 11-22.

Rowell, J.A., Dawson, C.J., Lyndon, H. (1990). Changing misconceptions: a challenge to science educators. International journal of Science education, 12(2), 167-175.

Segre, G., Giani, U., et Masillo, S. (1987). Analogical reasoning and formalization in transport processes, in Proceedings of the Second International Seminar: "Misconceptions and educational strategies in science and mathematics" 1987. Cornell university, Ithaca, NY, USA. Volume 2. p 420 -424

Shipstone D.M., C. Rhöneck, W. Jung, J.J. Dupin et P. Licht (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries International Journal of Science Education, 10 (3), 303-316.

Singh, A. et Butler, Philip H. (1990). Refraction: conceptions and knowledge structure. International Journal of Science Education, 12(4), 429-442.

Stavy, Ruth (1991). Using analogy to overcome Misconceptions about conservation of matter. Journal of Research in Science Teaching, 28(4), 305-313.

Stavy, Ruth, Eisen, Y. et Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. International Journal of Science Education, 9(1),105-115.

Stewart, James (1980). Techniques for assessing and representing information in cognitive structure. Science Education 64 (2), 223-235.

Strike, K., et Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. in L. West & A.L Pines (Eds) Cognitive structure and conceptual change (pp 211-232)). New York: Academic Press.

Strike, K., et Posner, G.J. (1982). Conceptual change and science teaching. European Journal of Science Education , 4(3) 231-240.

Stuart, Heather A. (1985). Should concept maps be scored numerically? European Journal of Science Education,7 (1) p 73-81.

Tortora, G.J. et Anagnostakos, N.P. (1988). Principes d'anatomie et de physiologie. Montréal: Centre éducatif et culturel, 1988. 888 p.

Treagust, David F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. International Journal of Science Education, 10(2),159-169.

Trowbridge, John E. et Mintzes, Joel J. (1988). Alternative conceptions in animal classification: a cross age study. Journal of Research in Science Teaching, 25(7), 547-571.

Trumper, Ricardo (1991). Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept-part two. International Journal of Science Education 13(1), 1-10.

Trumper, Ricardo (1990). Being constructive: an alternative approach to the teaching of the energy concept-part one. International Journal of Science Education, 12(4), 343-354.

Van der Maren, J.M. (1990). Edu 6650-6651: Méthodes de recherche en éducation. Montréal: Service des entreprises auxiliaires, Université de Montréal.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary physics. European Journal of Science Education, 1, p 205-221

Viennot, L. (1985). Analysing students' reasoning in science: a pragmatic view of theoretical problems. European Journal of Science Education, 7(2), 151-162.

Vosniadou, Stella (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective. in S. Voniadou et A. Ortony (eds.) Similarity and analogical reasoning (pp 413-437). Cambridge, England: Cambridge University Press

Wallace Josephine, D. et Joel Mintzes (1990). The concept map as a research tool: exploring conceptual change in biology. Journal of research in Science Teaching, 27(10), p 1033-1052

Wandersee, J. (1985). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions. Journal of Research in Science Teaching, 23 , 581-597.

West, John W. et Kahn, James V. (1989). Research in Education. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1989. 388p.

West, L. H., et Pines, A. L. (1985). Cognitive structure and conceptual change. New York: Academic Press

Westbrook, Susan L. et Edmund A. Marek (1991). A cross-age study of student understanding of the concept of diffusion. Journal of Research in Science Teaching, 28(8), 649-660.

Westbrook, Susan L. et Edmund A. Marek (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. Journal of Research in Science Teaching, 29(1), 51-61.

White Richard T., et Richard F. Gunstone (1989). Metalearning and conceptual change. International Journal of Science Education, 11, special issue, p159-169.

Le code de diffusion: 1532-0531

CENTRE DE DOCUMENTATION COLLÉGIALE



7104361