



**HAL**  
open science

## Les manuels scolaires de biologie : évolution du contenu, de la mise en page et de la formulation au XXe siècle

Véronique Vittu Bril

### ► To cite this version:

Véronique Vittu Bril. Les manuels scolaires de biologie : évolution du contenu, de la mise en page et de la formulation au XXe siècle. Sciences de l'information et de la communication. 1999. dumas-01731284

**HAL Id: dumas-01731284**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01731284>**

Submitted on 14 Mar 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Véronique VITTU épouse BRIL

MEMOIRE de MAITRISE EN  
SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA DOCUMENTATION

**LES MANUELS SCOLAIRES DE BIOLOGIE  
EVOLUTION DU CONTENU, DE LA MISE EN PAGE ET  
DE LA FORMULATION AU XX ème Siècle**

Sous la direction de :  
Monsieur Yves JEANNERET

LILLE 3  
UNIVERSITE CHARLES DE GAULLE  
UFR IDIST

Octobre 1999





Véronique VITTU épouse BRIL

MEMOIRE de MAITRISE EN  
SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA DOCUMENTATION

**LES MANUELS SCOLAIRES DE BIOLOGIE  
EVOLUTION DU CONTENU, DE LA MISE EN PAGE ET  
DE LA FORMULATION AU XX ème Siècle**

Sous la direction de :  
Monsieur Yves JEANNERET

LILLE 3  
UNIVERSITE CHARLES DE GAULLE  
UFR IDIST

Octobre 1999



### REMERCIEMENTS

*Je tiens à remercier vivement Mademoiselle ROZINOER du Musée de l'Education de l'INRP de MONT-SAINT-AIGNAN qui m'a été d'une aide précieuse pour la constitution du corpus qui a permis la réalisation de ce mémoire.*

# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	3
-------------------	---

## Première partie : PROBLEMATIQUE ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE.

I. Précision de la problématique.....	5
II. Choix de la méthode.....	5
III. Constitution du corpus.....	5
IV. Présentation du corpus.....	7
V. Les différentes analyses effectuées.....	8

## Deuxième partie : L'ANALYSE DE CONTENU.

I. Présentation des différents thèmes abordés dans les manuels.....	11
II. Analyse de contenu.....	13

## Troisième partie : L'ANALYSE VISUELLE.

I. Etude du format et du nombre de pages.....	19
II. Les illustrations – Etude quantitative.....	20
III. La mise en page.....	25
1) La zone de titre.....	25
2) La mise en page.....	27
IV. Remarques générales sur l'analyse visuelle de chaque document.....	32

## Quatrième partie : LES DIFFERENTS TYPES DE TEXTES ET LE RAPPORT TEXTES / ILLUSTRATIONS.

I.	Relevé des intitulés des illustrations.....	63
II.	Etude du rapport photographies / schémas.....	66
III.	Etude du rapport textes / illustrations.....	67
IV.	Les différents types de textes.....	74
CONCLUSION.....		77
BIBLIOGRAPHIE.....		78
INDEX DES TABLEAUX.....		79

## **INTRODUCTION**

Les manuels scolaires sont actuellement la cible de bien des reproches.

On les trouve tantôt trop compliqués, tantôt mal adaptés aux besoins des enfants, et quelquefois, même inutiles.

Un rapport de l'inspection générale de l'Education Nationale de septembre 1998 les accable, et met le doigt sur une liste de défauts à corriger pour leur redonner une image respectable.

C'est dans ce contexte que m'est venue l'idée de les étudier. En particulier, j'ai voulu me rendre compte de l'évolution de leur contenu, de leur organisation visuelle, ainsi que des différents textes qui les composent, et de leur rapport avec les images, pour essayer de voir si le processus d'apprentissage s'en trouvait ou non amélioré.

Pour ce faire, j'ai donc analysé ces plusieurs points dans un ensemble de manuels scolaires de biologie, de niveau, classe de troisième, édités entre 1903 et 1989.

Après avoir précisé la problématique, et la méthodologie employée en rapport, ce mémoire présentera les différentes étapes des analyses ainsi que les conclusions qu'elles impliquent dans la modification du rapport entre l'élève et son manuel au cours de la situation d'apprentissage.

**Première partie**

**PROBLEMATIQUE**  
**ET METHODOLOGIE DE RECHERCHE**

professeur, et son contenu est régi par la succession des programmes.

Sa mission est donc d'aider l'élève dans son apprentissage.

Le but de ce mémoire étant de rendre compte des transformations subies par les manuels scolaires au fil du temps et de leurs implications dans la situation d'apprentissage, la démarche méthodologique s'est déroulée en plusieurs étapes.

## **I. PRECISION DE LA PROBLÉMATIQUE :**

Dans un premier temps, les motivations personnelles font apparaître quelques questions et permettent d'arriver à la problématique définitive du mémoire qui peut se poser ainsi :

En fait, cette problématique est formée de deux temps différents. Tout d'abord, je me suis posée la même question pour trois domaines différents :

- En quoi le contenu des manuels a-t-il évolué au cours du vingtième siècle ?
- En quoi la mise en page des manuels scolaires a-t-elle évolué au cours du vingtième siècle ?
- En quoi les différents types de texte que présentent les manuels scolaires, ainsi que leur rapport avec les images ont-ils évolué au cours du vingtième siècle ?

Dans un deuxième temps, j'ai voulu savoir si ces divers évolutions modifiaient ou non, le processus didactique, et du fait si elles facilitaient ou non l'apprentissage.

## **II. CHOIX DE LA MÉTHODOLOGIE :**

Pour répondre à ces questions, il m'a paru nécessaire d'analyser et de comparer un certain nombre de manuels. Pour ce faire, l'analyse de corpus me semblait la méthode la plus appropriée.

## **III. CONSTITUTION DU CORPUS :**

Afin de rassembler les différents éléments qui allaient constituer le corpus, il en encore fallu répondre à un certain nombre de questions.

Pour commencer, le choix de la discipline m'est apparu comme évident. De part ma formation antérieure de préparatrice en pharmacie, et mon attirance pour cette matière, j'ai eu envie d'étudier les manuels de biologie.

Etudier des ouvrages entiers, me paraissant un travail trop important et difficile à réaliser, je m'en suis tenue à l'étude d'un chapitre par manuel. De plus, je pense qu'à l'intérieur d'un manuel, tous les chapitres doivent être structurés de la même façon.

Le choix du sujet sur la circulation du sang, s'est fait de manière aléatoire, simplement en supposant qu'on le trouverait dans tous les manuels. Par contre, le niveau de la classe de troisième, correspond au fait que ce soit la dernière classe où l'enseignement est le même pour tous, sans différenciation de filières d'études.

Ces choix établis, il restait à établir l'étendue temporelle du corpus. Le vingtième siècle me paraissait être une période suffisante pour faire état d'une quelconque évolution, c'est pourquoi, j'ai décidé d'étudier deux manuels par décennie de ce siècle. Il n'a pas été possible de trouver de manuels, édités dans les années 1920, la biologie ayant été retirée des programmes de la classe de troisième dans ces années.

A partir de ces réflexions il a été possible de préciser les critères de constitution du corpus. Les manuels retenus devaient donc :

- être un manuel scolaire de biologie ;
- être du niveau de la classe de troisième ;
- avoir une date d'édition comprise entre 1900, et 1990 ;
- présenter un chapitre étudiant la circulation du sang.

Ces quatre critères étant mis en place, il a été facile de constituer le corpus à partir du fond documentaire du Musée National de l'Education

39, rue de la Croix Vaubois  
76130 MONT SAINT AIGNAN.

#### IV. PRESENTATION DU CORPUS :

L'ensemble des textes retenus pour l'étude, sont donc issus de 17 manuels scolaires dont la liste est la suivante :

1. CARO, Michèle, LESEC, Françoise et al. *Biologie 3è*. Paris : Magnard, 1989.
2. FERGUSON, Josette, RAMPNOUX, Jean-Paul et al. *Physiologie humaine & géologie*. Paris : Scodel, 1980.
3. BERGERON, J., GOHAU, G et al. *Biologie humaine & géologie. 3è éveil à la vie* Paris : Hatier, 1980.
4. BERGERON, J., HERVE, J.C et al. *L'homme : Anatomie – Physiologie – Microbiologie - Hygiène 3è éveil à la vie*. Paris : Hatier, 1975.
5. ORIEUX, M., EVERAERE, M. *Sciences naturelles 3è*. Paris : Hachette Classiques, 1975.
6. ORIA, M, RAFFIN, J. *Hygiène : Anatomie et physiologie – Microbiologie et secourisme. Classe de troisième*. Paris : Hatier, 1966.
7. VINCENT, Pierre. *Sciences Naturelles. Classe de troisième*. Paris : Vuibert, 1961.
8. BRESSE, G. *Sciences Naturelles – Hygiène. Classe de troisième*. Paris : Baillière, 1956.
9. DEMOUSSEAU, A., HAUMESSER, J. *Anatomie et physiologie humaines – Microbiologie – Hygiène. Classes de Troisième*. Paris : Masson et Cie, 1953.
10. BOURREIL, G. *Sciences Naturelles – Anatomie et Physiologie humaines – Hygiène. Classes de Troisième*. Paris : Les éditions de l'école, 1949.
11. CHADEFAUD, M., REGNIER, V. *Sciences Naturelles*. Paris : Librairie Delagrave, 1940.
12. BRUCKER, E. *Hygiène*. Paris : Librairie Larousse, 1934.
13. PIZON, Antoine. *Leçons d'hygiène a l'usage de la classe de troisième, garçons et filles*. Paris : Librairie Octave Doin, 1930.



14. COLOMB, G., HOULBERT, C. *Hygiène précédé de notions d'Anatomie et de Physiologie humaines*. Paris : Armand Colin, 1927.
15. BOULET, V. *Hygiène – Cours complet de Sciences Naturelles - Classe de Troisième*. Paris : Hachette, 1926.
16. BONNIER, Gaston. *Sciences Naturelles (Classe de troisième B) – L'Homme, Hygiène, Utilisation des Animaux et des Végétaux*. Paris : Librairie générale de l'enseignement, 1904.
17. AUBERT, E. *Les phénomènes de la vie chez l'Homme*. Paris : André Fils, 1903.

A partir de ce corpus, j'ai donc réalisé plusieurs types d'analyses pur essayer de répondre aux questions posées précédemment.

## **V. LES DIFFERENTES ANALYSES EFFECTUEES :**

J'ai procédé avec la même démarche pour tous les différents sujets étudiés dans ce mémoire.

En effet, que ce soit pour l'analyse du contenu, l'analyse de l'organisation visuelle, ou des différents types de textes, présents, j'ai d'abord effectué une analyse document par document, pour ensuite, essayer de rassembler certaines données qui pouvaient l'être en fonction de leur époque. Ce pour pouvoir mettre en valeur l'évolution observée.

L'analyse de l'évolution du contenu du corpus s'est donc déroulée en deux temps, qui sont le relevé de tous les thèmes abordés dans les manuels, et ensuite une étude de la fréquence d'apparition de ces différents thèmes dans chaque manuel pour commencer, puis dans l'ensemble du corpus, pour montrer les différences observées en fonction des périodes évoquées.

L'étude de l'organisation visuelle des manuels montre la progression de plusieurs éléments. En fait, elle propose une évaluation quantitative de nombre de pages, du

nombre d'illustrations et de leur répartition dans les manuels, ce, afin de montrer en quoi la modification de ces données joue un rôle dans le processus d'apprentissage de l'élève.

Pour compléter cet aspect, la mise en page sera aussi inspectée, et révélera elle aussi l'évolution de sa mission au fil de ce siècle.

Quant à l'analyse des différents types de textes et de leur rapport avec les illustrations, elle permettra de rendre compte de la manière dont sont présentées et illustrées les différentes idées au cours de ce siècle.

J'ai décidé de limiter l'étude au sujet concernant l'anatomie du cœur, pour avoir des éléments de comparaison sur l'étendue du corpus puisqu'il est présent dans tous les manuels. A la fin de cette analyse, on essaiera de montrer aussi si l'apprentissage se trouve facilité ou non pour l'élève.

## **Deuxième partie**

### **L'ANALYSE DE CONTENU**

Pour éviter de rendre trop lassante la lecture de l'analyse de contenu du corpus d'étude, j'ai décidé tout d'abord de résumer simplement et sommairement tous les thèmes abordés dans les différents manuels, puis de les reprendre sous forme d'un tableau récapitulatif indiquant leur fréquence d'apparition dans chaque ouvrage.

Avec cette méthode, il sera facile de se rendre compte de l'évolution ou non du contenu des différents manuels constituant le corpus.

## **I. PRESENTATION DES DIFFERENTS THEMES ABORDES DANS LES MANUELS :**

A la lecture de ces manuels, on peut déjà se rendre compte que le chapitre peut être découpé en trois grandes parties qui sont :

- l'étude du cœur,
- l'étude de la circulation du sang,
- l'étude du sang.

Seuls, deux manuels évoquent les maladies cardio-vasculaires.

A. Le cœur : L'étude du cœur peut débuter par une observation et une description anatomique, qui permettront d'introduire les termes désignant les principaux composants de cet organe. On apprend donc que le cœur est formé de deux oreillettes et de deux ventricules séparés les uns des autres par des valvules, et que des vaisseaux, les artères et les veines en partent ou y viennent chargés de sang.

B. La contraction cardiaque : Le cœur bat soixante dix fois par minute, et ceci en trois étapes successives :

- Les oreillettes se contractent et le sang qu'elles contiennent est chassé dans les ventricules. C'est la systole auriculaire.
- Les ventricules se contractent à leur tour, et là, le sang est propulsé dans les artères. C'est la systole ventriculaire.
- Pour terminer, le cœur complet se relâche pour se mettre au repos, c'est la diastole générale.

L'ensemble de ces trois phases se nomme « révolution cardiaque ».

Quand le muscle cardiaque se contracte, il envoie un flux sanguin sous pression dans les artères, et l'onde de choc perceptible qui en résulte, est le « pouls ».

La pression (ou tension) artérielle passe par deux valeurs extrêmes : une valeur maximale au moment de la contraction du cœur, et une valeur minimale au moment du repos cardiaque.

C. La circulation sanguine : L'appareil circulatoire se compose du cœur et des vaisseaux sanguins (les artères, les veines et les capillaires). Le cœur grâce à son rôle de pompe permet la mise en mouvement du sang dans un double système de circulation : d'une part, il atteint les poumons par l'artère pulmonaire, et revient au cœur par la veine pulmonaire, c'est la petite circulation. D'autre part, il gagne les organes par l'artère aorte et revient au cœur par les veines caves.

D. Le sang : Le sang d'un liquide incolore, le plasma dans lequel baignent les globules rouges, et les globules blancs. Les globules rouges sont porteur du pigment riche en fer qu'est l'hémoglobine qui permet le transport de l'oxygène par le sang. Les globules blancs trouvent leur rôle essentiel dans la défense de l'organisme, en s'attaquant directement aux microbes ou en sécrétant des anticorps.

Les maladies cardio-vasculaires n'étant évoquées que dans deux des manuels nous parlerons uniquement de celles qui le sont dans les deux :

- l'infarctus du myocarde : occlusion d'une artère coronaire par un caillot, qui provoque la cessation de l'irrigation.
- l'hypertension artérielle : il y a hypertension lorsque la pression artérielle maximale dépasse 15 cm de mercure.
- l'artériosclérose : durcissement de la paroi des artères, qui perd son élasticité.
- l'athérome : plaques de cholestérol qui encrassent la paroi des artères.
- le cholestérol : correspond à une surcharge de graisses.

## II. ANALYSE DU CONTENU :

Comme indiqué précédemment, j'ai décidé de présenter sous forme de tableau le contenu des chapitres étudiés. Ceci, d'une part, pour mieux visualiser les résultats de l'analyse, et d'autre part, pour mieux se rendre compte des modifications du contenu au fil des années.

Il s'agit d'un tableau à doubles entrées, rendant compte des différents thèmes abordés en ordonnée, et des numéros des éléments du corpus en abscisse.

J'ai inséré dans ce tableau les mentions « textes rédigés, schémas, photographies » pour certaines parties qui serviront plus tard dans l'étude des illustrations et des procédés didactiques.

Le tableau permet donc une double lecture, d'abord, les différents thèmes étudiés par manuel, et ensuite, la fréquence d'apparition de ces différents thèmes dans tout le corpus, donc au cours des quatre vingt dix dernières années.

### A. LE TABLEAU RECAPITULATIF DES DIFFERENTS THEMES ABORDES PAR MANUEL DANS LE CORPUS

DOCUMENT N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>LE COEUR</b>									
Schéma annoté	X		X	X	X	X	X	X	X
Photographie	X	X	X	X	X	X	X	X	
Texte rédigé		X	X	X	X	X	X	X	X
<b>La contraction cardiaque</b>									
texte	X	X	X	X	X	X	X	X	X
schéma	X	X	X	X	X		X	X	
L'E.C.G	X						X		
Le rythme cardiaque	X	X		X	X	X	X	X	
Le pouls	X	X		X		X	X	X	
La pression artérielle	X	X		X		X	X	X	
<b>L'appareil circulatoire</b>									
Texte	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Schémas	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>La double circulation</b>									
Texte	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Schémas	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Le sang									X
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>8</b>

Tableau n°1

<b>DOCUMENT N°</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>T</b>
<b>LE COEUR</b>									
<b>Schéma annoté</b>	X	X	X	X		X	X	X	<b>15</b>
<b>Photographie</b>									<b>7</b>
<b>Texte rédigé</b>		X	X	X	X	X	X	X	<b>15</b>
<b>La contraction cardiaque</b>									
<b>texte</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	<b>17</b>
<b>schéma</b>	X								<b>8</b>
<b>L'E.C.G</b>	X							X	<b>4</b>
<b>Le rythme cardiaque</b>	X	X	X	X	X	X		X	<b>14</b>
<b>Le pouls</b>		X		X	X	X	X	X	<b>12</b>
<b>La pression artérielle</b>		X							<b>7</b>
<b>L'appareil circulatoire</b>									
<b>Texte</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	<b>17</b>
<b>Schémas</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	<b>17</b>
<b>La double circulation</b>									
<b>Texte</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	<b>17</b>
<b>Schémas</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	<b>16</b>
<b>Le sang</b>		X	X	X	X	X	X	X	<b>8</b>
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>187</b>

Tableau n°1



Pour commencer, je parlerais des maladies cardio-vasculaires qui ne sont évoquées que dans les manuels 1 et 2, donc les plus récents. On peut peut-être rattacher cette remarque au fait de la prise de conscience actuelle de la prédominance de ces maladies dans les causes de mortalité en France aujourd'hui. La prévention et l'information des jeunes pouvant aider à enrayer ce fléau, les programmes scolaires évolueront sûrement en ce sens.

Par contre, l'étude du sang se rencontre dans tous les manuels les plus anciens (les numéros 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, et 9), à l'exception du document 10.

Ce sujet faisait donc systématiquement partie du chapitre sur la circulation sanguine de 1904 à 1956, mais plus après. Il y aura certainement eu à cette époque un changement de programme qui aura fait de ce sujet, un chapitre à part entière, totalement indépendant.

Ces deux premières remarques relatent les plus grands bouleversements dans le contenu des chapitres étudiés, puisqu'on se rend compte que les thèmes autres que l'étude du sang et des maladies cardio-vasculaires sont présents presque systématiquement dans tous les extraits de manuels constituant le corpus.

En effet, on remarque que tous les manuels proposent :

- une étude anatomique du cœur,
- une étude de la contraction cardiaque
- une étude de l'appareil circulatoire
- une étude de la circulation.

Les seules différences se rencontrent dans la présentation ou non du principe de l'électrocardiogramme, du rythme cardiaque, du pouls et de la pression artérielle.

On peut effectivement voir qu'ils sont présents dans les manuels :

- 1, 7, 10, 17, pour le principe de l'électrocardiogramme.
- 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, pour l'explication du rythme cardiaque.
- 1, 2, 4, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 16, 17, pour le pouls.
- 1, 2, 4, 6, 7, 8, 11, pour la pression artérielle.

Afin de mieux visualiser ces remarques, je vais dresser un autre tableau présentant la fréquence d'apparition de chaque thème dans l'ensemble du corpus.

INTITULE DES THEMES	FREQUENCE D'APPARITION DANS LE CORPUS
Le cœur	100 %
La contraction cardiaque	100 %
L'appareil circulatoire	100 %
La double circulation	100 %
Le rythme cardiaque	82.3 %
Le pouls	70.5 %
La pression artérielle	50 %
Le sang	47 %
L'électrocardiogramme	23.5 %
Les maladies cardio-vasculaires	11.7 %

Tableau n°2

Ce tableau résume bien tout ce qui a été dit auparavant, et que les petites différences de contenu sont sûrement dues à la personnalité, et à l'initiative de l'auteur qui aura décidé de parler ou non de ces différents thèmes.

En conclusion, on pourra donc affirmer que le contenu du chapitre sur la circulation du sang a peu évolué au cours de ce dernier siècle. Les quelques distinctions relevées ne peuvent faire état d'un profond bouleversement, et ne peuvent être rattachées à des périodes précises. C'est pourquoi, notre étude va essayer de voir si la méthode par laquelle sont transmises ces connaissances s'est modifiée au cours de toutes ces années.

Il nous faudra tout d'abord voir comment sont présentés les sujets aux élèves, en particulier, étudier la formulation employée, la présence ou non d'illustrations, et leurs fonctions quand elles seront présentes.

## **Troisième partie**

### **L'ANALYSE VISUELLE**

L'analyse visuelle des éléments du corpus va se dérouler en plusieurs étapes.

Je présenterai tout d'abord une étude du format et du nombre de pages allouées à l'étude de la circulation sanguine dans chaque manuel, et je compléterai par la présentation d'une typologie des illustrations présentes dans les différents éléments du corpus.

Pour terminer, l'analyse de la mise en page nous permettra de dire si on peut mettre en rapport ces différentes remarques, et ainsi, voir si elles ont contribué à faciliter l'apprentissage au cours de ce dernier siècle.

J'ai placé en fin de cette partie le détail de l'étude visuelle des différents éléments du corpus.

## **I. ETUDE DU FORMAT ET DU NOMBRE DE PAGES :**

De manière générale, l'observation du relevé des formats des différents manuels étudiés montre que ce dernier a bien évolué.

On note en effet qu'il est passé environ de 12cm / 18.5cm dans les années 1900 à 19.5cm / 28 cm en 1989. Ce qui correspond à la prise de 7.5 cm en largeur, et de 9.5 cm en longueur, et constitue une modification très nette de sa présentation matérielle.

Comme le montre le tableau suivant, on peut dire par ailleurs que cette évolution s'est faite lentement et progressivement dans le temps.

1900	1910	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990
12.25cm	11.75cm	12.5cm	12.25cm	14cm	15.5cm	15	19.5cm	19.5cm
X	X	X	X	X	X	X	X	X
18.5cm	17.75cm	18.5cm	19.25cm	21.5cm	20.75cm	22.75cm	26.25cm	28cm

Tableau n° 3. Format moyen du manuel de biologie – classe de troisième – de 1900 à 1990.

Si on prend maintenant en compte, le nombre de pages occupées par le chapitre sur la circulation du sang dans chaque manuel, on remarque qu'il est difficile de mettre en évidence une quelconque évolution. En effet, si on compte de 7 à 17 le nombre de pages occupées par ce chapitre dans chaque manuel, on voit qu'il n'y a pas de corrélation

entre ce chiffre et l'époque. Par contre, si on calcule le nombre moyen de pages par ouvrage, et par décennie, on peut voir que ce chiffre est d'environ 10 pages pour les années 1910 à 1980, et qu'il est de 13,5 pour 1900, et de 14 pour 1990.

Il est intéressant de voir que les deux chiffres les plus élevés se trouvent être les deux extrêmes de notre étude. En effet, il s'agit du manuel le plus ancien, et du manuel le plus récent.

On peut dire que le nombre de pages est important dans les années 1900, parce que le format du manuel est petit et ne laisse pas beaucoup d'espace par page. Le cas des années 1990 semble être d'une autre nature, puisque lui, propose le plus grand format et le plus grand nombre de pages. Il s'agit sûrement d'une nouvelle politique éditoriale qui aura permis une évolution de la présentation générale des manuels scolaires.

Nous allons maintenant procéder à l'étude des illustrations présentes dans les différents ouvrages. Tout d'abord, nous allons essayer de dénombrer les différents types d'images présentes. Avec l'analyse de la mise en page, nous pourrons étudier l'importance du choix du type de l'illustration, en fonction de ce qu'elle représente, et le rapport entre ces images et le texte sera vu plus particulièrement dans la quatrième partie de ce mémoire.

## **II. LES ILLUSTRATIONS – ETUDE QUANTITATIVE :**

Nous allons commencer par un relevé présenté sous forme de tableau, des différents types d'images présents par manuel. A la lecture des différents éléments du corpus, j'ai pu compter cinq types dominants qui sont les schémas, les photographies, les imageries médicales, les tableaux de données, et les graphiques et courbes. Seul, le document 3 propose deux gravures anciennes que j'ai décidé de ne pas entrer dans le tableau, du fait du genre particulier peu représentatif qu'elles véhiculent.

Numéro du document	Nombre de schémas	Nombre de photographies	Nombre d'imageries médicales	Nombre de tableaux de données	Nombre de graphiques et courbes	Nombre total illustrations
1	16	5	8	2	5	26
2	11	7	3			21
3	5	2	2			9
4	4	9	1			14
5	12	3	2			17
6	6	7				13
7	10	5				15
8	9	5				14
9	7					7
10	13					13
11	16	1				17
12	11	3				14
13	6					6
14	8					8
15	12					12
16	7					7
17	17					17
<b>TOTAL</b>	<b>160</b>	<b>47</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>230</b>

Tableau n°4. Nombre d'illustrations par type, et par manuel.

D'après ce tableau, on pourra faire deux types d'analyses. Tout d'abord, on pourra prendre comme entrée, le manuel, et voir le nombre d'illustrations qu'il propose ainsi que leur répartition par type au fil des années. Ensuite, on pourra étudier la fréquence d'apparition des différents genres d'images, dans la totalité du corpus d'une part, et ensuite par décennie.

L'analyse de ce tableau nous permet de calculer qu'en moyenne , on compte 13 illustrations par document, mais nous montre aussi qu'il est difficile d'établir une corrélation entre le nombre d'images et l'époque de publication du manuel.

On voit bien que la plupart des manuels étudiés en proposent un nombre plus ou moins égal à la moyenne, mais on peut toutefois remarquer que les documents 1 et 2 en contiennent une quantité plus importante puisqu'on leur en attribue respectivement 26 et 21.

Si il est difficile d'établir une corrélation entre le nombre d'images proposées par manuel, et l'époque de sa publication, l'étude de la répartition des différents types présents nous en dira plus.

A la première lecture du tableau, on voit bien que plus le manuel est récent, plus il propose des genres différents d'illustrations, et inversement, plus il est ancien, moins il en propose.

On remarque que :

- le manuel 1 paru en 1889, propose 5 types différents d'images.
- les manuels 2, 3, 4, et 5 parus en 1980 et 1975, en proposent 3.
- Les manuels 6, 7, 8, 11, et 12, parus en 1966, 1961, 1956,, 1940, 1934, en proposent 2.
- Les manuels 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, parus en 1953, 1949, 1930, 1927, 1926, 1904, 18903, en proposent 1 seul type.

Ce qui nous permet de dire qu'à l'exception des manuels 9 et 10, le nombre de genres d'illustrations proposées dans les manuels scolaires de biologie dépend de leur date d'édition.

On peut en effet affirmer que des années 1900 à 1930, le seul type d'images présent dans les manuels est le schéma. Les photographies sont introduites dans les années 1940, et c'est à partir de 1975, qu'on voit apparaître les représentations d'imagerie médicale.

Le manuel le plus récent nous propose même des tableaux de données et des graphiques, mais nous ne prendrons plus cette remarque en considération pour la suite de l'analyse. Cette catégorie n'étant présente que dans un seul manuel, elle ne peut être significative.

On peut donc conclure qu'au fil du siècle, les différents éléments constituant le paratexte des manuels scolaires de biologie ont évolué dans la diversité de leur nature.

Nous continuerons notre étude par le calcul de la répartition des différents types d'images à l'intérieur de chaque manuel, puis dans l'ensemble du corpus .

Les résultats sont présentés sous forme de tableau :

<b>Document N°</b>	<b>Schémas</b>	<b>Photographies</b>	<b>Imagerie médicale</b>	<b>Autres</b>
<b>1</b>	23 %	19 %	30 %	28 %
<b>2</b>	52.5 %	33.5 %	14 %	
<b>3</b>	55.5 %	22.5 %	22 %	
<b>4</b>	29 %	64 %	7 %	
<b>5</b>	70.5 %	17.5 %	12 %	
<b>6</b>	46.5 %	53.5 %		
<b>7</b>	66.5 %	33.5 %		
<b>8</b>	64.5 %	35.5 %		
<b>9</b>	100 %			
<b>10</b>	100 %			
<b>11</b>	94 %	6 %		
<b>12</b>	79 %	21 %		
<b>13</b>	100 %			
<b>14</b>	100 %			
<b>15</b>	100 %			
<b>16</b>	100 %			
<b>17</b>	100 %			

Tableau n°5. Répartition des différents types d'illustrations par manuel

La lecture de ce tableau nous montre bien la tendance très nette à privilégier le schémas comme image des années 1900 à 1975. Si on fait exception du document 6, tous les manuels de cette époque en proposent au minimum 65 % de leur nombre total.



Par contre, à partir des années 75, 80, on ne peut pas affirmer qu'il existe une proportion établie des différentes catégories d'illustrations, puisque selon les manuels, on en trouve trois ou quatre genres différents, et répartis différemment en quantité selon les ouvrages. En effet, le manuel 1 nous propose une proportion à peu près égale des différents types d'images, les documents 2 et 3 privilégient le schéma à la photographie, tandis que le document 4, lui affiche une très nette préférence pour les clichés puisqu'il en propose 64 %.

Si on calcule maintenant la fréquence d'apparition des différents types d'images dans l'intégralité du corpus on obtient les résultats suivants :

Schémas	Photographies	Imagerie Médicale	Autres
69.5 %	20.5 %	17 %	3 %

Tableau n°6. Fréquence d'apparition des illustrations par type, dans l'intégralité du corpus

Ce tableau nous précise bien que le schéma est le type d'illustration le plus présent dans les manuels scolaires de biologie. Cependant, petit à petit au fil des années, il laisse place à d'autres types d'images qui viennent le compléter et offrir d'autres informations.

En effet, les photographies semblent gagner leurs lettres de noblesse, puisqu'elles représentent déjà 20 % du nombre total d'illustrations dans le corpus, mais ne sont présentes systématiquement dans tous les manuels que depuis 1956. On peut aisément imaginer qu'à l'avenir, elles tiendront une place de plus en plus importante au sein des ouvrages de biologie.

Pour terminer, on a vu apparaître à partir de 1975, un autre type d'images dans les manuels, les représentations d'imageries médicales.

On peut expliquer ce phénomène par l'importance des nouvelles technologies qui ont permis des progrès considérables dans les domaines de la médecine et de l'imprimerie. Ce qui fait qu'il est maintenant plus facile de mêler différents types d'illustrations sur une même page qu'il l'était il y a cinquante ans.

Si maintenant, on replace ces différentes observations dans leur contexte, à savoir celui des manuels scolaires, on peut dire que les pratiques de lecture de l'élève auront évoluées au cours de ce siècle. En effet, l'outil de travail qu'il a dans les mains a changé, et obligatoirement, véhicule des informations différentes. C'est pourquoi, nous allons maintenant essayer de voir si le contenu de ces images a une influence sur la mise en page de ces manuels, et par extension, si l'apprentissage s'en trouve facilité ou non.

### **III. LA MISE EN PAGE :**

Dans ce paragraphe, nous allons essayer de montrer comment l'organisation de l'aire scripturale de la page conditionne ou non la lecture.

En effet, nous allons voir comment a évolué la mise en page des manuels scolaires de biologie au cours de ce dernier siècle, et ainsi, déceler son implication dans le processus didactique.

Toutes les conclusions énoncées dans ce texte partiront de l'étude comparée des documents placés à la fin de cette troisième partie du mémoire. (pages )

Nous commencerons notre analyse par la présentation du titre de chapitre, et du corps du texte. Puis, nous continuerons par l'étude générale des différents procédés de mise en page.

#### **1) LA ZONE DE TITRE :**

D'une manière générale, on peut dire que le titre du chapitre est parfaitement identifiable comme tel.

Souvent, il est noté en caractères gras, de taille plus importante, centré sur la largeur de la page, et bien séparé du corps du texte.

On peut même remarquer l'initiative du document 3 qui utilise un procédé particulier pour mettre son titre son valeur, et en profite pour attirer l'attention du lecteur.

En effet, le titre se trouve être encadré par la représentation d'un panneau de signalisation routière indiquant le STOP. Chacun connaît ce panneau, et sera donc sensible à la signification symbolique de ce signe.

D'autres procédés peuvent être utilisés autour du titre pour capter le lecteur.

C'est ainsi, qu'on peut trouver autour du texte lui-même, des illustrations ou des différents types de textes, qui auront tous pour but de le compléter et d'attirer l'attention du lecteur de différentes manières.

Par exemple, le document 2 propose un petit paragraphe signifiant l'intérêt de l'étude de la circulation du sang, et s'appuie sur l'explication de la découverte du phénomène. L'auteur cherche à légitimer son écrit, et emploie pour ça, la citation de la référence historique.

Une autre façon de faire, consiste à placer avant le titre une ou deux photographies.

On trouve dans le corpus, quatre documents qui ont choisi cette méthode, mais toutefois, leur stratégie est différente de par la signification de l'information véhiculée par ces illustrations.

En effet, on a d'une part les documents 5 et 6 qui présentent respectivement des photographies du cœur et des capillaires sanguins, et d'autre part, les documents 11 et 12, qui eux, présentent des photographies de la prise de tension artérielle, et des arrêts des hémorragies.

On peut dire que le procédé de mise en page est le même pour ces quatre documents, mais l'effet provoqué sur le lecteur est différent.

Dans les deux premiers documents, sont montrés des photographies ayant une fonction descriptive. Elles sont débordantes de réalité, et déclenchent chez le lecteur un vif intérêt. Les représentations qu'ils se fera à la lecture du cours qui suit ces illustrations seront plus réelles et s'en trouveront facilitées.

Le procédé utilisé dans les deux autres manuels est différent, puisqu'ils proposent des photographies de scènes de la vie courante, qui auront pour mission de permettre au lecteur de s'identifier à ce qu'il voit. En effet, chacun de nous s'est déjà trouvé chez le médecin pour la prise de la tension lors d'une consultation. Le fait de trouver une explication scientifique à une situation courante attisera la curiosité de l'élève, et il en sera plus réceptif au contenu du cours qui va suivre puisqu'il en aura perçu l'intérêt. On dit que le sujet de l'étude est inscrit dans le contexte social du lecteur.

Si ces divers procédés ont pour but de mettre en valeur le titre, et d'attirer l'attention du lecteur, on peut constater à l'examen du corpus qu'ils ne sont pas une préoccupation dans la plupart des ouvrages étudiés.

En effet, beaucoup (Documents 1, 4, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, et 17) ne mettent en place aucun artifice particulier autour du titre pour renforcer son impact, commencent le cours directement à sa suite.

On compte même deux manuels (Documents 10 et 15) qui ne vont même pas à la page pour commencer le chapitre. Le cours débute aussitôt la fin du chapitre précédent, avec juste quelques interlignes les séparant.

Cette façon de faire ne facilite pas la lecture de ces cours, car si on a déjà des difficultés à identifier le titre d'un chapitre, on peut imaginer que la mise en page de la suite ne permettra pas non plus d'identifier les différents paragraphes, et donc de se situer, ou simplement de retrouver une partie précise, un élément du cours qui nous intéresse.

Un seul parcours de lecture est donc autorisé dans ces manuels. On est obligé de tout lire du début à la fin, en suivant la linéarité du document.

Cette remarque va nous amener à passer maintenant à l'étude de la mise en page en général dans l'ensemble des éléments du corpus.

Nous allons essayer de voir comment se découpent et s'organisent les différents paragraphes constituant les chapitres étudiés. Ainsi, nous pourrions dire si l'élève de troisième des années 1990 se voit proposer le même type d'outils que celui des années précédentes.

## **2) LA MISE EN PAGE :**

La première remarque concernera le fait qu'il est difficile de séparer les deux analyses qui sont celles du contenu et celle de la mise en page. On a vraiment du mal à les dissocier, car on est obligé de s'intéresser au contenu informatif des documents qu'on examine pour pouvoir se rendre compte de l'incidence du mode de présentation du texte et des images. Ces deux domaines sont interdépendants.

L'étude successive de la mise en page de tous les éléments du corpus a permis de mettre en évidence plusieurs étapes dans son évolution au cours de ce dernier siècle.

(Le détail de cette analyse peut se consulter à la fin de cette troisième partie).

On distingue quatre phases à cette transformation

On a tout d'abord les manuels où le cours se déroule de façon linéaire, littéraire du début à la fin du chapitre sans prise en considération de l'espace offert par la page.

La lecture de ces ouvrages ne peut se faire qu'à la façon d'un roman, et les textes présentés sont très rédigés.

Les manuels présentant cette stratégie sont les éléments 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17 du corpus.

Heureusement, ils proposent tous une identification aisée des différents paragraphes par leur découpage précis et leur mise en valeur. La lecture s'en trouve facilitée, mais elle reste très structurée puisqu'on est obligé de suivre le fil du texte pour l'étude du chapitre.

Ces différents manuels ne permettent donc qu'un seul parcours de lecture, et rendent rigide et austère le rapport de l'élève à son outil de travail.

La deuxième étape de l'évolution de la mise en page prend essence avec le document 4 qui propose en son sein deux types de présentation.

Pour commencer, sa lecture s'effectue sur l'espace défini par la double page.

Sur les deux premières du chapitre, la mise en page se sert de l'espace qui lui est offert pour organiser le contenu informatif du manuel. On observe ce fait pour l'introduction et les diverses observations proposées à l'élève pour le mettre en situation.

Par contre, le cours proprement dit, se répartit sur deux doubles pages qui présentent la même forme, mais sans la répartition du contenu. Le texte se lit de façon linéaire, en suivant le déroulement des pages.

On peut considérer cet ouvrage comme la première étape d'une modification importante de l'organisation des manuels scolaires de biologie. En effet, le mouvement suivant de cette transformation prend état dans le document 3 du corpus qui organise son contenu informatif en fonction de l'espace offert par le support de la page.

Là encore, la lecture s'effectue sur la double page, et l'autre remarque renforçant l'effet de structuration, est liée à la présence de multiples cadres. Chaque cadre correspond à un document qui sera étudié, et qui servira de support et de point de départ à un élément du cours.

On voit bien avec ce manuel, la volonté d'attirer l'élève, et de lui proposer plusieurs parcours possibles pour sa lecture. Chaque cadre est bien indépendant, et il est donc

facile d'aller de l'un à l'autre sans forcément suivre l'ordre présenté par les numéros attribués à chaque document qu'ils contiennent.

Dans ce manuel, on peut donc dire que l'espace offert par le support matériel devient aussi important que le contenu puisque c'est lui qui le structure. Chaque idée développée tient dans un cadre lui-même prenant sa place parmi les autres dans la page.

Le manuel 1 marquera encore un étape complémentaire à cette évolution de la mise en page, puisque lui a choisi de gérer ponctuellement le découpage du cours en chapitres et sa présentation sur double page.

En effet, dans cet ouvrage, chaque double page correspond à une partie parfaitement identifiée et nommée du chapitre, qui sera reprise dans la dernière double page sous la forme d'un cours rédigé.

On se rend bien compte à la lecture de ces remarques que le manuel scolaire a subi au cours de ce siècle d'importantes mutations dans sa mise en page.

Son évolution a été progressive, pour passer de l'ouvrage linéaire qui se lit de son début à sa fin sans choix de parcours de lecture, à l'ouvrage très structuré qui met en scène son contenu en fonction de l'espace qui lui est offert, et qui donc organise sa mise en page en fonction de ce contenu à exprimer.

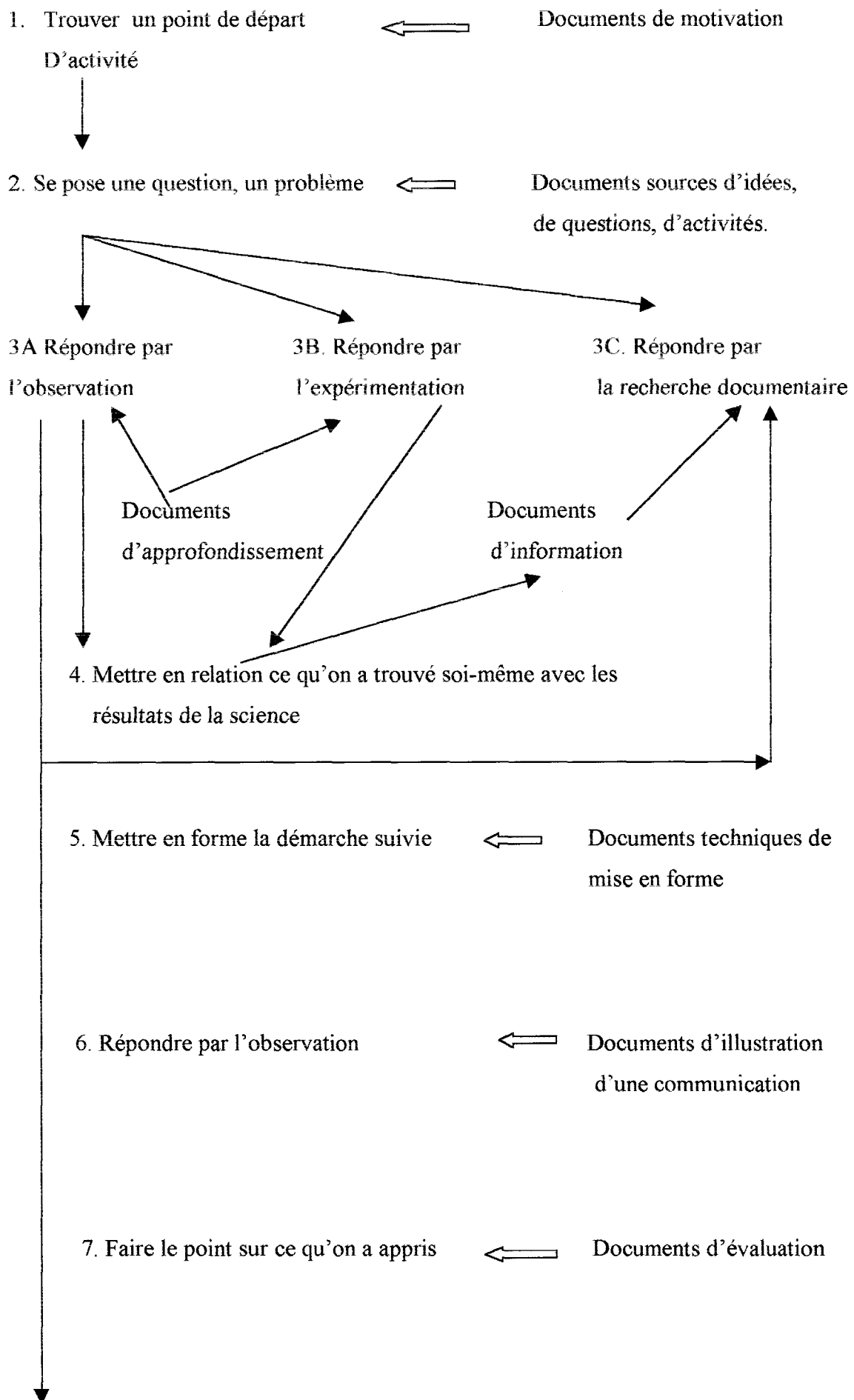
On peut donc dire qu'avec les années 1975 (date d'édition du manuel 4), a émergé l'idée d'aider l'élève dans sa démarche d'apprentissage par une modification profonde de la présentation des manuels scolaires de biologie.

C'est ainsi qu'on peut observer que les éléments 1, 3 et 4 du corpus sont conçus à la manière de ce qu'on appelle les aides didactiques. On constate en effet que l'organisation de leur mise en page ne fait que reprendre et mettre en valeur les différentes étapes d'une démarche expérimentale, et peut se résumer par un tableau.

Ce tableau, d'après Jean-Pierre ASTOLFI<sup>1</sup> a pour but de faire apparaître l'articulation de la mise en page avec la fonction des documents.

---

<sup>1</sup> ASTOLFI, Jean-Pierre, VERIN, Anne. *Formation scientifique et travail autonome*. Paris : INRP, 1985 p205



Le terme d'aide didactique<sup>2</sup> désigne des instruments sélectionnés ou élaborés par l'enseignant pour constituer des facilitateurs, à différents moments des l'activité didactiques.

La conception et l'utilisation de ces instruments a une triple finalité :

- solliciter l'activité et la réflexion personnelle des élèves, ce qui correspond pleinement à la notion d'aide : aide à l'appropriation des savoirs et savoir-faire ;
- Rendre possible un travail autonome leur permettant d'évoluer selon des rythmes différenciés ;
- Familiariser les élèves avec des outils de communication plus ou moins spécialisés dans le domaine scientifique.

Le manuel scolaire constitue souvent l'instrument d'apprentissage privilégié pour l'élève, et rassemble des documents descriptifs et explicatifs, des exercices, etc., organisés avec rigueur.

Les documents didactiques doivent être adaptés à leurs destinataires, il faut donc qu'ils soient compréhensibles par les élèves, car de leur lisibilité dépend leur efficacité.

On peut dire qu'un document écrit c'est du texte et de l'illustration, dans une mise en page qui n'est pas quelconque. Chaque élément présente des caractéristiques spécifiques qui peuvent être sources d'obstacles.

On en arrive donc naturellement à la troisième grande étape de notre étude des manuels scolaires, celle de la formulation des idées et du rapport texte/images.

---

<sup>2</sup> ASTOLFI, Jean-Pierre, DAROT, Eliane et Al. *Mots-Clés de la didactique des sciences*. Repères, définitions, bibliographies. Bruxelles : De Boeck-Université, 1997. Page15.



#### **IV. REMARQUES GENERALES SUR L'ANALYSE VISUELLE DE CHAQUE ELEMENT DU CORPUS :**

Dans cette partie, je présenterai l'analyse de la mise en page de chaque document constituant le corpus, ainsi que le relevé des différentes illustrations qu'ils contiennent.

Ce, d'abord pour permettre la consultation du détail de l'étude, et donc proposer les différentes remarques qui ont été le point de départ de ce mémoire de ce mémoire.

#### **DOCUMENT 1**

**Le titre :** Activité cardiaque et circulation

**Le format :** 19.5cm / 28 cm.

Le chapitre est partagé en trois parties distinctes :

- une double page de présentation,
- cinq doubles pages intitulées «travail sur documents »,
- Une double page de cours.

D'une façon générale, la présentation est très aérée, et présente de nombreuses illustrations.

#### **ORGANISATION VISUELLE :**

LA DOUBLE PAGE DE PRESENTATION :

Page de gauche : Le titre du chapitre est écrit en caractères majuscules de grands formats, blancs, dans un cadre noir.

En vis-à-vis de ce titre, on a un petit texte introductif au chapitre.

Sur la partie inférieure de la page, se trouvent deux illustrations, l'une montrant «l'appareil circulatoire, d'après une représentation ancienne», et l'autre «des globules rouges dans un vaisseau capillaire, vus au microscope électronique».

L'idée de l'évolution technologique est véhiculée dans ces deux illustrations : L'appareil circulatoire est représenté dans le corps entier sur une gravure ancienne, alors que le globule rouge est montré dans un vaisseau, au moyen d'un microscope électronique. Il y a donc opposition entre les représentations sommaires qu'on pouvait avoir auparavant et les certitudes actuelles permises grâce à l'évolution technologique de l'imagerie médicale.

Page de droite : La partie supérieure est occupée par une imagerie médicale des vaisseaux du cœur, et la partie inférieure présente le contenu du cours à la manière des menus déroulant de l'ordinateur. Tous les textes sont encadrés.

Il y a problématisation des contenus du cours, ce qui permet une meilleure mise en contexte du lecteur, et l'aidera à se sentir plus concerné.

Les différents thèmes sont présentés sous forme de questions compréhensibles par tous et qui déterminent déjà les différentes parties qui seront traitées. La réponse à ces questions suit immédiatement, et sera ensuite reprise pour titre des différentes parties du chapitre.

Chaque sujet sera exploité sous la forme de «travail sur document», et fera l'objet d'une synthèse dans la dernière partie.

LA PARTIE «TRAVAIL SUR DOCUMENTS» :

A chaque partie proposée en réponse aux problèmes biologique posés en première page, correspond une double page.

On a cinq doubles pages, donc cinq parties de cours :

- La mise en évidence de la circulation.
- Le cœur et l'activité cardiaque.
- La double circulation.
- L'adaptation à l'effort.
- Les accidents et les maladies cardio-vasculaires.

Pour chaque double page, l'organisation visuelle est la même :

- Le titre en caractères gras en haut à gauche, suivi, soit en dessous, soit à droite, d'un petit texte introductif permettant la mise en contexte.
- La présentation des différents travaux à effectuer par l'élève. Chaque exercice est numéroté, et propose un ou plusieurs documents à étudier pour pouvoir répondre aux questions posées. Chaque document est bien délimité par son encadrement, et la question s'y rapportant est notée dans l'alignement du cadre.
- Une colonne occupant le tiers droit de la page propose au lecteur des recherches à effectuer, ainsi qu'un bilan des idées abordées dans la double page.

LA PARTIE «COURS » :

Cette partie occupe une double page. Le texte est présenté en quatre colonnes, à la manière journalistique. Quatre grandes parties sont déterminées, et occupent chacune une colonne, à l'exception de la deuxième.

Chaque titre est noté en caractères gras, un peu plus grand que ceux du corps du texte. Les sous-titres sont écrits en caractères majuscules, gras, et encadrés dans un fond grisé.

On trouve aussi sur cette double page, dans la partie inférieure droite, une illustration.

On peut conclure que l'organisation visuelle de ce manuel est particulière. Elle est totalement dépendante du contenu, et inversement, le contenu du cours doit absolument correspondre à la mise en page choisie.

En effet, chaque double page couvre exactement une partie du cours avec son texte et ses illustrations. Cela prouve bien que le contenu présenté a été pensé en fonction du support disponible, et inversement que le support et sa présentation ont été réalisés en fonction du contenu prévu.

LES ILLUSTRATIONS :

Dans ce manuel, on compte plusieurs types différents d'illustrations, qui sont les schémas, les photographies, les représentations d'imagerie médicale, les graphiques, les courbes et les tableaux de données.

On trouve aussi un procédé particulier qui consiste à mêler un schéma et une courbe pour expliquer le principe d'un appareillage médical.

Dans le détail, on a :

Les six schémas intitulés :

- Schéma simplifié d'une circulation extracorporelle.
- Schémas réalisés d'après l'observation d'une radiographie de la région thoracique, après injection d'un liquide opacifiant dans le sang.
- Représentation schématique des différentes phases de l'activité du cœur au cours d'une révolution cardiaque.
- Principe de l'électrocardiogramme (E.C.G.).
- Coupe longitudinale du cœur.
- Schéma simplifié de la double circulation.

Les cinq photographies :

- Bloc opératoire et appareillage «cœur-poumon » artificiel.
- Garrot placé à la hauteur du bras.
- Un sprinter en plein effort.
- Le passage à l'expérimentation.
- Prise de tension à l'aide d'un sphygmomanomètre.

Les huit représentations d'imagerie médicale :

- Les vaisseaux du cœur.
- Globules rouges dans un vaisseau capillaire, vu au microscope électronique.
- Artériographie de la région cérébrale.
- Capillaires sanguins dans un muscle.
- Scintigraphie cardiaque.
- Un caillot.
- Scintigraphie d'un cœur normal.
- Scintigraphie d'un cœur ayant subi un infarctus du myocarde.

Les deux tableaux :

- Variations du débit sanguin dans les différentes régions du corps, au repos.
- Fréquences cardiaques de quelques athlètes olympiques.

Les cinq graphiques ou courbes :

- Enregistrement simultané des variations de volume et de pression à l'intérieur des cavités du cœur et de l'aorte.
- Variations de pression dans les différentes parties de la grande circulation.
- Evolution de la fréquence cardiaque à l'exercice et au cours de la récupération, selon la puissance de l'exercice.
- Débit cardiaque et volume d'éjection systolique en fonction de la puissance de l'exercice.
- Evolution de la pression artérielle avec l'âge.

## **DOCUMENT 2**

**Le titre :** La circulation.

**Le format :** 19.5 cm / 27.5 cm.

Le chapitre portant sur la circulation occupe dix pages, et semble présenter une mise en page aérée, mêlant textes et illustrations de façon traditionnelle pour un manuel scolaire de biologie.

**ORGANISATION VISUELLE :**

Le titre du chapitre est noté en caractères gras, minuscules, mais en police importante, centré en largeur sur la page.

Tous les titres et sous-titres de paragraphes sont bien mis en valeur par leur mise en caractères gras, et les interlignes qui les séparent du texte.

Le texte, quant à lui est écrit en colonnes, en général deux par pages, ce qui permet une insertion naturelle des illustrations et de leurs annotations, soit sur la largeur d'une colonne, ou alors, sur la largeur de la page.

D'une manière générale, on peut donc dire que la mise en page de ce manuel est très nette et structurée. Elle permet une lecture facile, ainsi qu'un repérage aisé de ce qu'il faut retenir, puisque des petits résumés sont proposés à la fin de chaque paragraphe.

Ces petits résumés sont d'ailleurs eux-mêmes mis en valeur par leur retrait sur la gauche, en alignement avec les têtes de paragraphes, par leur mise en caractères gras, et par la présence d'un trait vertical, témoin de leur importance.

Par contre, on peut remarquer que le cours proprement dit ne commence que sur la deuxième page, puisque la première présente un historique de la découverte de la circulation du sang, ainsi que des petites questions amenant l'élève à réfléchir et à s'impliquer pour comprendre l'intérêt du sujet étudié.

### LES ILLUSTRATIONS :

Dans ce manuel, on trouve un grand nombre d'illustrations, à savoir plusieurs par page, mais on a l'étonnement de constater qu'aucun schéma du cœur n'est proposé. Il est juste situé anatomiquement par des radiographies, et présenté morphologiquement sur une photographie du cœur de mouton.

Les différentes illustrations montrées dans ce manuel sont de trois types : des schémas, des photographies, et des reproductions de radiographies.

Les onze schémas représentent :

- Le cheminement du sang à travers le cœur.
- Le trajet du sang entre la veine cave supérieur et les veines pulmonaires.
- La coupe transversale de l'aorte.
- La contraction cardiaque.

- L'artère coronaire naissant de l'aorte.
- L'aorte et ses ramifications.
- Les points de compression.
- La veine.
- Le système lymphatique.
- La double circulation du sang.
- La coupe longitudinale d'un vaisseau à paroi épaissie par un athérome.

Les sept photographies :

- Le cœur de mouton face ventrale.
- Le cœur de mouton ouvert avec l'aorte ouverte.
- Départ de l'aorte incisée longitudinalement.
- Prise de tension artérielle.
- Coupe transversale d'une artère.
- Les veines du pli du coude.
- Les veines de la main.

Les trois radiographies :

- La radiographie des artères cérébrales.
- Radiographie du cœur de face.
- Radiographie du cœur de profil.

### **DOCUMENT 3**

**Le titre :** Comment transporter l'oxygène et les aliments : mettre le sang en mouvement.

Une pompe : le cœur

Un circuit : les vaisseaux

**Le format :** : 19.5 cm / 25 cm.

Le chapitre occupe dix pages de l'ouvrage.

Ce manuel de biologie présente une mise en page particulière. Tout d'abord, parce que sa lecture s'effectue sur la double page, et ensuite parce que chaque sujet étudié est parfaitement délimité par un cadre.

On peut donc dire que son organisation est très structurée, et très découpée.

A chaque partie de cours correspond donc un cadre, mais aussi un document à étudier qui servira de support à l'explication, et au moins une illustration.

### ORGANISATION VISUELLE :

La présentation du titre est très intéressante. Elle occupe toute la partie supérieure de la première double page, et met en place un procédé particulier qui attire particulièrement l'attention. En effet, le titre est encadré par une représentation d'un panneau de signalisation STOP. Il faut sûrement y comprendre la valeur symbolique de ce panneau qui est là pour nous dire «stop ! Il y a quelque chose d'intéressant à apprendre ! ».

Si on s'attarde sur le contenu de ce cadre, on voit deux parties dans ce titre.

Sur la partie gauche, le texte «comment transporter l'oxygène et les aliments : mettre le sang en mouvement – Une pompe : le cœur, un circuit : les vaisseaux » annonce le contenu du cours et sert de petite introduction.

Sur la partie droite, une gravure ancienne représentant un bras sur lequel est posé un garrot, et sous le cadre, un petit texte de trois lignes. Ce dernier n'explique ni ne commente la gravure, mais a la particularité d'étonner le lecteur, puisqu'il annonce que «chaque ventricule du cœur brasse journallement environ 8000 litres de sang, ce qui représente environ 16 tonnes de liquides mis en mouvement pour un muscle ne pesant pas plus de 300 grammes ».

On peut affirmer que tout est mis en œuvre pour attirer l'attention, et étonner le lecteur dans le titre. D'une part, par sa présentation matérielle qui attire spontanément le regard, et d'autre part, par sa formulation qui met le cœur en action, et véhicule l'idée du cœur «super héros », si petit et pourtant capable d'un travail herculéen pour nous permettre de vivre.



Le contenu du cours est partagé en neuf cadres enfermant chacun une partie du chapitre. A chaque thème abordé, on a au moins une illustration et du texte qui s'organise autour.

### LES ILLUSTRATIONS :

Les illustrations proposées dans ce manuel sont de quatre types : des schémas, des reproductions de gravures anciennes, des photographies et de l'imagerie médicale.

Respectivement, elles représentent :

#### Les cinq schémas :

- Coupe longitudinale du cœur de mouton
- Le circuit du sang.
- Les vaisseaux capillaires vus au microscope.
- Liaison entre les artérioles et les veinules.
- La double circulation.

#### Les deux gravures anciennes :

- Les expériences de William Harvey.

#### Les deux photographies :

- Le cœur de mouton en vue ventrale.
- Le cœur de mouton en vue dorsale.

#### Les deux imageries médicales :

- Les vaisseaux sanguins.
- Le trajet du sang

De plus on trouve pour la représentation de «la variation de la pression interne dans les cavités cardiaques », le procédé particulier qui consiste à mêler sur la même illustration, schémas courbes et explication de dispositif expérimental.

## DOCUMENT 4

**Le titre :** L'appareil circulatoire et la circulation.

**Le format :** 13 cm / 22.5 cm.

Ce manuel scolaire se présente sous un format particulier qui lui permet une mise en page originale. Le chapitre nous concernant y occupe huit pages.

Les deux premières doubles pages nous proposent une série d'observations qui permet une entrée en matière, et une meilleure implication du lecteur. Le cours proprement dit occupe les deux doubles pages suivantes.

La présentation du titre du chapitre ne convoque pas de d'artifice particulier, il est juste noté en caractères gras et de format plus important que le corps du texte.

La photographie d'un «écorché » le suivant permet de situer anatomiquement tous les éléments dont le cours va parler.

### ORGANISATION VISUELLE :

L'étude du chapitre présente trois types différents de mise en page, correspondant chacun à une partie du cours : l'introduction, sur la première page, les observations, sur les trois suivantes, et la leçon sur les quatre dernières.

La première page fait office de présentation au chapitre. En effet, elle propose son titre, et permet de situer exactement les constituants anatomiques dont il sera question dans la leçon.

Sur le plan visuel, elle est partagée en deux parties, la partie supérieure qui dispose le titre et la reproduction de l' »écorché », et la partie inférieure, qui elle présente un petit texte introductif, et justifiant l'illustration.

Les trois pages suivantes sont construites de la même façon, à savoir, sous forme de deux colonnes. Celle de gauche occupant un tiers de la page, et celle de droite, les deux tiers restant. On peut comparer cette mise en page avec les anciennes planches d'anatomie, puisque les illustrations sont sur la gauche, et que le texte et les légendes s'y rapportant sont sur la droite, séparés par un trait vertical. Ces différentes planches proposent diverses photographies qui d'abord, permettent une mise en situation, et une meilleure implication du lecteur car elles montrent des scènes de la vie courante qui impliquent chacun de nous, et démontrent l'intérêt du sujet de l'étude.

La deuxième série de photos sert de support aux observations, et à la dissection du cœur. Elle permet donc une mise en situation du lecteur qui devient alors acteur de sa lecture.

Les deux dernières doubles pages présentent elles aussi une mise en page particulière, qui présente le cours sur la page de gauche, et les schémas s'y rapportant sur la page de droite.

Le corps du texte prend la forme d'une colonne occupant les deux tiers droits de la page, et les sous-titres sont notés dans le tiers gauche. Ce procédé autorise une lecture facilitée du manuel, en mettant bien en valeur les différentes parties de texte, alors que la présentation générale reste très dense.

La page de droite est découpée elle aussi en deux colonnes, permettant la séparation des schémas annotés, et des questions posées à leur sujet.

La mise en page offrant une parfaite identification des paragraphes, accorde donc plusieurs stratégies de lecture. Il est très facile de se repérer, et de connaître le contenu des paragraphes sans les lire à la suite les uns des autres.

Pour compléter cette étude, nous allons maintenant nous intéresser aux illustrations qui tiennent une place importante dans ce manuel, puisqu'elles sont présentes sur chaque double page.

### LES ILLUSTRATIONS :

Le manuel étudié laisse donc un espace conséquent aux illustrations, mais n'en présente que trois types différents : des schémas, des photographies, et une représentation de

l'imagerie médicale. Dans le détail, nous allons relever l'intitulé de chacune de ces illustrations.

Les quatre schémas :

- Face ventrale d'un cœur de mouton.
- Coupe en long schématique du cœur.
- La contraction cardiaque.
- Schéma de la petite et de la grande circulation.

Les neuf photographies :

- L'«écorché».
- L'auscultation au stéthoscope.
- La prise de la pression artérielle.
- La prise du pouls.
- La face ventrale du cœur de mouton, présentée deux fois.
- La face dorsale du cœur de mouton.
- La dissection du cœur de mouton.
- L'observation au microscope des capillaires.

L'imagerie médicale :

- Radiographie du cœur et des gros vaisseaux.

## **DOCUMENT 5**

**Le titre :** Le cœur, les vaisseaux et la circulation.

**Le format :** 17 cm / 23 cm.

Le chapitre concernant la circulation du sang dans ce manuel occupe douze pages qui se lisent à la suite les unes des autres, sans prise en compte de «l'espace double page».

La présentation générale semble celle attendue d'un manuel de biologie mêlant le texte et les illustrations.

### ORGANISATION VISUELLE :

Le titre du chapitre est noté en caractères gras, majuscules, de police importante. Il est centré en largeur et en hauteur sur la page. En fait, ce n'est pas le premier élément sur la page. Sur le haut, on trouve deux photographies du cœur de mouton, présenté sous des faces différentes, ainsi qu'une instruction «exercez-vous à reconnaître ces derniers ».

Cette stratégie sert à intéresser et à impliquer le lecteur. Il est déjà interpellé avant de commencer le cours.

Sur cette première page, on trouve aussi sous le titre une petite phrase introductive qui annonce les différentes parties du cours, puis le cours commence.

Les différents paragraphes du chapitre sont bien identifiables par la mise en valeur de leurs titres notés en caractères gras et centrés en largeur sur la page, ainsi que leur sous-titre noté en caractères gras.

A part cette observation, on ne remarque pas de mise en page particulière. Les textes et les illustrations se suivent selon le plan du cours, occupant toute la largeur de la page, et les passages importants pour l'élève sont en caractères gras.

Toutefois, on peut voir à deux reprises la même manœuvre qui consiste à placer en vis-à-vis des photographies et des schémas qui représentent les mêmes vues.

En effet sur la première page, on a deux photographies du cœur de mouton, en vue ventrale, et en vue dorsale, et sur la page deux, exactement les mêmes représentations schématiques annotées.

Sur la troisième page, le même procédé est employé pour la représentation de la dissection du cœur de mouton.

Cette tactique permet une meilleure visualisation. Ainsi grâce à l'annotation des schémas, le réalisme de la photographie se retrouve beaucoup plus précis.

La présentation de ce manuel est donc tout à fait classique avec son texte clair et concis précisé par diverses illustrations.

## LES ILLUSTRATIONS :

On compte dans ce manuel trois genres différents d'illustrations : les schémas, les photographies et l'imagerie médicale.

### Les douze schémas représentent :

- Le cœur de mouton, face ventrale.
- Le cœur de mouton, face dorsale.
- Le trajet des deux incisions pour la dissection du cœur de mouton.
- La dissection du cœur de mouton.
- Le cœur humain, face ventrale.
- Le cœur humain, coupe transversale.
- Les principaux vaisseaux sanguins du corps de l'homme.
- Les capillaires de la membrane interdigitale de la grenouille.
- La coupe longitudinale et transversale d'une artère.
- La coupe longitudinale et transversale d'une veine.
- Le fonctionnement du cœur.
- Le schéma très simplifié de la circulation.

### Les trois photographies :

- Le cœur de mouton, face ventrale.
- Le cœur de mouton, face dorsale.
- Dissection du cœur de mouton.

### Les deux imageries médicales :

- Coupe transversale dans une petite artère.
- Le réseau de capillaires sanguins dans une villosité intestinale.

## **DOCUMENT 6**

Le titre : Circulation

Le format : 15.5 cm / 21 cm.

Le chapitre sur la circulation du sang occupe dix pages du manuel étudié, et apparemment, ne présente pas de particularité dans sa mise en page.

#### ORGANISATION VISUELLE :

La première page fait office de titre et de présentation du chapitre.

Elle est partagée en deux parties avec les deux tiers supérieurs montrant une photographie des capillaires sanguins, et sur le tiers inférieur, le titre du chapitre, suivi d'un petit texte introductif.

Le titre est noté en caractères gras, majuscules, et centré en largeur sur la page.

Dans ce manuel, on ne remarque aucune singularité de mise en page. Les différents paragraphes sont bien numérotés et parfaitement identifiables par la mise en valeur de leurs titres respectifs.

Le corps du texte, quant à lui, est noté en pleine ligne, sauf dans les cas où des illustrations sont insérées dans la largeur de la page.

On peut donc dire que ce manuel ne présente pas de mise en page régulière puisqu'on y rencontre indifféremment des pages entières de textes, des pages entières d'illustrations, ainsi que des pages mêlant textes et images. La stratégie de présentation étant apparemment choisie en fonction du format, et de la place occupée par les schémas ou photographies qui sont par ailleurs les deux seuls types d'illustrations proposées.

#### LES ILLUSTRATIONS :

Comme il est précisé précédemment, ce manuel n'offre que deux genres d'illustrations, et nous allons voir dans le détail ce qu'elles représentent.

Les six schémas :

- Le cœur humain, face antérieure.
- Coupe demi-schématique du cœur humain.
- Le système artériel.
- Le système veineux.
- Artériole, veinule et capillaire sanguin.
- Schéma de la circulation.

Les sept photographies :

- Capillaires sanguins dans le péritoine de l'homme.
- Le cœur de l'homme, face antérieure.
- Le cœur de mouton, face antérieure.
- Dissection du cœur de mouton.
- Coupe transversale du cœur de mouton.
- Comment on prend le pouls.
- Prise de la tension artérielle.

**DOCUMENT 7**

**Le titre :** La circulation.

**Le format :** 15.5 cm / 20.5 cm.

Dans ce manuel, le chapitre étudiant la circulation du sang occupe quatorze pages.

La présentation générale de cet ouvrage est assez commune, et répond aux attentes du lecteur d'un manuel scolaire.

**ORGANISATION VISUELLE :**



La première remarque importante tient dans le fait que la lecture de ce manuel s'effectue de manière linéaire, chaque page après l'autre. On peut dire que «l'espace page» n'est pas identifié comme support, car la mise en page ne le considère pas. En effet, les phrases se déroulent à la suite les unes des autres, sans soucis d'être commencées sur une page et terminées sur la suivante.

Sinon, la présentation est assez nette et aérée, et propose un grand nombre d'illustrations. Chaque paragraphe est clairement délimité par la mise en valeur de son titre et de ses sous-titres. De plus, les mots de vocabulaire importants à retenir, sont notés en caractères gras pour aider le lecteur à les identifier.

La dernière remarque concernera la page de titre, qui présente évidemment l'intitulé du chapitre, noté en caractères gras et majuscules, mais qui se trouve directement suivi par le début du cours, sans artifice particulier de présentation.

Pour conclure, on pourra dire que la lecture de ce manuel est très guidée. De part sa nature très structurée et rédigée, il ne permet pas stratégies différentes de lecture. Par contre, il reste très facile de se repérer et de retrouver un élément du cours sans avoir à tout relire.

En ce qui concerne les illustrations proposées, elles sont de deux types, à savoir, des schémas et des photographies.

### LES ILLUSTRATIONS :

Comme précisé précédemment, les illustrations présentes dans ce manuel sont de deux genres différents, mais proposent aussi la représentation du « dispositif expérimental permettant l'enregistrement graphique de la contraction cardiaque chez la grenouille ». Il s'agit en fait d'un schéma composé de plusieurs parties, montrant d'une part, la grenouille, l'appareillage qui lui est relié, et d'autre part, le tracé du cardiogramme obtenu. Ce mode particulier de représentation semble très usité pour l'explication des dispositifs expérimentaux.

Sinon, le relevé des intitulés des schémas et des photographies donne le résultat suivant :

Les dix schémas représentent :

- L'appareil circulatoire.
- Le cœur de mouton, vu par la face ventrale.
- Dissection du cœur de mouton.
- Coupe longitudinale du cœur humain.
- Coupe transversale du cœur humain.
- La contraction cardiaque.
- L'appareil pour la mesure de la tension artérielle.
- Schéma simplifié de la circulation sanguine.
- Veine ouverte montrant les valvules.
- Schéma général de la circulation.

Les cinq photographies :

- Le cœur de mouton, vu par la face ventrale.
- Coupe transversale d'une artère.
- Dissection du cœur de mouton.
- Auscultation des battements cardiaques.
- Réseau de capillaires dans le péritoine humain.

## **DOCUMENT 8**

**Le titre :** La circulation.

**Le format :** 16 cm / 24 cm.

L'espace occupé par ce chapitre dans le manuel tient dix neuf pages.

De la même façon que pour le manuel précédent, le titre du chapitre n'est pas particulièrement mis en valeur, puisqu'il est simplement noté en majuscules et centré en largeur dans le haut de la page. Par contre, une plus grande importance est donnée au sous-titre qui lui est présenté en caractères de formats plus importants, et qui laisse place à un schémas montrant une vue d'ensemble de l'appareil circulatoire sanguin.

On pourrait penser que cette page fait office de page « de garde » au chapitre, mais nous allons voir que ce n'est pas le cas.

### ORGANISATION VISUELLE :

La présentation générale de ce manuel est très classique. Les différents paragraphes sont facilement identifiables par leur découpage, et la mise en évidence de leur titre. Il est donc facile à lire, et propose une certaine fluidité dans sa rédaction.

Le corps du texte est écrit en pleine page, sauf dans le cas où il se rapporte à une image de petit format qui sera insérée dans la largeur de la page.

La mise en page de ce manuel est donc très linéaire, et doit se voir comme un ouvrage très rédigé, où les éléments du texte sont notés à la suite les uns des autres. Le support de la page est utilisé par nécessité, mais pas comme un élément à part entière. La page est considérée uniquement comme un support d'écriture et non pas comme un support pouvant structurer le contenu du texte.

Les seuls éléments venant perturber cette linéarité sont les diverses illustrations, somme toute assez nombreuses.

### LES ILLUSTRATIONS :

On peut dénombrer dans ce manuel, uniquement deux types d'images, qui sont les schémas, et les photographies.

Les neuf schémas représentent :

- L'appareil circulatoire sanguin.
- La vue antérieure du cœur.
- La vue postérieure du cœur.
- La conformation intérieure du cœur.
- Les valvules.
- Les artères et veines.

- Le schéma général de la circulation.
- Les schémas de la contraction cardiaque.
- La manière de prendre le pouls.

Les cinq photographies :

- Le cœur du lapin, face antérieure.
- Le cœur du lapin, face postérieure.
- La dissection d'un cœur de mouton.
- L'auscultation du cœur à l'aide d'un stéthoscope moderne.
- La prise de tension artérielle.

## DOCUMENT 9

**Le titre :** La circulation.

**Le format :** 12 cm / 19 cm.

Le dit chapitre occupe onze pages dans le manuel.

En toute première remarque, on voit que le titre du chapitre est numéroté (« III »). Il s'agit en fait de la troisième partie d'un grand chapitre intitulé « Fonctions de nutrition », comme l'indique la reprise de ces deux titres en entête sur les pages suivantes.

La deuxième remarque tient dans le fait que sous le titre, se trouve une petite phrase introductive au chapitre, en présentant le contenu, ce qui laisse pressentir qu'on a à nouveau affaire à un manuel dont le style d'écriture va être très rédigé.

ORGANISATION VISUELLE :

De manière générale, la présentation de ce manuel est assez serrée. D'abord, vu son petit format, les caractères d'écriture sont de petite taille, ce qui rend peu attrayant la lecture. De plus, les paragraphes sont peu aérés, puisque le corps du texte prend toute la ligne, en alignement justifié, et que les schémas sont insérés, et entourés par le texte.

Toutefois, les différents thèmes sont bien identifiables par la mise en valeur des titres et des sous titres des différentes parties de cours.

Ce manuel présente donc une mise en page régulière, sans surprise, à la limite de l'austérité. Heureusement qu'il montre un bon nombre de schémas qui viennent aérer la présentation, et rendre plus attrayante la lecture.

### LES ILLUSTRATIONS :

Dans ce manuel, ne sont présentés que des schémas comme type d'illustrations.

Ces sept différents schémas représentent :

- Une goutte de sang vue au microscope.
- Des globules blancs intégrant des microbes.
- Des globules blancs traversant la paroi d'un capillaire sanguin ;
- Du sang coagulé.
- Schémas expliquant la coagulation du sang.
- La circulation du sang chez l'homme.
- Le cœur et les gros vaisseaux.

## DOCUMENT 10

**Le titre :** L'appareil circulatoire sanguin.

**Le format :** 12.5 cm / 20.5 cm.

Le chapitre sur la circulation du sang dans ce manuel, occupe dix sept pages.

La première chose frappante quand on feuillette ce manuel, tient dans le fait que le chapitre, d'une part, commence sur le bas d'une page, et que d'autre part, le haut de la page présente la fin du chapitre précédent. Il est quand même assez surprenant de voir que le début du cours ne débute pas sur une nouvelle page.

### ORGANISATION VISUELLE :

Comme il est précisé précédemment, on se rend vite compte que dans ce manuel, la mise en page est très condensée, et que peu d'espace se trouve libre dans une page. De plus, la taille des caractères d'écriture est très petite, ce qui n'améliore pas la lisibilité. Les schémas proposés sont donc les bienvenus pour rendre plus agréable la vue de ce manuel.

### LES ILLUSTRATIONS :

On ne voit que treize schémas dans cet ouvrage, et leur intitulés sont les suivants :

- Le cœur, face antérieure.
- Le cœur, face postérieure.
- Coupe du cœur.
- Dissection du cœur gauche.
- Inscription graphique des mouvements du cœur.
- Les mouvements du cœur.
- Structure d'une artère.
- La tunique moyenne d'une artère.
- Le système artériel.
- Expérience de Marey.
- Les valvules des veines.
- Le système veineux.
- La grande et la petite circulation.

## DOCUMENT 11

**Le titre :** Le sang et la lymphe, liquides nourriciers de l'organisme.

**Le format :** 12 cm / 18 cm.

Sur les quatorze pages couvrant le sujet nous intéressant, la présentation de ce manuel semble montrer une mise en page assez dense. Le texte prend une place très large, mais laisse apparaître des schémas qui vont l'alléger.

### ORGANISATION VISUELLE :

Le procédé utilisé en première page est particulier.

Sur la moitié supérieure de la page, se trouve une photographie d'un médecin en train de prendre la tension d'un malade, ainsi qu'une petite explication du principe utilisé. Le titre du chapitre est noté en dessous, à peu près sur le milieu de la feuille, donc centré en hauteur et en largeur.

Ce procédé a pour but d'intéresser et d'interpeller le lecteur. En lui montrant une scène de la vie courante, il pourra s'identifier au malade sur la photo, et ainsi trouver plus d'intérêt à l'étude du sujet proposé.

Pour continuer à capter l'attention du lecteur, le texte commence par une série d'observations qui vont inviter l'élève à réaliser des expériences, donc à le rendre actif dans sa lecture, donc dans son apprentissage.

Ce passage de texte, précédant la leçon proprement dite, est disposé en deux colonnes, ce qui le distingue bien du reste du texte qui lui est noté en pleine page.

Sinon, d'une façon générale, la mise en page est assez serrée, puisque il y a uniquement une ligne laissée vierge entre la fin d'un paragraphe, et le titre du suivant. Il n'y a pas d'interligne de séparation entre les titres, et le début de texte s'y rapportant. Mais, on peut quand même noter que les différentes parties sont bien identifiables par leur numérotation, et la mise en caractères gras de leur titre.

Les schémas insérés dans le texte viennent en soulager la densité.

## LES ILLUSTRATIONS :

On trouve donc dans ce manuel une photographie représentant la prise de la tension artérielle, et seize schémas, intitulés :

- Rapports entre les cellules , le sang et la lymphe dans l'organisme.
- Les globules du sang, ou cellules sanguines.
- Les propriétés des globules blancs.
- Sang coagulé.
- Schéma de la circulation du sang dans l'organisme.
- Schéma de l'appareil circulatoire de l'homme.
- Le cœur, vue ventrale.
- Le cœur, coupe au dessus de la pointe ;
- Organisation interne du cœur.
- Coupe schématique simplifiée du cœur.
- Comment on prend le pouls.
- Blessure d'artère.
- Observation microscopique de la circulation capillaire.
- Les veines de la main.
- Blessure de veine.
- Tronçon d'une veine des jambes.

## **DOCUMENT 12**

**Le titre :** La circulation.

**Le format :** 13 cm / 19 cm.

Dans ce manuel, le chapitre étudié occupe treize pages.

Au premier coup d'œil, on se rend compte que la mise en page est très serrée, et que peu d'espace sépare les différents éléments de texte.



## ORGANISATION VISUELLE :

Sur la première page nous concernant, on retrouve le même procédé que dans le manuel précédent. Avant le titre du chapitre, sont présentées deux photographies permettant de capter l'attention du lecteur en lui montrant une scène de la vie courante.

Quant au titre, placé sous ces deux images, il est centré en largeur sur la page, et quasiment en hauteur. Il est noté en majuscules, avec une police de caractères un peu plus importante que celle du corps de texte.

Les différents paragraphes ne sont pas numérotés. Seul leur titre est écrit en caractères gras ou en majuscules, et on voit peu d'interlignes pour les séparer et ainsi aérer la présentation générale de ce chapitre.

Les illustrations proposées dans ce manuel sont de petit format, et ne sont pas numérotées non plus. Elles se trouvent en regard du texte qu'elles complètent, mais le texte n'y renvoie pas. A l'exception des schémas des cavités du cœur, elles sont toutes alignées à la marge de droite de la page, et encadrées par le texte.

Le relevé de leur intitulé respectif donne la liste suivante :

### Les trois photographies :

- Arrêt des hémorragies du bras, compression de l'artère sous-clavière.
- Arrêt des hémorragies du bras, garrot sur le bras.
- Cavités du cœur.

### Les onze schémas :

- Cœur vu d'en avant.
- Principales artères.
- Principales artères du bras.
- Principales veines et vaisseaux lymphatiques.
- Veines superficielles du bras.
- Veine ouverte montrant les valvules.

- Circulation du sang dans les capillaires du poumon de la grenouille.
- Grande circulation.
- Petite circulation.
- Ensemble de la circulation.
- Cavités du cœur.

### **DOCUMENT 13**

**Le titre :** Le sang et l'appareil circulatoire.

**Le format :** 12 cm / 18 cm.

Dans ce manuel, le chapitre concernant la circulation du sang occupe dix pages, et nous offre une présentation très lourde. Le texte est noté en pleine page, et les différents paragraphes sont juste identifiables par leur numérotation et la mise en caractères gras de leur titre. Sinon, il s'enchaînent les uns après les autres, en allant simplement à la ligne pour changer de sujet. Seuls, six schémas viennent aérer cette mise en page.

Les six schémas représentent :

- Un globule blanc absorbant des microbes.
- Les globules sanguins.
- Le sang coagulé.
- Le cœur.
- La marche générale du sang dans l'organisme.
- L'ensemble de l'appareil circulatoire.

### **DOCUMENT 14**

**Le titre :** Circulation.

**Le format :** 11.5 cm / 17.5 cm.

On compte neuf pages à la lecture de ce chapitre, qui lui aussi nous propose une mise en page très serrée. De plus , son petit format n'offre pas la possibilité d'aérer les paragraphes, puisqu'ils se suivent, proposant comme seule mise en valeur, leur titre en caractères gras.

Les quelques illustrations présentes sont ici aussi bienvenues pour soulager l'œil du lecteur.

Les huit schémas montrent :

- Une goutte de sang.
- La formation d'un caillot.
- La forme des globules rouges.
- Les globules blancs.
- La figure théorique montrant la disposition générale de l'appareil circulatoire.
- Les principaux vaisseaux du système artériel.
- Les canaux lymphatiques et ganglions du bras.
- Relation de la circulation sanguine et de la circulation lymphatique.

### **DOCUMENT 15 :**

**Le titre :** La circulation.

**Le format :** 12 cm / 18 cm.

Dans ce manuel, le chapitre sur la circulation occupe douze pages. Sa mise en page présente les mêmes caractéristiques que les éléments du corpus étudiés précédemment, à savoir, qu'elle est très dense, et peu attractive pour le lecteur.

De plus, une autre remarque renforçant le manque d'aération de la présentation, tient dans le fait que le chapitre commence au niveau du milieu de la page, immédiatement, à la suite de la fin du chapitre précédent.

Les douze schémas présents permettent donc aussi de couper cette mise en page particulièrement austère. Ils représentent :

- Une goutte de sang vue au microscope.
- La traversée de la paroi des capillaires par les leucocytes.
- L'absorption des poudres colorées par des leucocytes.
- Une goutte de sang caillé vue au microscope.
- La coagulation du sang.
- Le cœur vu en avant et l'origine des gros vaisseaux ;
- La conformation intérieure du cœur.
- Les principaux vaisseaux du corps de l'homme.
- Une veine ouverte, montrant les valvules
- L'expérience montrant le rôle de l'élasticité des artères.
- L'arrêt d'une hémorragie par le garrot.
- L'arrêt d'une hémorragie par la compression.

## **DOCUMENT 16**

**Le titre :** Circulation.

**Le format :** 11 cm / 18 cm.

Le chapitre concernant la circulation du sang dans ce manuel occupe dix pages. D'une manière générale, sa présentation est assez serrée du fait du petit format de l'ouvrage, mais reste claire.

En effet, chaque paragraphe est bien mis en valeur par la mise en caractères gras de son titre, et bien séparé du précédent et du suivant par des interlignes laissés vierges.

Par ailleurs, on peut remarquer le type de numérotation des paragraphes qui commence pour le premier, à trente six. On peut imaginer que ce numéro représente en fait le numéro de paragraphe dans le manuel et non pas dans le chapitre étudié.

En ce qui concerne les illustrations, on ne trouve dans ce manuel, que des schémas qui viennent s'intercaler naturellement dans le texte. On en compte sept qui représentent :

- Le cœur de l'homme, vu par devant.
- La figure théorique du cœur .
- Les figures théoriques montrant le fonctionnement des valvules du cœur.
- Le cœur et les principaux vaisseaux.
- Le réseau de capillaires.
- Le fonctionnement des valvules.
- La figure théorique montrant la marche générale du sang dans l'appareil circulatoire de l'homme.

## **DOCUMENT 17**

**Le titre :** Circulation.

**Le format :** 13.5 cm / 19 cm.

Le chapitre étudié dénombre dix sept pages, et une mise en page relativement claire et soignée.

Si on prend en compte le fait que ce manuel soit l'élément du corpus le plus ancien, on peut s'étonner de voir à que point la présentation est aérée. Chaque paragraphe est bien découpé et bien mis en valeur. On voit plusieurs types de polices de caractères, ayant toutes un rôle de mise en valeur, soit des titres, soit des mots importants à retenir.

Pour terminer, un grand nombre de schémas, ( il y en a dix sept) viennent compléter le texte et aérer la présentation.

Ces différents schémas représentent :

- Un appareil circulatoire en général.

- Les globules du sang.
- Les globules blancs.
- Le sang se coagule en dehors des vaisseaux sanguins.
- Le cœur de l'homme et les principaux vaisseaux qui y aboutissent.
- La représentation théorique du cœur de l'homme.
- La coupe transversale du cœur.
- Les sections d'une artère.
- Les vaisseaux capillaires réunissent les artères aux veines.
- L'aorte et ses ramifications.
- Les principaux troncs veineux et leurs rameaux.
- Les valvules des veines et des vaisseaux lymphatiques.
- Figure schématique du cardiographe.
- Le cardiographe.
- L'expérience de Marey.
- La circulation chez l'homme.

## Quatrième Partie

### **LES DIFFERENTS TYPES DE TEXTES** **ET LE RAPPORT TEXTES / ILLUSTRATIONS**

L'analyse de contenu du corpus ayant mis en avant le fait que les sujets abordés dans les manuels étaient sensiblement identiques, nous allons essayer de rendre compte de la façon dont ils sont présentés au lecteur.

Pour ce faire, nous allons procéder à <sup>1</sup> une analyse de la formulation des idées, et à <sup>2</sup> l'analyse du rapport entre le texte et les illustrations qui s'y rapportent.

Dans un troisième temps, nous pourrions comparer ces différentes études en fonction de leur époque, et voir ainsi si certaines rhétoriques apparaissent ou non comme dominantes.

J'ai choisi de baser cette étude sur le premier thème qu'on trouve dans tous les manuels composant le corpus, et qui est l'étude anatomique du cœur. Ce sujet étant le point de départ du cours, il est nécessaire qu'il soit compris par les élèves. C'est pourquoi, il est intéressant de voir comment est formulée sa présentation.

#### Remarques générales :

Tous les manuels proposent un texte rédigé et au moins une illustration à ce sujet.

Les deux types dominants d'images dans ces chapitres sont les schémas et les photographies.

Pour commencer, nous allons relever les différents intitulés des illustrations proposées dans chaque manuel sur ce sujet, et ensuite étudier leur fréquence d'apparition dans le manuel et dans le corpus entier.

### I. RELEVÉ DES INTITULÉS DES ILLUSTRATIONS :

Les résultats de cette observations seront présentés sous la forme de deux tableaux :

Le premier concerne les différents schémas.

Le second, concerne les photographies., et donc, rend pas compte des manuels 1, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 et 17, puisqu'ils n'en présentent pas.





	Coupe longitudinale du cœur de l'homme	Coupe longitudinale du cœur de mouton	Cœur humain face dorsale	Cœur de mouton face dorsale	Dissection du cœur de mouton	Coupe transversale du cœur humain
Document 1	X					
Document 2						
Document 3		X				
Document 4		X				X
Document 5	X	X	X	X	XX	
Document 6	X					X
Document 7	X	X			X	X
Document 8	X		X			X
Document 9						X
Document 10	X		X		X	X
Document 11	X					X
Document 12	XX					
Document 13						X
Document 14						
Document 15	X					X
Document 16	X					X
Document 17	X					X

Tableau n°7. Intitulés des différents schémas du cœur présents dans le corpus, par manuel.



	Cœur de mouton face ventrale	Cœur de mouton face dorsale	Cœur humain face ventrale	Dissection du cœur de mouton	Cœur de mouton coupe transversale
Document 2	X			X	
Document 3	X	X			X
Document 4	X	X		XX	
Document 5	X	X		X	
Document 6	X		X	X	X
Document 7	X			X	
Document 8				X	
Document 12			X		

Tableau n°8. Intitulé des différentes photographies du cœur présentes dans le corpus par manuel.

D'une manière générale, à la lecture des tableaux, on voit d'emblée que le type schéma est prédominant. En effet, sur le total de 60 illustrations, on compte 35 schémas soit près de 60 %.

Une autre remarque importante tient dans le fait que les schémas sont présents dans tous les manuels à l'exception du n°2 et du n°14, ce qui prouve leur valeur. En moyenne, quelque soit l'époque, ils sont toujours employés au moins deux fois dans l'étude anatomique du cœur.

Les photographies, quant à elles sont très présentes dans les manuels les plus récents. En effet, de 1956 à 1980, on en trouve au moins deux par ouvrage. Au total, on compte 20 photographies réparties dans les huit manuels concernés, ce qui rend une proportion très importante.

Ce procédé illustratif est donc très prisé de nos jours pour l'étude anatomique. Il faut dire qu'il permet une meilleure visualisation, et plus de réalisme.

Le fait de ne pas trouver de photographies avant la fin des années cinquante, peut sûrement s'expliquer par les difficultés d'imprimerie où les divers techniques employées à l'époque ne permettaient pas de résultats assez réalistes, et engageaient des coûts trop élevés pour la production de manuels scolaires.

Faire le choix de présenter dans le même ouvrage, souvent sur les mêmes pages, des photographies et des schémas illustrant le même texte présente certainement un intérêt dans le processus didactique. C'est pourquoi, il m'apparaît maintenant intéressant de voir comment sont gérés les rapports entre ces deux types d'images au sein d'un même ouvrage.

Pour répondre à cette question, nous allons étudier les éléments 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 12 du corpus qui proposent ces deux genres d'illustrations.

## **II. ETUDE DU RAPPORT SCHEMAS/PHOTOGRAPHIES :**

Dans le document 3, les photographies sont présentes pour aider l'élève à la dissection. Elles sont là pour renforcer le réalisme de la situation Même si l'élève n'a pas de cœur à disséquer, il peut suivre l'opération sur les photographies.

Le schéma permet de montrer une coupe du cœur, et de l'annoter précisément. Il tient là son rôle d'objectivation. Il permet de réduire la série de photos à l'essentiel, à ce que l'élève doit savoir.

Dans les documents 4, 5, 7, 8, et 12, les photographies sont encore une fois mises en scène pour observer le cœur sous ses deux faces, puis ensuite pour aider à la réalisation de la dissection. Ces dernières ne sont pas clairement annotées, elles portent seulement des lettres dont on trouve la légende dans le texte qui s'y rapporte.

Les schémas proposés dans ce manuel représentent des coupes du cœur qui étaient déjà vues sur les photos. Là encore, les schémas vont permettre de visualiser clairement la configuration du cœur, de s'identifier les éléments à observer et à retenir.

Le document 6 propose également la même stratégie, mais ajoute des annotations supplémentaire sur les schémas, qui se verront donc plus complets sur le plan informatifs que les photographies sur lesquelles on ne peut tout voir.

**Conclusion** : A la vue de ces diverses observations, on peut dire que les schémas et les photographies n'ont pas le même rôle dans un manuel scolaire de biologie.

Pourtant, bien souvent, ils sont présents côte à côte et représentent la même chose.

En général, la stratégie employée est la même. Les photographies et les schémas sont mis directement en apposition, ou alors dans une mise en page totalement identique qui renforce l'idée de leur complémentarité.

En effet, les photographies sont employées en vue des observations anatomiques ou des dissections. Elles mettent en scène une action, et donc rendent le lecteur actif.

Les schémas, eux sont en fait porteurs de plus d'informations, d'ailleurs, très souvent, ils sont annotés avec précision. Ceci est sûrement du à leur nature propre qui permet de ne représenter que les éléments de l'objet à transmettre à l'élève.

Dans son ouvrage « *Textes et images de la vulgarisation scientifique*<sup>3</sup> », Daniel Jacobi cite la définition que Vezin a donné du schéma en 1984 : « Nous appellerons schéma, les représentations figurées d'une connaissance utilisant formes et dimensions pour ne reproduire que les caractéristiques valables pour une catégorie d'objets ou de phénomènes, le schéma pouvant avoir un but descriptif ou explicatif ».

Je trouve que sa définition s'applique tout à fait à notre étude. En effet, en biologie, les dessins anatomiques sont souvent le point de départ, et les élèves se doivent de les connaître. Ils sont sûrement la forme la plus adaptée pour rendre visuels les concepts biologiques, et permettre aux élèves un apprentissage facilité.

Nous venons de voir que le fait de trouver des types différents d'illustrations dans le même chapitre n'était pas innocent, et remplissait même une mission dans le processus d'apprentissage de l'élève. Afin de compléter cette étude, nous allons maintenant essayer de voir comment s'articulent ces images et le texte qui les entoure.

### **III. ETUDE DU RAPPORT TEXTE/ILLUSTRATIONS :**

La présence d'illustrations autour du texte dans un manuel scolaire de biologie apparaît comme tout à fait normale. Dans ce paragraphe, nous allons examiner tous les éléments du corpus, et voir comment se définissent les rapports entre le texte et ses illustrations dans le chapitre concernant l'étude anatomique du cœur.

<sup>3</sup> JACOBI, Daniel. *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Préface de Jean-Blaise Grise. Bernes : Peter Lang, 1987.

## **ETUDE DES DOCUMENTS :**

**Document 1 :** Page 131. Un seul schéma est présent sur ce document et représente la coupe longitudinale du cœur.

Le seul texte l'accompagnant, est en fait une question qui invite l'élève à l'observer pour pouvoir à cette question.

Ce procédé est la seule référence à l'anatomie du cœur, qui n'est aucunement reprise dans la partie « cours » des pages 138 et 139.

Dans ce document, [seul le schéma code l'information]

**Document 2 :** Page 30. Sur cette page, se trouve une radiographie, et un texte renvoyant à l'observation de cette dernière. « Regardons une radiographie dans cette région (fig n°2) ». La suite du texte est une description de la radio.

L'illustration permet une meilleure représentation du cœur. Grâce à ce procédé, l'élève peut situer exactement son emplacement dans le corps. L'illustration complète le texte.

Page 33, on a une les photographies d'un cœur disséqué, du départ de l'aorte, et le schéma de la coupe transversale de l'aorte.

Le texte ne propose pas de description anatomique, mais met l'accent sur le rôle de chacun des composants du cœur. Il renvoie aux illustrations en notant entre parenthèses le numéro de figure concerné.

L'illustration complète bien le texte, et permet la visualisation.

**Document 3 :** Pages 30 et 31. Les quatre photos et le schéma présentes sur ces pages ne sont pas titrées. C'est le texte qui y renvoie, et préconise les photographies pour inviter à l'observation, tandis qu'il fait appel au schéma quand il demande une action précise et délicate.

On peut dire que dans ce manuel, le texte décrit le contenu des illustrations, mais il n'y a pas de répétition. Les illustrations servent de support au texte qui n'aurait plus de sens sans elles, puisqu'il dépend totalement d'elles. On peut quand même ajouter qu'il aurait été plus simple et plus clair de mettre un titre sous les illustrations, ce qui aurait amélioré la lecture.

**Document 4** : Pages 78 et 79, les illustrations ne sont pas titrées, et sont séparées du texte par un trait. Toutefois, le texte s'y rapportant se trouve à leur gauche.

En fait, les photographies sont annotées avec des lettres qui indiquent à l'aide de flèches, divers composants anatomiques, et la signification de ces lettres est dans le texte. « Dans le sillon interventriculaire g, suivez... »- « On peut distinguer les oreillettes e, f... ».

Sur la première photographie, « Orientez un cœur de mouton », le texte indique la signification des lettres annotant cette photo. Sur la deuxième, le texte propose un exercice d'observation, et sur la troisième et la quatrième, il propose une dissection. Les illustrations servent donc de support au texte.

Page 81, les schémas sont annotés, et le texte en reprend l'observation. Ici, on peut dire qu'il y a répétition entre les schémas et le texte, puisque ce dernier n'indique rien de plus que l'observation des images. Il met simplement en phrases rédigées les différentes composantes anatomiques du cœur.

**Document 5** : Pages 162 et 163, les illustrations sont titrées et annotées.

Le renvoi du texte à ces dernières se fait soit par la mise entre parenthèses de son numéro : « Le cœur de mouton (fig. 185) a la forme de ... », soit le texte énonce clairement « la figure 187 montre les... ».

La description anatomique se fait en texte rédigé, avec des mentions fréquentes des illustrations. « Sur la figure 185 on voit l'aorte... ». Les schémas étant annotés, on peut dire que le texte devient redondant.

**Document 6** : Page 150, se trouvent quatre photographies titrées et annotées.

Le renvoi aux différentes figures se fait par la mise entre parenthèse de leur numéro dans le texte, qui lui même reprend la description anatomique, donc reformule les photographies.



**Document 7** : Page 135. Le texte rédigé décrit les schémas, mais apporte également des informations supplémentaires sur les différents composants décrits. Par exemple, page 135, « C'est l'artère aorte qui décrit une crosse, et conduit le sang au tronc et aux membres postérieurs... ». Dans ce manuel, on peut donc voir que les illustrations complètent bien le texte puisqu'elles servent de repères, et aident à la visualisation.

**Document 8** : Pages 192 à 195, on trouve des schémas titrés, annotés et numérotés, ainsi que des photographies, titrées et annotées avec des abréviations. Ces abréviations sont en fait, les premières lettres des divers composés anatomiques, et sont repris en légende. Le renvoi aux illustrations s'effectue par leur numéro, mis entre parenthèses, directement inséré dans le texte. « Le cœur (fig. 168) a grossièrement... ». La description anatomique est reformulée en texte rédigé.

**Document 9** : Page 123, on a un schéma numéroté, titré et annoté. Le texte y renvoie par la mise entre parenthèses de son numéro, lors de la reprise de la description anatomique.

**Document 10** : Pages 154 et 155, se trouvent quatre schémas numérotés, titrés et annotés, mais le texte qui présente la description anatomique du cœur n'y renvoie pas du tout. On ne trouve dans le texte aucune mention des illustrations qui pourtant remplissent leur rôle d'aide à la visualisation.

**Document 11** : Les pages 79, 80 et 81, proposent quatre schémas titrés, annotés et numérotés. Le texte rédigé reprend la description anatomique, mais y ajoute le rôle des divers éléments décrits. Le renvoi aux illustrations se fait par la proposition de leur numéro entre parenthèses.

**Document 12** : Dans ce manuel, on constate deux procédés différents.

Tout d'abord, page 69, on a un schéma titré et annoté, et un texte qui n'y renvoie pas directement. En fait, le paragraphe porte sur les artères, et comme les artères naissent du cœur, on a placé le schémas du cœur pour aider à la visualisation de leur origine.

Ensuite, page 75, se trouvent un schéma et une photographies de la même vue du cœur. Tous deux sont annotés avec des abréviations, les premières lettres des composantes qu'elles indiquent (« A » pour aorte, « VG » pour ventricule gauche...).

Il s'agit en fait du même procédé que dans le manuel 8 , mais là, les deux illustrations sont annotées de la même façon. Le texte explique la configuration du cœur, mais sans reprendre de formules répétant le schéma.

Les schémas complètent bien le texte, et précisent bien les éléments.

Le texte rédigé renvoie aux illustrations en reprenant dans une de ses phrases, une partie de leur titre. En effet, les schémas sont intitulés « Cavités du cœur », et le texte dit : « Ces deux cavités sont le cœur droit qui contient du sang noir, et le cœur gauche... ».

**Document 13** : Page 48, on a un schéma annoté, titré et numéroté. Le renvoi du texte à ce dernier, s'effectue par la mise entre parenthèses de son numéro dans le paragraphe qui en reprend la description.

**Document 14** : Page 13, est présenté un schéma titré, numéroté et annoté de l'appareil circulatoire. La présentation des différents constituants du cœur se fait à partir de la présentation générale de l'appareil circulatoire. Comme dans le document 12, en fait d'annotations, on des abréviations, qui seront reprises et expliquées dans le texte.

En effet, le renvoi du texte au schéma, s fait par le rappel entre parenthèses des annotations « La veine cave (...) soit des différents organes, se déverse dans l'oreillette droite (OD) ».

Le schéma sert donc de point de départ à l'explication, et aide à la compréhension.

**Document 15** : Les pages 27 et 28 proposent deux schémas titrés, annotés et numérotés. Le texte offre une description anatomique reprenant uniquement les termes des schémas. Il n'apporte pas d'informations supplémentaires, et y renvoie par leur numéro

mis entre parenthèses. Les documents 16 et 17 proposent exactement les mêmes caractéristiques.

### **Conclusion :**

Cette analyse des différents rapports entre le texte et les illustrations montre bien que plusieurs méthodes sont utilisées.

Tout d'abord, on voit que dans plus de la moitié des manuels (les documents 4, 5, 6, 8, 9, 13, 15, 16, et 17) la même stratégie est employée.

Seule une description anatomique rédigée, reprenant les termes des illustrations est proposée. Le texte n'amène aucune information de quelque nature que ce soit, autre que celle émanant de l'observation des schémas.

La lecture de ces paragraphes doit être lassante, car elle ne semble rien amener. Toutefois, le schéma joue ici de rôle de synthèse des connaissances. Il permet sans doute un apprentissage plus facile pour l'élève. Il est plus attrayant et plus facile d'apprendre un schéma, que d'apprendre un texte par cœur pour connaître l'anatomie du cœur.

On peut donc dire que le texte et les schémas sont complémentaires, même si ils semblent se répéter. Il n'est de toute façon, pas concevable de construire une leçon d'anatomie sans schémas. Ils font intégrante de la matière par leurs capacité à résumer, à aller à l'essentiel et à permettre la visualisation. Grâce aux schémas, les fausses représentations induites par un texte descriptif sont évitées. En effet, quelque soit la qualité et la précision d'une description écrite, le lecteur se fait une représentation, et cette dernière peut être loin de la vérité. Avec les schémas anatomiques, on évite ces problèmes.

Dans d'autres documents, comme les éléments 2, 3, 4, 7, 11, 12 et 14 du corpus, les textes rédigés complètent bien les illustrations. Pour commencer, certains reprennent la description des schémas, en y intégrant des informations supplémentaires.

Par exemple, le texte peut expliquer les rôles joués par les différents éléments anatomiques et organes (documents 2, 7, 11, et 12).

Dans les documents 3, 4, et 14, les illustrations servent de point de départ au texte.

Ce dernier se sert des illustrations pour proposer à partir d'elles, soit une observation, soit une action (dissection par exemple), ou encore, un exercice.

On se rend compte encore une fois, que même si la rapport texte/image est différent, tous deux sont essentiels dans ce genre de manuels, et se complètent parfaitement.

Dans les documents 1 et 10, deux autres stratégies sont employées. Celle du premier manuel peut être rattachée à sa propre conception.

L'élève travaille à partir de documents, et ensuite, un résumé de ce qu'il a savoir est proposé. Le schéma du cœur étant un des documents de base, il sert de point de départ à une question qui sera le seul texte s'y rapportant.

Le document 10 propose une démarche différente. En effet, tout comme les autres manuels, il propose des textes et des illustrations, mais ceux-ci apparaissent indépendants.

Aucune mention des schémas n'est faite dans le texte qui pourtant reprend la description anatomique. C'est pourquoi, il faut quand même dire qu'ils se complètent, mais c'est au lecteur de faire l'effort de les mettre en rapport.

Cette remarque nous permet d'observer que dans tous les textes, exception faite du document 10, il existe un renvoi permanent aux illustrations, qui se fait soit par la mise entre parenthèses, inséré dans le texte, du numéro de la figure concernée, ou alors par la reprise d'annotations les concernant.

Pour conclure à l'étude du rapport entre les textes et les illustrations dans le paragraphe sur l'étude anatomique du cœur, on pourra dire que ces derniers sont totalement dépendant les uns des autres. En effet, leur contenu respectif et les représentations qu'ils véhiculent sont complémentaires, et on ne peut en aucun cas les dissocier, et ce quelque soit leur date de publication. Il est en effet, difficile d'établir des corrélations entre

l'époque du manuel, et le type de rapport existant entre le texte et les images, puisque l'on voit que chaque stratégie peut être employée quelque soit l'âge de l'ouvrage.

Nous allons maintenant essayer de voir s'il en est de même pour la formulation des idées. En observant les différents types de textes, et les différents énoncés présents dans les chapitres étudiés précédemment, on pourra dire si ils ont évolué ou non au cours de ce siècle.

#### **IV. LES DIFFERENTS TYPES DE TEXTE :**

Pour cette étude des caractéristiques textuelles, je me suis inspirée de la typologie générale des textes proposée par Jean Michel Adam<sup>4</sup>, qui permet de distinguer par exemple les textes descriptifs des textes explicatifs ou narratif.

Il distingue notamment :

- Les textes narratifs, correspondant à des « énoncés de faire », construits selon un déroulement temporel et causal ;
- Les textes descriptifs, correspondant à des « énoncés d'état », et caractérisés par un arrangement spatial des propositions en rapport avec le discours. La tabularité présente les distingue des textes narratifs.
- Les textes explicatifs, qui se proposent de présenter des concepts ou de faire comprendre quelque chose à quelqu'un, marqués par des connecteurs tels que « parce que , car... » ;
- Les textes argumentatifs, destinés à persuader, à faire croire, à emporter la conviction, marqués par les connecteurs de type « certes, mais, alors... » ;

Il décrit aussi les textes injonctifs, prédicatifs, conversationnels et rhétoriques, mais ces derniers sont peu fréquents et peu utilisables dans l'enseignement des sciences. C'est pourquoi, nous n'en parlerons pas.

Dans le chapitre concernant l'étude anatomique du cœur, nous avons vu que se présentaient principalement des textes descriptifs et explicatifs, mais on peut aller plus loin, en disant que chaque type de texte est dominant à une époque donnée.

---

<sup>4</sup> ADAM, Jean-Michel. « Quels types de textes », in : *Le français dans le monde*. Paris : Hachette/Larousse, 1985. Page 192.

On s'aperçoit en effet, que les textes sont structurés de la même manière de 1903 à 1953, et se modifient à partir de 1956, jusqu'à 1980. Ce qui découpe le siècle en deux périodes sensiblement égales.

En fait, les documents 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 et 17 proposent comme seul type de texte, une description anatomique des schémas présentés.

Ils décrivent l'organisation de l'organe cœur, en nommant par les termes qui leur conviennent, les différents éléments constitutifs de l'organe.

Par contre, les documents 2, 3, 4, 5, 5, 6, 7 et 8 proposent une stratégie différente, liée au fait qu'au sein de leur description anatomique, ils insèrent une séquence explicative de la méthode de dissection du cœur.

Le texte garde quand même sa valeur descriptive, mais est composé aussi d'une partie d'explication d'un procédé qui servira l'observation dans la description de l'organe.

Il n'y a vraiment pas d'ambiguïté possible dans l'étude des différents types de texte sur l'anatomie du cœur. Ceci, est sans doute dû à l'essence même de la matière, car si on relève la définition<sup>5</sup> du terme anatomie, elle nous dit « branche des sciences naturelles étudiant l'organisation structurelle des êtres vivants, Homme, animaux et plantes. Pendant des siècles, les connaissances en anatomie furent limitées aux observations effectuées sur des végétaux et des animaux disséqués ». Il est donc normal de trouver ces types de textes puisqu'ils répondent entièrement à la l'énoncé de la définition de la matière.

La transition remarquée à partir des années cinquante peut peut-être s'expliquer par l'émergence en didactique du courant constructiviste.

En didactique, ce terme concerne plutôt les procédures d'enseignement quand elles mettent l'élève au cœur des apprentissages scolaires. Ce point de vue s'oppose ici au point de vue transmissif, et soutient que les savoirs ne se transmettent pas ni ne se communiquent pas à proprement parler : ils doivent toujours être construits ou reconstruits par l'élève qui seul, apprend. L'activité du sujet conduit aux réorganisations qu'impliquent l'apprentissage. En faisant réaliser la dissection à l'élève, ce dernier se

---

<sup>5</sup> « Anatomie », Encyclopédie Microsoft Encarta 99.

trouve au cœur de la situation d'apprentissage, et ainsi construit progressivement son savoir.

## CONCLUSION

On a vu tout au long de cette étude que les manuels scolaires de biologie ont subi d'importantes transformations au cours de ce siècle.

Si dans le fond, leur contenu informatif a peu évolué, on ne peut pas en dire autant de leur forme. En fait, on a montré qu'au fil du temps, la forme du manuel scolaire a trouvé son importance, et est devenue partie intégrante du processus didactique.

Certains détracteurs diront que le fait de se trouver devant des pages regorgeant d'éléments visuels, avec des couleurs, des dessins, des schémas et de textes encadrés n'auront pour finalité que de distraire l'élève, et de gêner le cheminement de la pensée du fait des aller et retour permis lors de la lecture. Mais ce débat est ancien, et ne fait que réactualiser la méfiance du pédagogue vis-à-vis de l'image.

La tendance actuelle est donc de favoriser l'action du lecteur, en le mettant en situation, et en lui permettant de participer à son apprentissage. Ceci rejoint les principes définis par les champs d'applications de la didactique des sciences, qui tend à se centrer sur les difficultés d'appropriation des contenus. Elle insiste sur le fait que la « forme » choisie pour la formation importe au moins autant que son contenu. Elle est souvent en effet, le premier élément sur lequel se construit l'adhésion, qui est autre chose que la compréhension.

Il serait intéressant de compléter cette étude, d'une part, en la prolongeant sur le même corpus, et d'autre part, en agrandissant le corpus.

On pourrait en effet, analyser sur le plan déjà suivi, l'intégralité des paragraphes du corpus, et voir si les conclusions émises sont toujours valables. D'autre part, on pourrait refaire les mêmes analyses sur des manuels de niveaux différents, ou d'autres matières, et aussi les comparer avec la présente.



## **BIBLIOGRAPHIE**

ADAM, Jean-Michel. « Quels types de textes », in : *Le Français dans le monde*. Paris : Hachette : Larousse, 1985

ASTOLFI, Jean-Pierre, DAROT, Eliane et AL. *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck-Université, 1997.

ASTOLFI, Jean-Pierre, VERIN, Anne. *Formation scientifique et travail autonome*. Paris : INRP, 1985.

JACOBI, Daniel. *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Bernes : Peter Lang, 1987.

## INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Récapitulatif des différents thèmes abordés par manuel dans le corpus.

Tableau 2 : Fréquence d'apparition de chaque thème dans l'ensemble du corpus.

Tableau 3 : Format moyen du manuel de biologie – classe de troisième, de 1900 à 1990.

Tableau 4 : Nombre d'illustrations par type et par manuel.

Tableau 5 : Répartition des différents types d'illustrations par manuel.

Tableau 6 : Fréquence d'apparition des illustrations par type, dans l'intégralité du corpus.

Tableau 7 : Intitulés des différents schémas du cœur présents dans le corpus par manuel.

Tableau 8 : Intitulés des différentes photographies du cœur présentes dans le corpus par manuel.

Les manuels scolaires ont évolué au cours de ce siècle.

Leur contenu, leur mise en page et leur formulation ont changé au fil du temps.

Après une étude de cette évolution, nous allons essayer de voir en quoi elle modifie le processus d'apprentissage, et en particulier, s'il s'en trouve facilité ou non.

Mots-clés : Evolution

Manuels scolaires

Contenu

Mise en page

Formulation

Apprentissage

Véronique VITTU épouse BRIL

MEMOIRE de MAITRISE EN  
SCIENCES DE L'INFORMATION ET DE LA DOCUMENTATION

**LES MANUELS SCOLAIRES DE BIOLOGIE  
EVOLUTION DU CONTENU, DE LA MISE EN PAGE ET  
DE LA FORMULATION AU XX ème Siècle**

**CORPUS D'ETUDE**

Sous la direction de :  
Monsieur Yves JEANNERET

LILLE 3  
UNIVERSITE CHARLES DE GAULLE  
UFR IDIST

Octobre 1999

## CORPUS

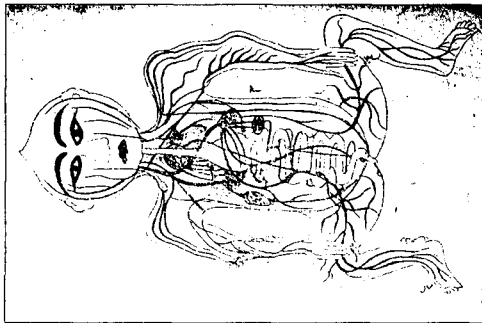
1. CARO, Michèle, LESEC, Françoise et al. *Biologie 3è*. Paris : Magnard, 1989.
2. FERGUSON, Josette, RAMPNOUX, Jean-Paul et al. *Physiologie humaine & géologie*. Paris : Scodel, 1980.
3. BERGERON, J. , GOHAU, G et al. *Biologie humaine & géologie. 3è éveil à la vie* Paris : Hatier, 1980.
4. BERGERON, J., HERVE, J.C et al. *L'homme : Anatomie – Physiologie – Microbiologie - Hygiène 3è éveil à la vie*. Paris : Hatier, 1975.
5. ORIEUX, M., EVERAERE, M. *Sciences naturelles 3è*. Paris : Hachette Classiques, 1975.
6. ORIA, M, RAFFIN, J. *Hygiène : Anatomie et physiologie – Microbiologie et secourisme. Classe de troisième*. Paris : Hatier, 1966.
7. VINCENT, Pierre. *Sciences Naturelles. Classe de troisième*. Paris : Vuibert, 1961.
8. BRESSE, G. *Sciences Naturelles – Hygiène. Classe de troisième*. Paris : Baillère, 1956.
9. DEMOUSSEAU, A., HAUMESSER, J. *Anatomie et physiologie humaines – Microbiologie – Hygiène. Classes de Troisième*. Paris : Masson et Cie, 1953.
10. BOURREIL, G. *Sciences Naturelles – Anatomie et Physiologie humaines – Hygiène. Classes de Troisième*. Paris : Les éditions de l'école, 1949.
11. CHADEFAUD, M., REGNIER, V. *Sciences Naturelles*. Paris : Librairie Delagrave, 1940.
12. BRUCKER, E. *Hygiène*. Paris : Librairie Larousse, 1934.
13. PIZON, Antoine. *Leçons d'hygiène a l'usage de la classe de troisième, garçons et filles*. Paris : Librairie Octave Doin, 1930.
14. COLOMB, G., HOULBERT, C. *Hygiène précédé de notions d'Anatomie et de Physiologie humaines*. Paris : Armand Colin, 1927.

15. BOULET, V. *Hygiène – Cours complet de Sciences Naturelles - Classe de Troisième*. Paris : Hachette, 1926.
16. BONNIER, Gaston. *Sciences Naturelles (Classe de troisième B) – L'Homme, Hygiène, Utilisation des Animaux et des Végétaux*. Paris : Librairie générale de l'enseignement, 1904.
17. AUBERT, E. *Les phénomènes de la vie chez l'Homme*. Paris : André Fils, 1903.

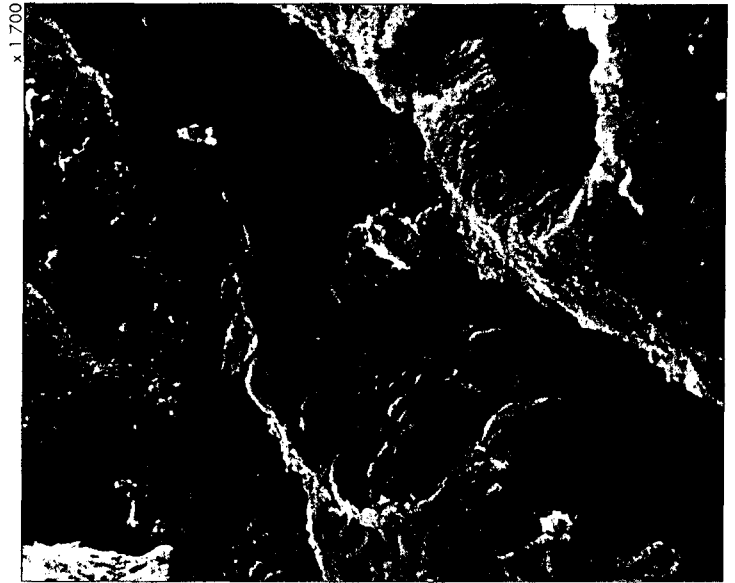
**DOCUMENT 1**

# ACTIVITÉ CARDIAQUE ET CIRCULATION

Le sang circule dans l'organisme, achemine le dioxygène et les nutriments nécessaires aux cellules et emporte les déchets. Il assure une communication permanente entre les organes.  
 Quel trajet emprunte-t-il ?  
 Comment est-il mis en mouvement ?

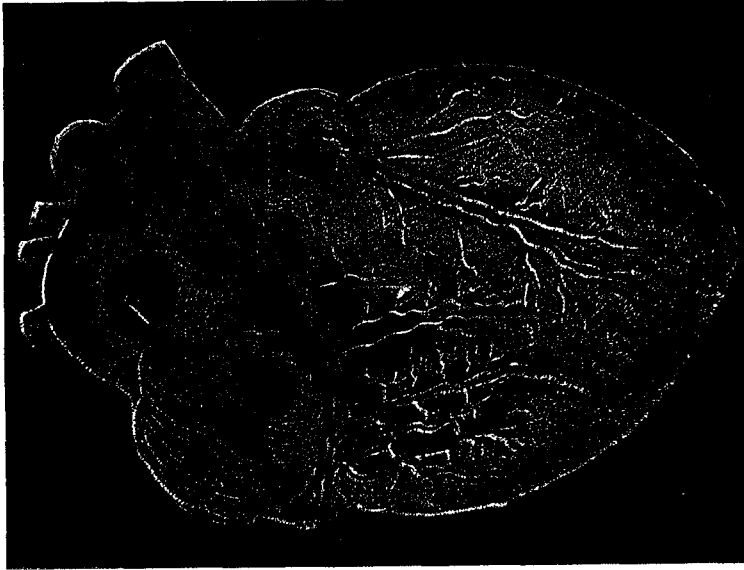


1 ▲ L'appareil circulatoire, d'après une représentation ancienne.



x 1 700

2 ► Globules rouges dans un vaisseau capillaire, vus au microscope électronique (coloration artificielle).



3 ▲ Les vaisseaux du cœur. Le cœur possède sa propre irrigation sanguine. Elle apparaît sur ce document grâce à l'injection d'une substance colorante.

## les problèmes biologiques

Comment la communication entre les organes s'établit-elle ?

Quel est le moteur de la circulation sanguine ?

Comment l'organisme réagit-il aux variations de l'activité physique ?

Quelles surveillances pour un réseau vital ?

## les réponses

8.1 La mise en évidence de la circulation p. 128

8.2 Le cœur et l'activité cardiaque p. 130

8.3 La double circulation p. 132

8.4 L'adaptation à l'effort p. 134

8.5 Les accidents et les maladies cardio-vasculaires p. 136

## SOMMAIRE

travail sur documents 1	p. 128
travail sur documents 2	p. 130
travail sur documents 3	p. 132
travail sur documents 4	p. 134
travail sur documents 5	p. 136
cours	p. 138
bio-media	p. 140
synthèse	p. 141
exercices	p. 142



# La mise en évidence de la circulation

Cinq litres de sang composé de plasma liquide et de globules sanguins circulent en permanence dans un réseau d'artères et de veines. Ses ramifications permettent un contact étroit entre le sang et les cellules du corps.



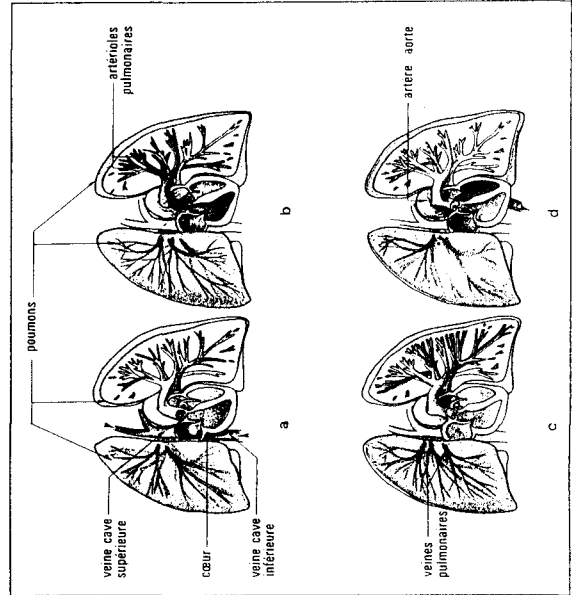
**a.** Bloc opératoire et appareillage "cœur-poumon" artificiel. **b.** Schéma simplifié d'une circulation extracorporelle. Pour opérer à cœur ouvert, on effectue une déviation de la circulation sanguine. Le cœur est mis "hors circuit"; le mouvement du sang est assuré par un système de pompes. Le sang passe dans un oxygénateur avant d'être refoulé dans l'aorte. Combien y a-t-il de pompes ? Quel est leur rôle respectif ? Où l'oxygénateur est-il placé ? A quoi sert-il ?



**2** **▲** Artériographie de la région cérébrale. On injecte dans le sang un produit opaque aux rayons X. La radiographie permet de suivre la progression du liquide ; on visualise ainsi son cheminement.

Débit (ml/min)	Repos
CERVEAU	750
CŒUR (circulation coronaire)	250
REINS	1 100
ENSEMBLE DES MUSCLES	1 200
ORGANES ABDOMINAUX (estomac, foie, intestin...)	1 400
PEAU	500
RESTE DU CORPS (OS)	600
ENSEMBLE DE L'ORGANISME (débit total cardiaque)	5 800

**3** **▲** Variations du débit sanguin dans les différentes régions du corps, au repos. Que signifie le mot "débit" ?



**4** **▲** Schémas réalisés d'après l'observation d'une radiographie de la région thoracique, après injection d'un liquide opacifiant dans le sang. Des couleurs ont été rajoutées : en rouge foncé, le sang carbonaté, en rouge vif, le sang oxygéné.

## RECHERCHES

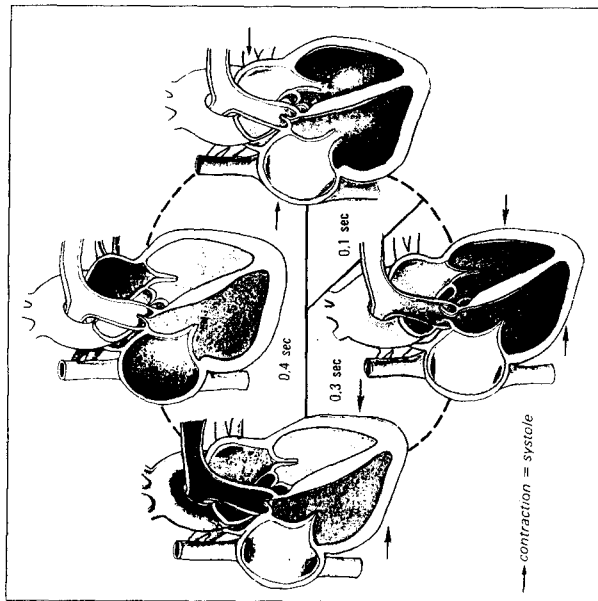
- I. En observant le document 1, justifiez l'appellation "cœur-poumon" artificiel donnée à l'appareillage.
- II. Quel est le rôle du cœur dans un organisme vivant ?
- III. Schématisez les ramifications du réseau artériel. Quelles sont les conséquences sur :
  - la surface irriguée ?
  - la vitesse du sang ?
- IV. Analysez le tableau numérique du document 3. Où le débit a-t-il une valeur maximale ? ... minimale ? Calculez, en pourcentage du débit total, le débit du sang dans les différents organes. Construisez un diagramme circulaire pour illustrer vos résultats.
- V. Comparez les schémas b et c du document 4. Quel a été le trajet du sang entre les deux instants représentés par ces deux schémas ? Quel en est l'intérêt ?
- VI. Qu'est-ce qu'une hémorragie ? Quelles en sont les conséquences dans l'organisme ?

## BILAN

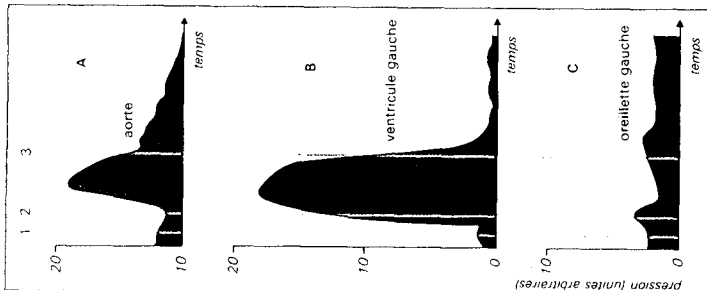
L'activité cardiaque fournit l'énergie nécessaire à la mise en mouvement du sang qui passe dans le cœur. Pour caractériser le flux sanguin, on mesure sa vitesse et son débit dans les différentes régions irriguées.

# Le cœur et l'activité cardiaque

Un cœur pour la vie !  
 Régulièrement le muscle se contracte et assure sans fatigue la propulsion d'un fluide vital : le sang.  
 Le cœur est le véritable moteur de l'appareil circulatoire.

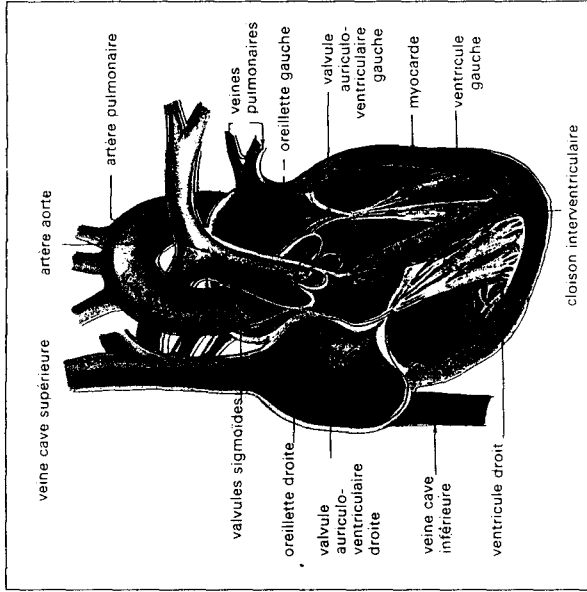


4 ▲ Représentation schématique des différentes phases de l'activité du cœur au cours d'une révolution cardiaque. Quel sens doit-on donner ici au terme de "révolution" ? Denombrer les phases d'activité. Quelle est la durée du repos cardiaque ? Comparez-la à celle du travail cardiaque.

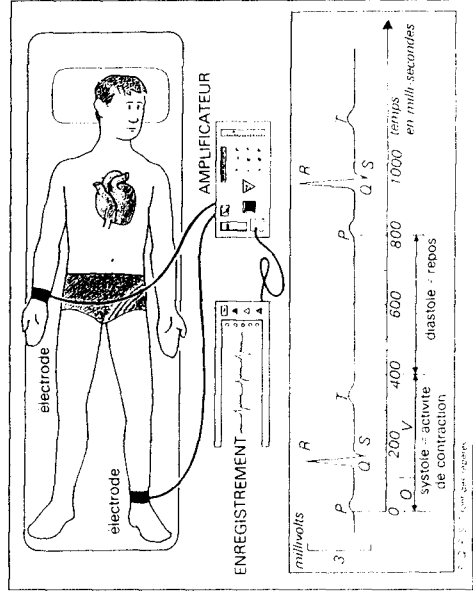


2 ▲ Enregistrement simultané des variations de volume et de pression à l'intérieur des cavités du cœur et de l'aorte.

Analysons ! Posez une règle le long du trait 1 et déplacez-la de 1 à 2 latéralement. Vous recoupez les 3 graphes A, B, C. Le point d'intersection avec B vous permet de connaître la pression dans le ventricule. Quelle est sa valeur ? Quelle est, au même moment, la valeur de la pression dans l'aorte ? Déplacez-vous de 2 à 3. Comment la pression évolue-t-elle dans le ventricule ? ... dans l'aorte ?



3 ▲ Coupe longitudinale du cœur. A quoi servent les valvules ?



4 ▲ a. Principe de l'électrocardiogramme (E.C.G.). La contraction d'un muscle s'accompagne toujours d'une activité électrique qui se propage. Des électrodes captent les ondes électriques issues du cœur. L'enregistrement obtenu s'appelle un électrocardiogramme. b. Tracé normal étale dans le temps.

## RECHERCHES

- I. Combien de temps une révolution cardiaque dure-t-elle ? Combien de fois le cœur se contracte-t-il en une journée ?
- II. D'où vient le sang remplissant l'oreillette droite ? ... l'oreillette gauche ?
- III. Pourquoi le sang peut-il passer des oreillettes aux ventricules ? Pourquoi n'en va-t-il pas immédiatement les artères ?
- IV. Pourquoi le trajet du sang dans le cœur ne peut-il s'effectuer que dans un seul sens ?
- V. Observez le doc. 4. A quel moment de l'activité cardiaque y a-t-il perturbation électrique ? En examinant le tracé b, évaluez l'intervalle de temps séparant 2 contractions. Dédouvez-en la fréquence cardiaque, c'est-à-dire le nombre de contractions par minute.
- VI. On parle de "souffle au cœur" lorsque les valvules se ferment mal. Quelles en sont les conséquences dans l'organisme au repos ? ... en cas d'effort ?

## BILAN

Au cours d'une révolution cardiaque, les périodes de contraction (systoles) et de relâchement (diastoles) se succèdent.

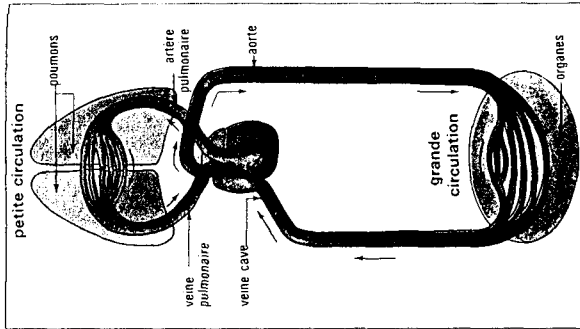
Quand le muscle se contracte, il envoie un flux sanguin sous pression dans les artères. L'onde de choc qui en résulte est perceptible : c'est le pouls.

La fréquence cardiaque est en moyenne de 70 pulsations par minute chez un adulte au repos.

# La double circulation

Le fonctionnement simultané des deux parties du cœur assure continuellement une double circulation, entre le cœur et les poumons d'une part, entre le cœur et tous les autres organes d'autre part.

- la circulation sanguine établit ainsi un véritable réseau de communication au sein de l'organisme.



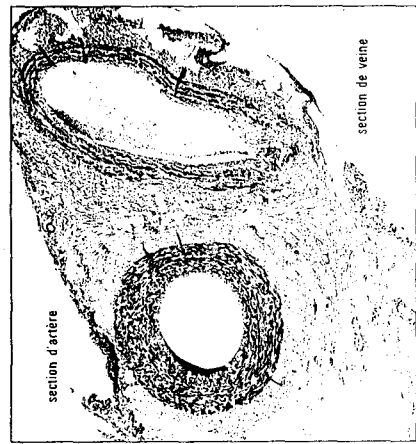
2 ▲ Schéma simplifié de la double circulation. La durée du trajet complet est d'environ 1 min 30 s. Combien de fois le sang passe-t-il dans le cœur au cours d'un trajet complet ?

1 ▼ Dès le XVII<sup>e</sup> siècle, William Harvey, médecin anglais (1578-1657), écrivait :

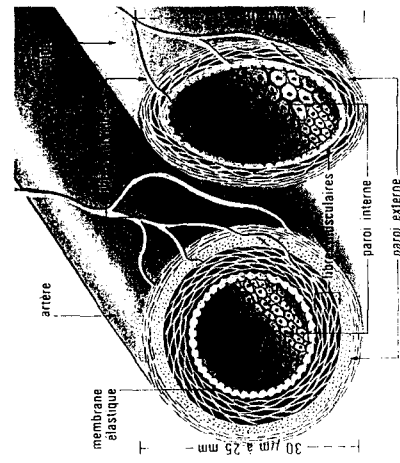
« Considérons la capacité intérieure du cœur, admettons que le cœur renferme deux onces \* de sang. Si le pouls bat soixante-douze fois par minute, en une heure le ventricule gauche aura envoyé dans l'aorte une quantité de sang correspondant à 8 640 onces de sang (72 x 2 x 60 = 8 640), c'est-à-dire à 540 livres, ce qui fait trois fois le poids du corps humain. D'où une pareille quantité de sang peut-elle donc venir ? Où peut-elle aller ? » Harvey pose la question

\* 1 once = 30,5 g.

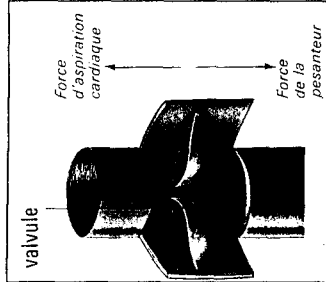
Sur quelles observations Harvey se fonde-t-il pour formuler sa théorie ?



3 ▲ Coupe transversale d'artère et de veine (x 40). Comparez la constitution des deux vaisseaux. Quels sont leurs points communs ? Quelles sont leurs différences ?



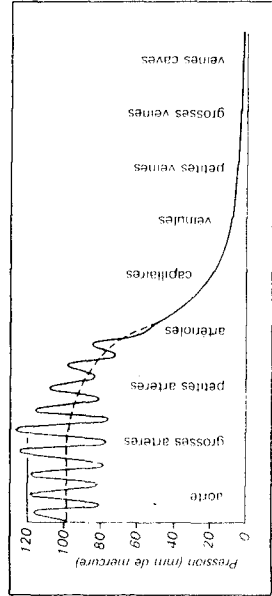
4 ▲ Garrot placé à la hauteur du bras. Observez les veines du bras au-dessous et au-dessus du garrot. Quel est le sens de la circulation du sang dans ces veines ?



5 ▲ Coupe longitudinale de veine. Observez les forces qui s'exercent sur la masse sanguine circulant dans les veines. Quel rapport y a-t-il entre la fonction de la veine et la structure de sa paroi ?



6 ▲ Capillaires sanguins dans un muscle (x 1 000). Comparez le diamètre d'un globeule rouge avec le diamètre des capillaires.



7 ▲ Variations de pression dans les différentes parties de la grande circulation.

## RECHERCHES

- I. Quelles sont les fonctions respectives du cœur droit et du cœur gauche ?
- II. Comment appelle-t-on les vaisseaux qui ramènent le sang au cœur ? Comment appelle-t-on ceux qui emportent le sang vers les organes ?
- III. Quel rapprochement pouvez-vous faire entre les variations observées dans le doc. 8 et la structure des vaisseaux sanguins ?
- IV. Observez le doc. 6. Avec quel tissu les capillaires sont-ils en contact ? Dans le réseau ainsi constitué, quelle est la caractéristique du sang artériel ? En quoi le sang veineux est-il différent ? Pourquoi ? Cherchez l'étymologie du mot "capillaire". Justifiez cette dénomination pour certains vaisseaux sanguins.
- V. Rassemblez les faits d'observation qui permettent d'affirmer qu'il existe une "surface d'échanges" entre le sang et les organes.
- VI. Dans la première phase d'une vie spatiale, 0,6 litre à 2 litres de sang abandonnent la partie inférieure du corps de l'astronaute. Pourquoi ? Quelles en sont les conséquences ?

## BILAN

Le sang circule en circuit fermé dans un appareil clos. Les artères partent des ventricules du cœur et les veines arrivent aux oreillettes. Chaque organe est le siège d'échanges sanguins qui ont lieu grâce aux systèmes capillaire, artériel et veineux.

# L'adaptation à l'effort

Toute modification de l'activité physique entraîne, au cours de l'effort musculaire, une modification du rythme cardiaque. Cette adaptation du cœur à chaque situation est une réaction automatique.



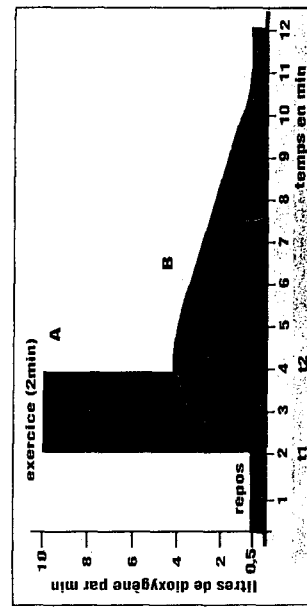
1 ▲ Un sprinter en plein effort. Son rythme cardiaque double pendant la course.

	Fréquence au repos (pulsations/min)	Valeurs extrêmes typiques de la fréquence cardiaque
Sprinter (100-200 m)	65	58-76
Coureur sur distance moyenne (400 à 800 m)	63	49-76
Coureur sur longue distance (1 500 à 10 000 m)	61	46-64
Coureur de marathon	58	50-67
Cyclistes sprinters	67	53-76
Cyclistes sur longue distance	64	51-73
Haltérophiles	80	55-106

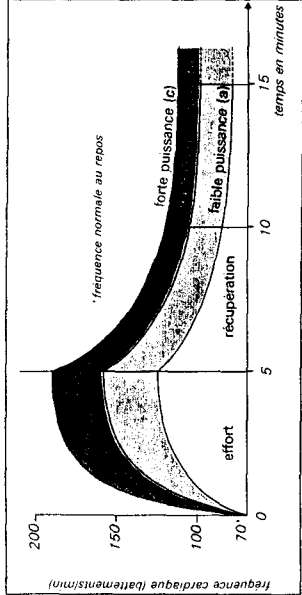
2 ▲ Fréquences cardiaques de quelques athlètes olympiques. Comparez les valeurs relevées selon le type d'activité sportive (preuve d'endurance ou effort violent mais court).



3 ▲ Le passage à l'expérimentation. Le coureur est relié à un respiromètre qui permet de mesurer le volume de dioxygène absorbé selon la durée et l'intensité de l'effort.



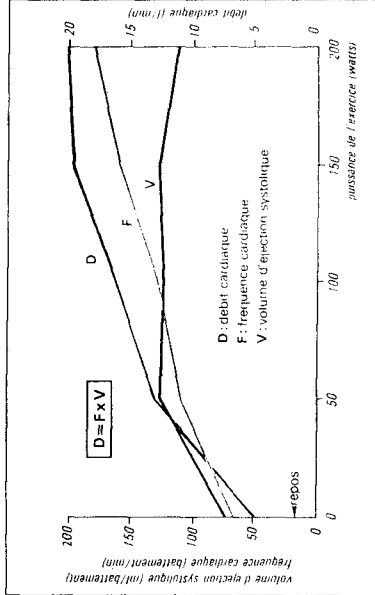
4 ▲ Besoins (zone rouge) et consommation (zone limitée par la courbe B) de dioxygène durant un exercice intense (d'après B.A. Houslay, 1950). Comment l'exercice affecte-t-il et l'effort absorbe-t-il la quantité de dioxygène qui serait utile à ces muscles ? Quand et comment l'organisme comprend-il ses besoins non satisfaits ? Que représente la zone C ?



5 ▲ Évolution de la fréquence cardiaque à l'exercice et au cours de la récupération, selon la puissance de l'exercice. Quelle relation existe-t-il entre la fréquence cardiaque et la puissance de l'effort ?



6 ▲ Scintigraphie cardiaque. L'utilisation de marqueurs radioactifs et l'imagerie par ordinateur permettent une vision nouvelle de l'intérieur du cœur. On peut ainsi évaluer le volume des ventricules ou l'épaisseur du myocarde.



7 ▲ Débit cardiaque et volume d'éjection systolique en fonction de la puissance de l'exercice. D = F x V. Le débit dépend de la fréquence et du volume de sang éjecté à chaque systole.

## RECHERCHES

I. Analysez le doc. 4 entre  $t_1$  et  $t_2$ . De combien la consommation en dioxygène augmente-t-elle ? Comment l'organisme réagit-il à cette demande ?

II. Analysez le doc. 5. Comparez la durée de l'effort et le temps de récupération dans les 3 situations étudiées. Proposez une interprétation.

III. Analysez le doc. 7. Quel est le facteur de l'augmentation du débit cardiaque pour un exercice de 50 watts ? ... pour un exercice de 150 watts ?

IV. En quoi le comportement du cœur permet-il de satisfaire à la demande en dioxygène au cours de l'effort ? Appuyez-vous sur les docs 5 et 7.

V. Prenez votre pouls pendant 15 secondes (valeur  $P_1$ ). Effectuez 30 flexions complètes en 30 secondes. Prenez votre pouls 15 secondes ( $P_2$ ) puis 1 minute ( $P_3$ ) après la fin de l'exercice. Appliquez la formule

$$x = \frac{P_1 + P_2 + P_3 - 200}{3}$$

Cette valeur (indice de Ruffier) indique votre aptitude à l'effort physique.

- 0 : excellent
- 0 à 5 : très bon
- 5 à 10 : bon
- 10 à 15 : moyen
- > 15 : faible

## BILAN

Au cours d'un effort physique où les muscles sont fortement sollicités, la demande en dioxygène est plus forte qu'au repos. Le rythme cardiaque s'accroît et entraîne une augmentation du débit sanguin. L'irrigation des organes s'accroît et favorise les échanges dans les tissus.

# Les maladies cardio-vasculaires

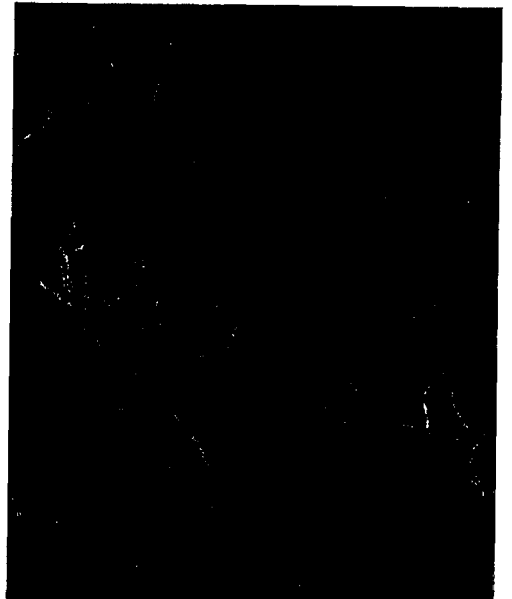
On estime à 5 millions le nombre de Français qui souffrent d'hypertension ! 600 000 personnes présentent des insuffisances coronaires pouvant aboutir à l'infarctus du myocarde ! Les maladies et accidents cardio-vasculaires représentent la première cause de mortalité en France.



1 ▲ Un caillot dans l'artère coronaire. Quelle sera la conséquence de sa présence sur l'irrigation sanguine ?



2 ▲ Un caillot. Il s'est formé par coagulation du sang, obstruant partiellement l'artère. (x 40)

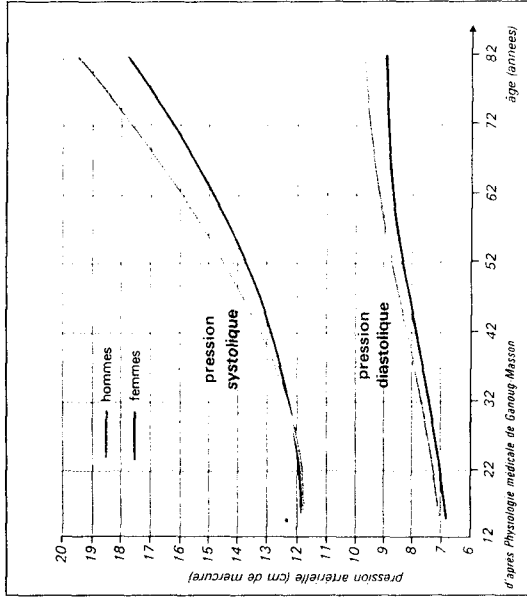


3 ▲ Ulcération de la paroi d'une artère, due à une plaque d'athérome (dépot gras). Le sang s'échappe...

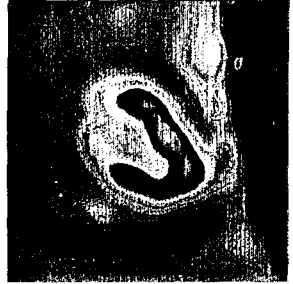
MEB x 3 000.  
Coloration artificielle.



4 ▲ a. Prise de tension à l'aide d'un sphygmomanomètre. Le stéthoscope permet d'écouter le bruit de l'écoulement du sang dans le vaisseau. La pression (ou tension) artérielle passe par deux valeurs extrêmes : une valeur maximale au moment de la contraction du cœur, une valeur minimale au moment du repos cardiaque.



5 ▲ Evolution de la pression artérielle avec l'âge. Que remarquez-vous ?



6 ▲ Scintigraphie d'un cœur normal (a) et d'un cœur ayant subi un infarctus du myocarde (b). Le myocarde apparaît en rouge.

## RECHERCHES

- I. Quelle est la conséquence d'une alimentation trop riche en graisses (cholestérol) ?
- II. Quelles sont les étapes de la dégradation de l'artère ?
- III. A quel âge la période critique de risque d'hypertension (pression artérielle maximale supérieure à 15) se situe-t-elle chez l'homme ? ... chez la femme ?
- IV. Si un caillot obstrue une artère coronaire, quelles en seront les conséquences sur le muscle cardiaque ? ... sur la circulation sanguine générale ?

## BILAN

Il y a hypertension lorsque la pression artérielle maximale dépasse 15 cm de mercure. La paroi des artères durcit, perd son élasticité : c'est l'artériosclérose. Si une surcharge de graisses (cholestérol) encrasse la paroi, des plaques d'athérome agressent les tissus de l'artère. L'ulcération peut aboutir à la formation d'un caillot : c'est la thrombose. Lorsqu'elle affecte une artère coronaire, une partie du myocarde peut cesser complètement d'être irriguée : cette occlusion totale est à l'origine de l'infarctus.

## 1 Le fonctionnement cardiaque

### 1.1 - UN MOUVEMENT PÉRIODIQUE

En observant les étapes du passage du sang dans le cœur, on distingue trois phases :

la contraction des oreillettes ou systole auriculaire : la pression du sang dans les cavités auriculaires augmente, les valves auriculo-ventriculaires s'ouvrent, le sang est chassé dans les ventricules.

la contraction des ventricules ou systole ventriculaire : la pression du sang dans les cavités ventriculaires augmente, les valves sigmoïdes s'ouvrent, le sang est propulsé dans les artères.

la détente complète ou diastole : marque le repos général du cœur ; le sang remplit alors les oreillettes.

Au cours d'une révolution cardiaque, ces trois phases se succèdent. Le mouvement se répète identiquement à lui-même : il est périodique. La puissance de contraction du muscle cardiaque, ou myocarde, provoque un mouvement du cœur qui heurte la cage thoracique. On perçoit nettement le battement cardiaque et on peut ainsi en mesurer la fréquence. Elle est, en moyenne, de 70 battements par minute.

### 1.2 - UN FLUX SANGUIN EN SENS UNIQUE

L'activité des deux parties du cœur, cœur droit et cœur gauche, est simultanée. La cloison interventriculaire sépare ces deux parties et aucune communication n'est possible entre elles. À l'intérieur de chacune d'elles, la présence des valves règle le sens du passage du sang. En effet, ces membranes s'ouvrent sous l'effet de la pression du sang mais se referment aussi vite, empêchant tout retour en arrière. Une fermeture identique se produit à l'entrée des artères dès que le sang a été éjecté. Le flux sanguin chassé dans le sens oreillette-ventricule-artere ne peut donc jamais emprunter le parcours inverse. Toute l'énergie de la contraction cardiaque est transférée à une masse sanguine qui pénètre dans un système canalisé : l'appareil circulatoire.

## 2 L'appareil circulatoire

### 2.1 - UN SEUL MOTEUR, DEUX CIRCUITS

Grâce à son activité de pompe aspirante et foulante, le cœur met en mouvement un volume sanguin d'environ 5 litres dans un double système circulatoire :

la petite circulation où le sang, par l'artère pulmonaire, atteint les poumons. Au contact de l'air inspiré, il augmente sa charge en dioxygène et repart vers le cœur par la veine pulmonaire. La pression dans ce circuit est assez faible ;

la grande circulation, où le sang oxygéné est éjecté, à pression plus forte, dans l'aorte, puis conduit à l'ensemble des organes qu'il irrigue ; ainsi sont assurées l'oxygénation et la nutrition nécessaires à la vie des cellules. Enrichi en dioxyde de carbone et appauvri en dioxygène à la sortie des organes, le sang est ramené au cœur par les veines caves aboutissant à l'oreillette droite.

### 2.2 - UN RÉSEAU DE COMMUNICATION DIVERSIFIÉ

Les deux systèmes circulatoires présentent la même organisation ; seul le sens de conduction est inversé. Les artères se ramifient en artérioles puis en capillaires artériels ; les capillaires veineux se rassemblent en veinules qui confluent en veines.

Bien que le débit sanguin soit constant dans un organisme au repos, la vitesse du sang peut varier considérablement. Ces différences sont liées au développement plus ou moins important des surfaces de circulation. Il y a deux fois plus de veines que d'artères et la surface du réseau capillaire est estimée à 7 000 m<sup>2</sup> chez l'adulte ; cela représente une surface d'échanges considérable entre le sang et les organes.

Les parois des vaisseaux sanguins sont à la fois élastiques et contractiles. Leur diamètre varie afin d'amortir les variations de pression. Des troubles de la circulation sanguine apparaissent quand les artères sont en mauvais état.

### 2.3 - LES CAPILLAIRES, ZONE D'ÉCHANGES

Entre l'artériole et la veinule se différencie un ensemble de fins vaisseaux reliés entre eux, les capillaires, dont le diamètre est à peine supérieur à celui des globules rouges et n'excède pas 20 µm. Leur paroi, réduite à une seule couche de cellules, très fine et perméable, favorise le contact et les échanges

entre le sang et les organes. Le sang y circule à très faible pression. La contraction des petites cellules musculaires réparties aux différents embranchements du réseau règle le remplissage des capillaires (doc. 1 et 2).

Le débit du sang dans un organe peut ainsi varier considérablement selon les besoins.

## 3 L'effort musculaire et l'adaptation cardio-vasculaire

Tout effort physique implique une dépense énergétique supérieure à la normale. Comment la satisfaire ? En assurant un maximum d'oxygénation aux muscles par un transport accéléré, le système cardio-vasculaire répond à la demande et adapte son fonctionnement à chaque situation.

Durant la phase d'effort, le rythme respiratoire et la ventilation pulmonaire augmentent pour assurer à la fois un approvisionnement suffisant en dioxygène et une élimination du dioxyde de carbone en surplus.

Durant la phase de récupération, les rythmes cardiaque et respiratoire reviennent lentement à leurs valeurs normales. La consommation d'oxygène reste accrue pour acquiescer une sorte de dette contractée par l'organisme au cours de l'effort.

## 4 Cœur et vaisseaux : des organes à surveiller

Les modifications du mode de vie et de l'alimentation durant les cinquante dernières années sont certainement à l'origine de l'augmentation spectaculaire des maladies cardio-vasculaires.

### 4.1 - DES RISQUES

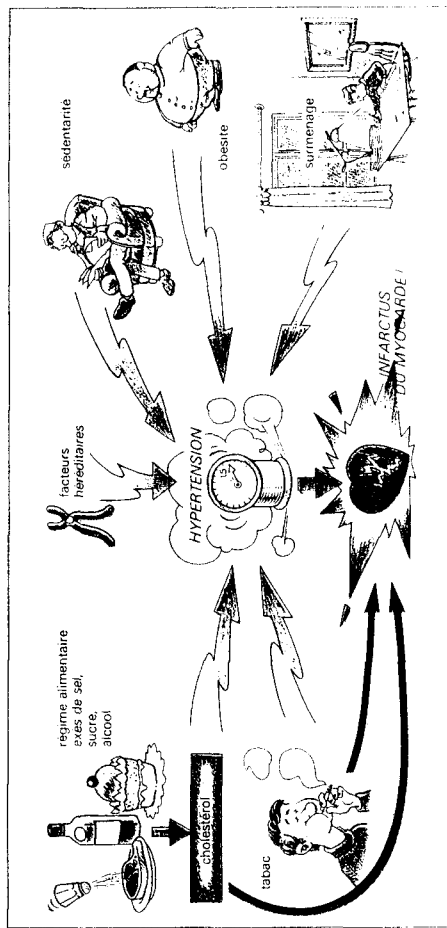
La combinaison des effets nocifs de la sédentarité, de la consommation élevée de graisses (cholestérol) et de l'usage du tabac augmente les risques d'hypertension et d'infarctus du myocarde. Cette maladie est due au manque d'irrigation d'une partie du muscle cardiaque par occlusion d'une ou plusieurs artères coronaires. Il en résulte une insuffisance cardiaque qui peut être mortelle. Si la thrombose atteint une artère cérébrale, c'est tout un territoire nerveux qui peut être détruit, ce qui entraîne de graves troubles sensitifs et moteurs.

### 4.2 - UNE PRÉVENTION NÉCESSAIRE

Surveiller et changer les comportements est impératif, surtout à partir de 50 ans !

Surveiller la tension artérielle, réduire s'il y a lieu l'excès de poids, maintenir une alimentation équilibrée, supprimer le tabac, avoir une activité physique régulière, respecter le temps de sommeil...

Ces six règles doivent permettre de réduire les risques d'infarctus !



Les facteurs de l'infarctus du myocarde.

**DOCUMENT 2**

# la circulation

## Rappels et précisions

C'est fixés aux hématies entraînés par le courant sanguin que certains anesthésiques injectés par voie intraveineuse sont transférés jusqu'à l'encéphale où ils abolissent la sensibilité consciente. Si, accidentellement, le cœur s'arrête, un tel transfert est impossible : le cœur est l'organe de mise en mouvement du sang.

Pendant des siècles, on a totalement ignoré cette notion de circulation. Ce mot qui signifie « mouvement circulaire » n'a été utilisé, pour le sang, qu'au 17<sup>e</sup> siècle : Harvey, médecin anglais, fut le premier, en 1628, à établir qu'une masse définie de sang circule indéfiniment, en circuit fermé, dans l'organisme, endiguée dans des vaisseaux sanguins de calibres variés. « A côté » des veines, bien visibles sous la peau, et des artères de diamètres variés, existent des vaisseaux fins comme des cheveux et plus encore parfois : les capillaires. Sans avoir pu les observer (le microscope n'était pas encore inventé) Harvey avait postulé leur existence : c'est en 1661 que l'italien Malpighi les découvrit.

## EXERCICES

1. Comment expliquez-vous que certains piqûres, au doigt, par exemple, ne laissent sourdre aucune goutte de sang ?
2. Pensez-vous qu'un sujet hémophile, accidenté et sans assistance, puisse mourir à bout de sang ?



FIG. 1. — Radiographie des artères cérébrales (croûti gauche) montrant un produit opaque aux rayons X dans une artère (332188).

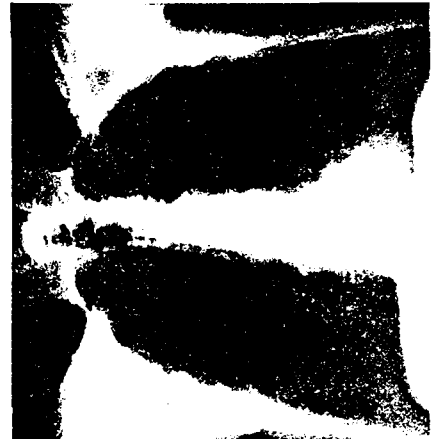


FIG. 2. — Radiographie du cœur de face à gauche (de croûti à droite).



## A. le cœur, organe moteur de la circulation

### 1. repérages

- En appliquant la main à plat sur le thorax, on perçoit, au niveau du 4<sup>e</sup> ou 5<sup>e</sup> espace intercostal gauche, la sensation d'un choc répété 70 fois par minute, en moyenne, chez l'homme adulte au repos. Chacun des chocs ressentis coïncide avec un soulèvement localisé et très léger de la paroi thoracique.

#### Le cœur bat rythmiquement.

Regardons une radiographie de cette région (figure n° 2). A la face postérieure du sternum et des cartilages des côtes de la 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> paire approximativement, le cœur apparaît entre les deux poumons. Sur un sujet observé de côté, on remarque que la pointe du cœur (son sommet) s'appuie contre la paroi thoracique, alors que sa base est dirigée vers l'arrière.

On ne saisit, de l'extérieur, grâce à la palpation, que l'activité périodique de la pointe du cœur.

- Grâce à l'auscultation, créée par Laënnec, en 1818, d'autres manifestations de l'activité cardiaque peuvent être décrites : ce sont des bruits de deux sortes (un bruit sourd : « poum », et un bruit sec : « tac ») qui alternent sans discontinuer. Chacun de ces deux bruits consécutifs se répète 70 fois par minute ; aucun ne coïncide avec le choc thoracique perçu par palpation. Nous verrons plus loin leur signification.

L'activité cardiaque est rythmée, marquée par des chocs et des bruits qui sont l'expression de mouvements, de déplacements périodiques.

- Question qui se pose : Le cœur subit-il le contre-coup d'une activité qui lui est extérieure ou bien est-il, lui-même, le siège de mécanismes contractiles ?

### 2. observation d'un cœur mis à nu

(Elle peut être facilement menée sur la Grenouille, après anesthésie de l'animal).

Le cœur humain, lui, peut être directement observé à l'occasion d'une opération chirurgicale intrathoracique. Après incision du péricarde (enveloppe) qui entoure le cœur, on voit que ce dernier est le siège de contractions rythmiques qui touchent chacune de ses parties (figure n° 3) : les oreillettes puis les ventricules subissent une modification périodique de leur aspect, de leur volume et de leur consistance.

Chaque battement présente trois phases :

- a) contraction des oreillettes qui diminuent de volume et durcissent ;
- b) contraction des ventricules qui diminuent de volume, changent de forme et de position, faisant subir au cœur une torsion qui provoque le relèvement de sa pointe durcie. Pendant ce temps, les oreillettes se relâchent et s'allongent ;
- c) relâchement des ventricules. C'est le repos général du cœur. La durée de cette période est à peu près égale à celle des contractions auriculaires (des oreillettes) et ventriculaires.

Ces trois phases se déroulent dans un ordre invariable et constituent une révolution cardiaque.

Le cœur se présente comme un organe doué d'activité contractile : c'est un muscle ; on l'appelle le myocarde (ou *griec mus* = muscle et *cardia* = cœur). Il est animé de pulsations, de battements réguliers qui sont d'autant plus prononcés que sa surface est moins encombrée de dépôts graisseux.

Les pulsations observées mettent le sang en mouvement.

Le cœur lui-même est-il traversé par le courant sanguin ainsi créé ?

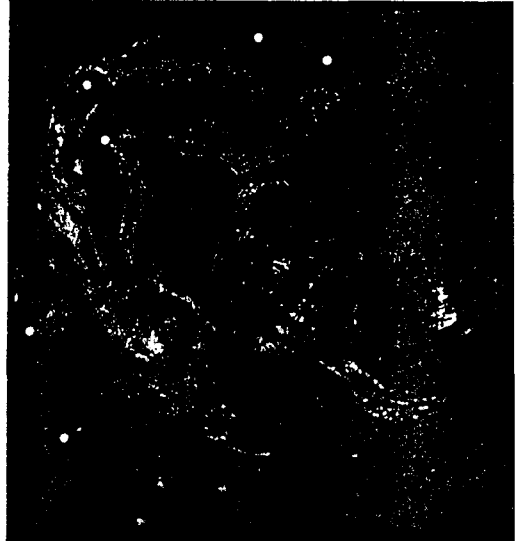
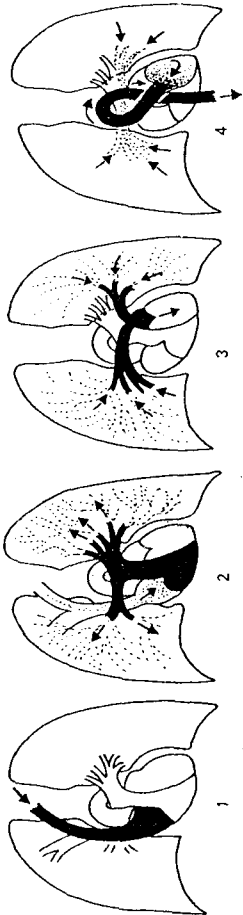


FIG. 3. — Cœur de Mouton, face ventrale. Sa morphologie est proche de celle du cœur de l'Homme).  
 • La pointe du cœur est constituée par la ventricule gauche séparée du ventricule droit par un sillon ondulé nommé le sillon coronaire.  
 • La partie droite est vue légèrement en bas et en partie seulement.  
 • La partie gauche, à contour arrondi, est bien nette : des vaisseaux à carène (aspères) s'y rattachent (veines ou artères).  
 • Deux vaisseaux de fort calibre se dirigent vers la base du cœur :  
 • L'aorte se recourbe en croissant vers la droite et les ramifications.  
 • L'artère pulmonaire, qui donne le sang artériel, passe sous l'aorte.





### 3. observation radiographique spéciale du cœur

Grâce à l'introduction d'une substance opaque aux rayons X dans l'une des veines qui est reliée directement au cœur (la veine cave supérieure), on assiste à l'opacification progressive, d'abord de l'oreillette droite, puis du ventricule droit, puis, très vite, d'un large vaisseau qui se ramifie dans les deux poumons (artère pulmonaire et ses branches). On observe ensuite une lente dissémination de l'opacité dans l'ensemble du tissu pulmonaire : assombrissement général sans aucun détail discernable. Enfin, l'opacification gagne l'oreillette gauche par le canal de 4 veines pulmonaires. Le ventricule gauche est alors vite atteint (il s'avère plus volumineux que le ventricule droit) et, à partir du ventricule gauche, l'opacité atteint enfin un gros vaisseau recourbé en crosse vers la gauche : l'aorte.

Nous venons d'explorer, en quelque sorte, le mouillage interne du cœur et des vaisseaux qui s'y raccordent.

Le cœur apparaît creusé de 4 cavités : c'est un muscle creux comprenant une partie droite (oreillette et ventricule droits) et une partie gauche (oreillette et ventricule

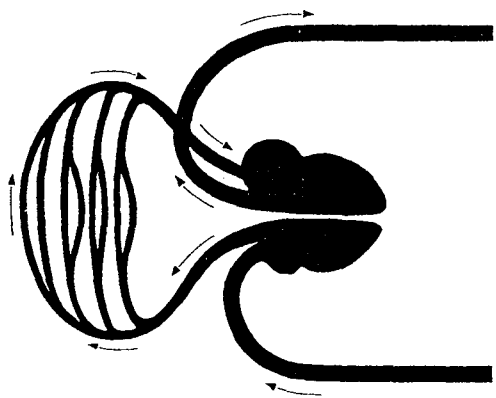
gauches). Le sang passe de l'une à l'autre, dans un sens bien défini, toujours le même, mais la communication n'est pas directe : elle s'opère par l'intermédiaire d'un circuit extra-cardiaque, via les poumons.

#### Remarque

La vitesse de circulation du sang varie avec le diamètre des cavités parcourues ; plus le diamètre est petit et plus la vitesse est réduite (traverse rapide dans les poumons, au niveau de vaisseaux invisibles à l'œil nu, les capillaires pulmonaires ; vitesse plus élevée — mais quand même évaluée à moins de 50 cm par seconde — dans l'artère pulmonaire).

Récapitulons sur un schéma le trajet suivi par le sang dans le secteur étudié (figure n° 5).

Chaque contraction myocardique d'une partie donnée exerce sur son contenu une pression croissante dont l'effet est de pousser le sang. Or, l'écoulement sanguin qui en résulte n'a lieu que dans un sens unique : le cœur doit comporter des dispositifs localisés d'aiguillage du sang. Recherchons-les.



### 4. observation d'un cœur disséqué de Mammifère (Mouton).

Il offre une organisation très comparable à celui de l'Homme. On y recherche les structures susceptibles d'imposer au sang un trajet bien défini.

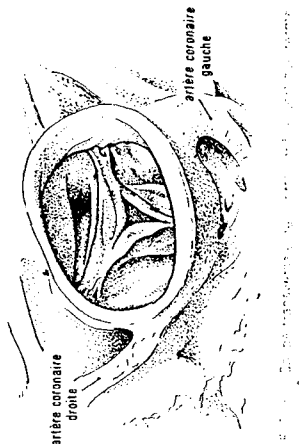
On découvre, entre oreillette et ventricule — aussi bien à droite qu'à gauche — des membranes souples, mais résistantes, prolongées par des fibres inextensibles qui les raccordent à la paroi ventriculaire. Il s'agit des *valvules auriculo-ventriculaires*, à 2 lames pour le cœur droit (valvule mitrale) et à 3 lames pour le cœur droit (valvule tricuspide) (figure n° 6).

Ces lames sont disposées de telle façon qu'elles laissent passer facilement le sang des oreillettes dans les ventricules.

Par contre, lorsque les ventricules sont remplis de sang, la poussée de celui-ci provoque l'affrontement des bords libres de ces lames, ce qui ferme l'orifice auriculo-ventriculaire et empêche le sang de retourner en arrière.

On observe, entre un ventricule et l'artère qui s'en détache, aussi bien pour l'aorte que pour l'artère pulmonaire, des valvules en forme de gousses, au nombre de 3 à l'entrée de chaque artère. Imaginons-les distendues par le sang : leurs bords libres s'affrontent et la « lumière » artérielle disparaît, s'opposant au retour du sang dans le ventricule. Il s'agit des *valvules sigmoïdes* (figures n° 7 et n° 8).

Par leur jeu alterné, les valvules du cœur et les valvules sigmoïdes imposent au sang un écoulement dirigé dans un sens bien défini.



### 5. récapitulation : que se passe-t-il à chaque étape d'une révolution cardiaque ?

Par cette étape où le cœur vient d'achever une contraction ventriculaire : le myocarde est détendu, les cavités sont dilatées. Rien ne s'oppose à l'écoulement libre du sang contenu dans les veines raccordées au cœur (veines caves supérieure et inférieure pour le cœur droit, veines pulmonaires pour le cœur gauche).

La contraction des oreillettes survient : elle achève le remplissage des ventricules.

La contraction des ventricules prend le relais : très vite les valvules auriculo-ventriculaires se ferment : cette étape coïncide avec l'émission du premier bruit : « poum ». L'évacuation du sang est assurée vers les artères (pulmonaire et aorte) : 60 à 80 ml de sang sont ainsi expulsés par chacun des 2 ventricules. Dès que les ventricules cessent leur contraction, les valvules artérielles, sigmoïdes, se ferment : à cette fermeture correspond le deuxième bruit « tac ». C'est alors que commence le remplissage qui précède à la révolution cardiaque suivante.



Les premières ramifications de l'aorte sont destinées au cœur : il s'agit des artères coronaires (figure n° 10). Les artères diminuent de calibre au fur et à mesure que l'on s'éloigne du cœur (figure n° 11). Recherchons leurs caractères communs.

Détection de quelques artères superficielles par leur pulsation

Observation : si l'on exerce avec un doigt une légère pression sur l'artère radiale (près du poignet) ou sur l'artère temporale (sur le temple), on ressent une impression de chocs rythmés de même fréquence que celle des battements cardiaques : on désigne ces chocs répétés sous l'appellation de *pouls artériel*.

Il fait suite à chaque contraction ventriculaire, mais apparaît d'autant plus décalé dans le temps que l'artère observée est plus éloignée du cœur.

Le pouls est une sorte « d'ébranlement » de la paroi aortique né du lancement de chaque nouvelle onde sanguine dans l'artère, et qui se transmet de proche en proche.

Le sang propulsé dans l'aorte ne se contente pas de faire « vibrer » la paroi artérielle. Il développe sur elle une pression importante, comme l'atteste le jaillissement du sang qui s'échappe d'une artère sectionnée.

#### Importance de la pression artérielle

Il est relativement aisé d'apprécier la valeur de la pression sanguine régnant dans une artère de référence : l'artère du bras (figure n° 12).

Si le médecin qui pratique la mesure annonce : « 13-8 », que faut-il comprendre ? Ces valeurs correspondent à des pressions exprimées en centimètres de mercure.

Pourquoi la valeur basse (8) ? Elle signifie que le sang en cours d'écoulement est toujours présent dans une artère et exerce contre sa paroi une *pression de base* au moins égale à 8 cm de mercure.

La valeur haute (13) traduit à quel niveau la pression du sang peut être haussée par l'afflux de sang propulsé à chaque contraction ventriculaire. A la surpression temporaire ainsi créée succède un retour progressif à la pression de base, pendant le repos du cœur.

8 correspond à la *pression minima* ; 13 correspond à la *pression maxima* régnant dans l'artère.

Parfois, pour des causes variées et souvent difficiles à dépister, la pression artérielle dépasse la capacité de tension de la paroi de l'artère, cette dernière éclate, provoquant une *hémorragie interne* : le sang dérivé de son cours cesse d'irriguer certains territoires plus ou moins sensibles au manque d'irrigation. Si une rupture d'artère ou d'artéole a lieu dans le cerveau, il peut en résulter des paralysies, des pertes de sensibilité graves. Si des artéoles de la rétine se rompent, la vue diminue et la cécité peut s'installer...

Ainsi l'*hypertension artérielle*, dont nous venons de décrire quelques conséquences possibles, est redoutable.

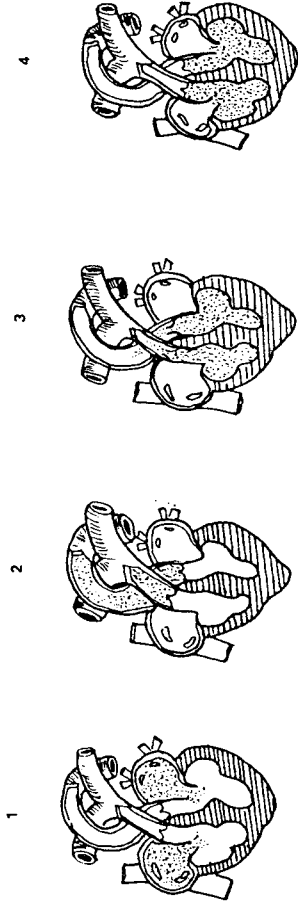


Figure 9.

1. Classez dans l'ordre requis les schémas de la figure n° 9. Reproduisez-les dans une succession ordonnée, avec toutes légendes utiles.
2. Calculez le débit du cœur : en une heure, en une journée.
3. Les cordages inextensibles qui fixent les valves (mitrale et tricuspide) à la paroi ventriculaire ont-ils un rôle très important ?

#### Conclusion à l'étude du cœur

Le cœur, muscle creux contractile, assure, par ses oreillettes, le drainage, l'aspiration du sang contenu dans les veines et dont il se remplit (rôle de « pompe aspirante »). Il provoque, grâce à ses ventricules, la propulsion du sang en direction des artères (rôle de « pompe refoulante »). La mise en mouvement du sang est ainsi rendue possible.

Nous avons remarqué le rôle réduit des contractions des oreillettes : constatons que les parois auriculaires sont minces. Au contraire, la contraction ventriculaire est essentielle : remarquons la forte épaisseur de la paroi des ventricules, surtout celle, considérable, du ventricule gauche. C'est lui qui refoule le sang dans l'aorte : dégageons que la grande énergie motrice qu'il peut ainsi développer est adaptée à l'importance de l'artère qu'il irrigue.

## B. les caractéristiques des vaisseaux sanguins

### 1. les artères

Deux artères, seulement, communiquent directement avec le cœur. Alors que l'une, l'artère pulmonaire, et ses deux ramifications présentent une longueur de l'ordre de quelques centimètres seulement, l'autre, l'aorte, s'étend, elle, sur une trentaine de centimètres, en donnant sur tout son trajet un nombre étonnant de branches : l'aorte est à l'origine de toutes les artères du corps, à l'exception des artères pulmonaires.



FIG. 11 - L'aorte et ses ramifications.

### Propriétés particulières des artères

#### Les grosses artères

Par la section béante d'une telle artère accidentée, le sang s'écoule en jets : une artère vide, coupée, demeure également béante. Le microscope révèle que la paroi de ces vaisseaux contient de très nombreuses fibres élastiques. Ainsi, cette paroi n'a pas tendance à s'affaisser sur elle-même : elle est, normalement, partiellement élastique. Sous l'effet de causes variées, cette élasticité peut disparaître : les artères deviennent rigides, perdent leur souplesse : on parle, alors, d'*artériosclérose*. Nous verrons plus loin les problèmes circulatoires que cet état occasionne.

#### Les petites artères

La paroi des artéoles comprend des fibres élastiques peu nombreuses : leur élasticité est réduite. Par contre, sous l'effet, par exemple, de l'eau chaude ou de l'eau froide, leur diamètre peut se réduire grâce à l'action d'éléments contractiles de la paroi qui entraînent une fermeture du vaisseau. La section accidentelle d'une telle artère ne provoque pas généralement d'hémorragie : l'autofermeture spontanée, temporaire, permet à la coagulation de préparer l'œuvre réparatrice.

FIG. 13 - Coupe transversale d'une artère, de 1 cm de diamètre (9 mm de diamètre), garnie de l'épaisseur de la tunique élastique (anneau rouge sombre).



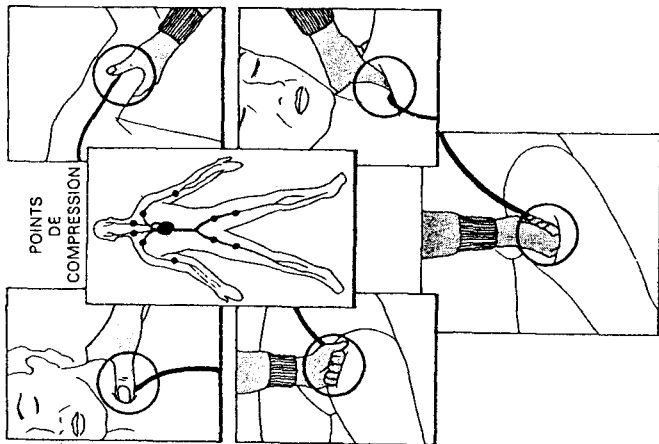
■ Que faire, dans l'attente d'un médecin, pour neutraliser l'hémorragie d'une artère importante ?  
Si cela est possible : appuyer au niveau du segment blessé pour tenter de fermer la brèche.

Si cela est trop douloureux pour l'accidenté, il faut opérer la compression ailleurs, mais toujours entre la plaie et le cœur : le sang chemine, dans une artère, dans le sens « cœur-périphérie ». Les points de compression correspondent à des secteurs où le trajet artériel est assez superficiel : on peut « toucher » l'artère sans altérer les tissus voisins. Par contre, la pose d'un garrot (lien très serré, noué entre la plaie et le cœur, autour du membre accidenté) est à éviter : par la compression « générale » qu'il entraîne, il provoque très vite, au bout d'une demi-heure le plus souvent, une altération grave des tissus situés à l'aval, altération pouvant déterminer une gangrène avec mortification des organes.

Les artères (excepté l'artère pulmonaire) dérivent toutes de l'aorte et conduisent, comme elle, le sang en direction centrifuge. Plus ou moins élastiques ou contractiles selon leur diamètre, elles possèdent toutes des parois à la fois souples et de « bonne tenue ».

#### EXERCICE

Que proposez-vous pour juguler une hémorragie survenue au niveau du mollet ?



## 2. les veines

Ces vaisseaux, comme les artères, conduisent-ils le sang dans un sens unique ?

- Observation d'une prise de sang

La préparation de la « saignée » (pli du coude) d'un donneur de sang réclame la pose d'un brassard étroit, légèrement serré autour du bras. La veine d'où le sang sera soutiré, devient saillante en dessous du lien (figure n° 15).

- Hypothèse

On peut penser que le gonflement de la veine est dû à une accumulation du sang arrêté dans son cours, l'écoulement normal ayant lieu en direction du cœur (c'est-à-dire centripète).

- Nouvelle observation

Observons les veines du dessus de la main. Main levée : les veines sont alors peu apparentes. Main baissée : les veines sont alors saillantes.

Raisonnons : si l'écoulement du sang est centripète à l'intérieur des veines, la situation « main levée » le favorise.

Le massage des veines saillantes d'une main baissée devrait, s'il est pratiqué en direction du cœur, effacer le gonflement.

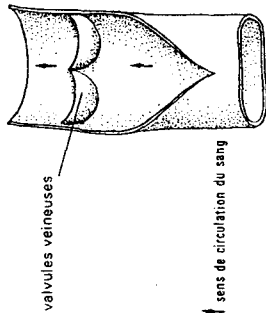


Agissons : on observe le résultat escompté, mais la démonstration est trop fugace pour être nette. Il y a mieux à faire. Comprimez une veine de l'une de vos mains en x (figure n° 16). A partir de ce point, massez la veine en direction du cœur : cela produit un effacement presque total de la trace bleue veineuse. Relâchez alors la pression maintenue jusqu'ici en x : vous voyez aussitôt la teinte bleue regagner progressivement l'intérieur de la veine.

Les veines sont des vaisseaux qui assurent la circulation du sang dans le sens « périphérie-cœur ».

■ Quelles sont les propriétés des parois des veines ?

Observons la figure n° 17 : le port de chaussettes trop serrées sur la jambe déclenche parfois le développement de varices, qui apparaissent toujours sous la zone étranglée. La paroi de ces veines déformées s'est laissée distendre de façon irréversible par la pression du sang gêné dans son écoulement et qui a stagné : la paroi des veines est peu élastique, comme en témoigne aussi la section flasque d'une veine coupée, d'où le sang s'écoule en nappe, sans jaillir. Cette dernière remarque révèle que c'est sous une pression réduite que le sang circule normalement dans les veines.



Par ailleurs, les chirurgiens ont pu observer que les déformations des veines sont plus fréquentes chez les sujets peu actifs et mal dotés en valvules.

Les masses musculaires en activité favorisent le déplacement du sang en évitant sa stagnation. Quant aux valvules en « nid de pigeon », surtout abondantes dans les veines des membres inférieurs, elles facilitent le retour du sang vers le cœur.

Dernière observation : le teint normalement rosé de la peau du visage est dû à la distribution homogène de très nombreuses veines superficielles. Sous l'effet du froid, la peau blanchit, au moins dans un premier temps : la rétraction des veines est responsable du phénomène. Ces vaisseaux sont donc contractiles et jouent en particulier un grand rôle dans les déperditions de chaleur — limitées ou au contraire favorisées — par la nappe sanguine qui y circule (grand rôle dans la régulation de la température).

#### Récapitulons

Les artères et les veines ne sont pas de simples conducteurs du sang. Grâce à la variation du diamètre de leur « lumière », grâce à leur élasticité ou leur contractilité, ces vaisseaux interviennent dans le réglage du débit local de la circulation du sang. Les artères transportent le sang « du cœur vers les organes » et les veines assurent un trajet en sens inverse.

Les capillaires assurent leur jonction.

### 3. les capillaires

Le sang arrive, au niveau de chaque organe, contenu dans des artérioles de plus en plus fines. Il quitte l'organe, endigué dans un système de veinules. Entre artérioles et veinules existent des capillaires.

Deux caractéristiques primordiales distinguent les capillaires des autres vaisseaux :

- a) leur nombre prodigieux : des milliers de millions, contre des dizaines de millions seulement pour artérioles et veinules. Le réseau capillaire présente une surface de contact exceptionnelle avec tous les organes.
- b) la minceur extrême de leurs parois : 1 à 2 microns d'épaisseur.

Ces deux caractéristiques semblent particulièrement favorables à des échanges entre le sang et les tissus traversés. Autre particularité favorable : la très faible vitesse du sang dans ces fins canaux.

Tous ces facteurs favorisent la formation de la lymphe interstitielle (voir p. 28).

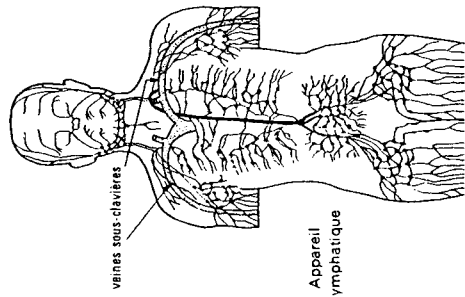


FIG. 19 — Le système lymphatique

## C. problèmes circulatoires : influence de l'état des vaisseaux sanguins

1 — Les atteintes cardiaques liées à des anomalies touchant la consistance de la paroi des vaisseaux.

Un exemple d'anomalie (l'athérome de l'aorte).

Dans la paroi aortique, des amas chargés d'alcool, le cholestérol, peuvent se développer (figure n° 21). Parmi les agents qui déclenchent ces formations, on connaît avec certitude l'un des produits issus de la combustion des cigarettes. Vous voyez là en quoi le tabagisme peut être néfaste pour la santé...

Rappelons que cette lymphe interstitielle ainsi formée est drainée par un système de petits vaisseaux de calibre irrégulier se jetant dans des vaisseaux incolores et à aspect annelé dont certains communiquent avec le sang : ce sont 2 veines du bras (sous-clavières gauche et droite) qui recueillent, en fin de drainage, la lymphe canalisée (figure n° 19).

Les capillaires sont les seuls vaisseaux sanguins à traverser la paroi desquels se font des échanges essentiels entre le sang et les organes.

### Récapitulons nos connaissances sur l'appareil circulatoire (figure n° 20).

On distingue :

- la petite circulation (circulation pulmonaire). Le sang parcourt le circuit en 6 secondes environ ;
- la grande circulation (circulation générale). Le temps mis par le sang, 15 à 16 secondes en moyenne, peut varier selon le circuit exact qu'il emprunte entre les voies de diverse importance qui s'ouvrent à lui.

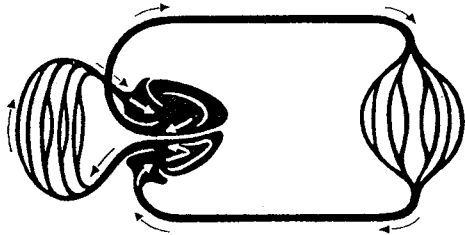


FIG. 20 — La double circulation du sang

Conséquences de l'anomalie observée

Après ramollissement, l'aorte se durcit, elle perd son élasticité naturelle. A chaque contraction ventriculaire, sa distension temporaire, puis son retour au diamètre initial créent une véritable poussée du sang, ne peuvent plus être assurés. Le cœur cesse d'être aidé dans son travail de propulsion du sang. Pour avoir la même efficacité qu'à l'état normal, il doit éjecter le sang avec une énergie accrue : il s'ensuit une hypertension

### b) cas d'abolition totale de la circulation

On assiste à la nécrose (du grec nekros = mort) des tissus lésés.

Si une branche des artères coronaires est touchée, une partie du myocarde subit un infarctus (du latin infarctus = fardi, rempli) et se décompose. Si une artère cérébrale est obstruée, cela engendre un infarctus d'une partie du cerveau, dont les conséquences, toujours dramatiques, car irréversibles, dépendent de la région atteinte. On connaît des infarctus pulmonaires, souvent provoqués par des embolies à l'origine desquelles se trouvent des caillots issus d'une veine atteinte de phlébite. On connaît aussi des infarctus de la rate, du foie... Mais il faut reconnaître que c'est l'infarctus du myocarde qui cause les troubles les plus graves et qui entraîne une mortalité importante. De nombreuses causes favorisent l'apparition de cette maladie, mais 5 facteurs de risque sont le plus souvent mis en avant :

- l'hypertension artérielle, qui conduit à une augmentation du travail du cœur. Les artères coronaires des hypertendus ont tendance à épaissir leur paroi (perte de souplesse) et deviennent moins efficaces pour l'irrigation du cœur, ne pouvant plus faire face, en particulier, à la demande accrue du myocarde en cas d'effort ;
- la surcharge excessive de poids (obésité). Le cœur travaille, en partie, pour une masse adipeuse totalement superflue : il se fatigue inutilement. De plus, le sang des obèses est chargé de produits favorisant le durcissement de la paroi des artères ;
- les excès alimentaires. Manger trop signifie souvent manger, de façon mal équilibrée, trop de produits favorisant l'altération des artères, pas assez de substances (certaines vitamines entre autres) maintenant les artères en bon état ;
- la sédentarité. Dans un organisme soumis à peu d'exercice, les organes utilisent moins bien l'oxygène apporté par le sang et, pour un effort donné, le débit du cœur doit être plus élevé pour être efficace, d'où fatigue plus grande. Faire de la marche, du sport (méthodiquement et sans excès), c'est se donner un facteur d'équilibre précieux face aux agressions de la vie moderne. Heureusement, car des observations ont montré que des contrariétés renouvelées augmentent les risques de maladies cardiovasculaires...

Des douleurs apparaissent au niveau du thorax et irradient vers l'épaule lorsque le cœur est mal irrigué : c'est ainsi que se manifestent les douleurs brèves — de l'ordre de 3 minutes environ — de l'angine de poitrine.

### a) cas de réduction du débit sanguin

arielle et une fatigue du ventricule gauche, qui finit par faiblir : l'irrigation des vaisseaux coronaires ne se faisant plus correctement, c'est alors le prélude à l'effondrement de tout le myocarde.

### 2 — Les atteintes viscérales liées à des anomalies touchant le diamètre d'ouverture des vaisseaux sanguins.

Les amas de fibres et de cholestérol provoquent la formation de saillies qui diminuent la « lumière » du vaisseau sanguin affecté. Au passage de ces rétrécissements, la circulation est freinée et l'irrigation en aval est diminuée. De plus, « à l'abri » de la saillie, le dépôt de ces amas peut prendre naissance favorisée, près de ces amas peuvent prendre naissance des caillots (sang coagulé) (figure n° 21). S'ils sont volumineux, ils accentuent le rétrécissement local. S'ils sont peu importants, ils ne sont pas moins dangereux pour autant car, peu adhérents au support, ils peuvent être entraînés par le courant jusqu'à un vaisseau de faible calibre et l'obstruer.

Des caillots se forment aussi dans les veines, à la suite d'une inflammation de leurs parois (cas de phlébite, du grec phlebos = veine).

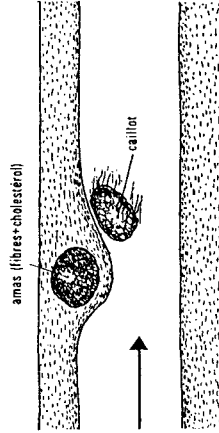


FIG. 21 — Coupe longitudinale d'un vaisseau à paroi épaissie par un athérome.

Une obstruction brusque d'un vaisseau par un caillot provoque l'arrêt de la circulation dans la région correspondante du corps : c'est une embolie, souvent mortelle.

Si le cœur est mis à l'abri de toute fatigue inutile, il conserve longtemps sa capacité d'adaptation aux efforts mesurés que nous lui demandons. Si les vaisseaux sanguins demeurent capables de contractilité et d'élasticité, il peut se créer, sans que le cœur batte ni plus fort, ni plus vite, des circulations locales bien adaptées aux besoins temporaires des organes.

**DOCUMENT 3**

# 3

comment transporter l'oxygène et les aliments  
mettre le sang en mouvement

UNE POMPE, UN REÇEPTACULE  
UN CIRCUIT, DES VAISSEAUX



Chaque ventricule du cœur brasse journellement environ 8 000 litres de sang, ce qui représente environ 16 tonnes de liquide mis en mouvement pour un muscle ne pesant pas plus de 300 grammes.

## LE SANG CIRCULE DANS DES VAISSEAUX

Le sang, au niveau des poumons, s'enrichit en oxygène ; de même au niveau de l'intestin il reçoit des aliments. Ces prises en charge se font en permanence pour l'oxygène, pendant de nombreuses heures, en périodes digestives, pour les aliments. Ainsi, constamment, du sang se trouve sur place et se charge. Qu'est-ce qui le met en mouvement ? Ou s'en va-t-il ainsi chargé ? Est-ce le même sang qui revient aux poumons ou à l'intestin ? Est-ce au contraire à chaque fois un sang neuf ?

### Document 1 Quelques faits d'observation

- a. Depuis fort longtemps, l'existence dans le corps humain d'artères et de veines constituant un véritable réseau de canalisations est connue :
  - des artères, aux parois épaisses, dont la section reste béante en cas de blessure,
  - des veines, à paroi plus mince et flasque, dont les bords de la section s'affaissent et se collent en cas de blessures (fig. 1).
 La dissection d'un animal peut nous permettre les mêmes observations.

- b. D'une blessure à la main le sang coule... et ce, quelle que soit la position de la main : pendante le long du corps ou dressée au-dessus de la tête.

- e. Une méthode, encore utilisée pour tuer les animaux de boucherie, consiste à sectionner les vaisseaux du cou. En quelques minutes, artères et veines de tout le corps sont vides de sang.



Veine à paroi mince et artère à paroi épaisse



### Document 2 La circulation veineuse

- La découverte des valvules veineuses est due à Fabrice d'Acquapendente (1537-1619). « J'ai appelé petites portes, valvules des veines, certaines membranules très ténues, situées dans la cavité interne des veines et particulièrement dans la cavité de celles qui se distribuent aux membres. Elles sont disposées par intervalle, tantôt isolées, tantôt jumelées. Leur orifice est tourné vers la racine des veines (vers le cœur). Elles se manifestent au-dehors sous l'aspect de nœuds que l'on voit aux rameaux et à la tige des plantes... »
- Pour William Harvey, médecin anglais du début du XVII<sup>e</sup> siècle, le rôle des valvules est clair : « Qu'on applique une ligature sur le bras d'un sujet, au-dessus du pli du coude, comme si l'on pratiquait une saignée, on verra paraître par places, surtout sur un sujet maigre et prédisposé aux varices, des espèces de nodosités : ces nodosités sont produites par les valvules (voir ci-dessus). Avec un doigt on écrase un « nœud », D par exemple. De l'autre main, on fait glisser, en appuyant, le bout d'un doigt, de D vers C jusqu'au-delà de C. Le segment veineux CD « disparaît », par contre le segment BC est distendu.

La compression étant toujours maintenue en D, si on écrase la portion distendue BC (en X) « on se rend compte qu'aucune force n'est capable de chasser le sang au-delà de la valvule C ; plus on déploiera d'efforts pour franchir ce barrage plus, au niveau de la valvule C, la veine se distendra, deviendra turgescence et pendant le segment CD demeurera vide ». En levant la compression en D on voit le segment CD se remplir de sang à partir de D.



### QU'EST-CE QUI MET LE SANG EN MOUVEMENT ?

La section d'une artère au bras, au cou, se traduit par un jet de sang saccadé. Ces saccades correspondent aux battements cardiaques. Depuis longtemps on a fait du cœur le moteur responsable de la mise en mouvement du sang.

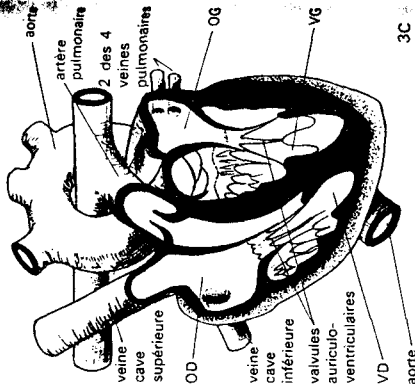
#### Document 3 Organisation du cœur

Pour bien comprendre comment le cœur provoque le mouvement du sang, il est maintenant nécessaire d'étudier son organisation. Il est facile de se procurer un cœur de Mouton dans une boucherie. Nous vous conseillons de réaliser vous-même la dissection suivante :

La figure 3 B montre un cœur de Mouton en vue dorsale ; le côté droit de l'animal se trouve sur la droite de la photo et la partie supérieure, recouverte de graisse est en haut. La figure 3 A représente ce même cœur en vue ventrale. Repérez bien sur les deux figures les deux oreillettes rouge foncé. De même repérez sur la masse ventriculaire un sillon assez net, qui semble partager cette masse en deux parties inégales. Des veines aux parois flasques, des artères plus rigides sortent ou arrivent au cœur. Pour distinguer ces vaisseaux, des « boudins » de pâte à modeler ont été mis en place.



artère pulmonaire  
aorte  
4 veines pulmonaires  
oreillette gauche  
veine cave supérieure  
veine cave inférieure



3C



3A



3D



3E

**Dissection :** Introduisez une sonde dans l'artère pulmonaire (fig. 3 C). Elle vient buter au fond d'une cavité. On coupe la paroi de l'artère pulmonaire sur toute sa longueur. Et on poursuit à l'intérieur du cœur en longeant le sillon visible sur la masse ventriculaire. On ouvre le volet ainsi obtenu. Une cavité apparaît limitée par deux orifices :

- le 1<sup>er</sup> correspond au débouché de l'artère pulmonaire. Ce débouché présente trois petites poches tendineuses, les valvules sigmoïdes. Le 2<sup>e</sup> orifice marqué par des membranes tendues par des filaments fixés à la paroi, débouche dans une seconde cavité : l'oreillette droite. D'un coup de ciseau, on peut ouvrir cette oreillette en passant par l'orifice limité par les valvules dites auriculo-ventriculaires (3 C). Toute la partie gauche du cœur demeure indépendante, sans relation avec les cavités que vous venez d'ouvrir.

Procédez de même sur la moitié gauche du cœur. Ainsi le cœur apparaît constitué de deux parties accolées l'une à l'autre, sans communication : un cœur droit et un cœur gauche ; chacun d'eux est formé de deux cavités, oreillette et ventricule, communiquant par un jeu de valvules (fig. 3 E).

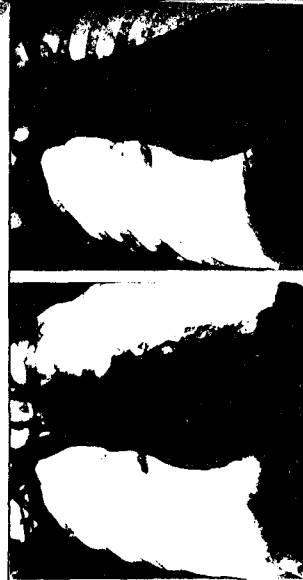
Examinez de plus près l'organisation et la disposition des valvules auriculo-ventriculaires. Quel rôle vont jouer ces valvules en ce qui concerne le sens d'écoulement du sang ?

Examinez de la même façon les valvules sigmoïdes des artères pulmonaires et aorte.

Quel rôle vont jouer ces valvules ?

Examinez la coupe transversale, dans un cœur de Mouton, au niveau de la masse ventriculaire (fig. 3 D).

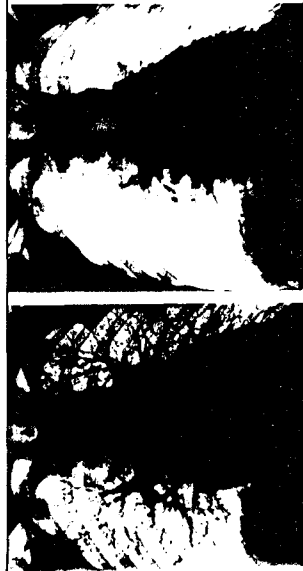
Quelle conclusion dégagez-vous de l'analyse de l'épaisseur des deux parois ventriculaires ?



Document 4

Le trajet du sang est rendu visible grâce à l'injection d'un produit dans une veine :

1. On injecte le produit en 1.
2. 3. 4. 0
5. On voit le sang en circulation
6. On injecte le produit au cœur
7. On voit le sang en circulation
8. On injecte le produit au cœur
9. On voit le sang en circulation



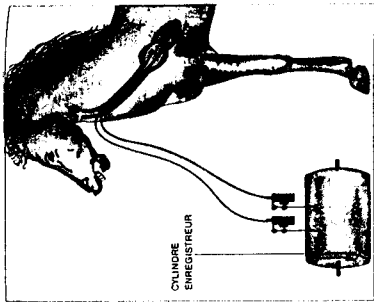
**Document 5** Variation de la pression interne dans les cavités cardiaques

● Les liquides s'écoulent toujours d'une région de haute pression vers une zone de basse pression. Pour comprendre comment le cœur assure la circulation du sang dans son intérieur on a enregistré les variations de pression des cavités cardiaques.

En 1863, Chauveau et Marey imaginaient d'introduire dans les cavités cardiaques d'un cheval, par des vaisseaux, de petites ampoules en caoutchouc (des sondes) reliées à des capsules munies d'un stylet enregistreur.

Reproduisez ce dispositif sur la schéma ci-dessous par une sonde dans une des cavités du cœur.

● Le dispositif imaginé enregistre les variations de pression à l'intérieur de 3 cavités du cœur.

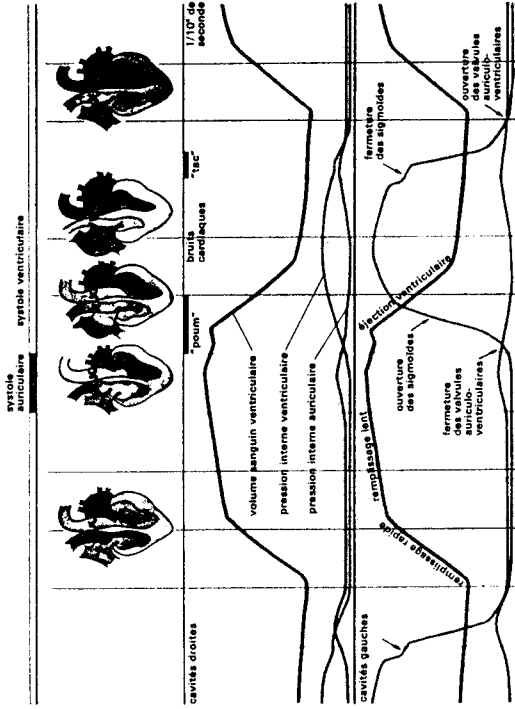


5

**Document 6** La révolution cardiaque chez l'Homme

● En 1929 un chirurgien allemand, le Dr. Forssmann, réalise l'expérience de Chauveau et Marey sur lui-même. Il s'introduit dans une veine du bras une sonde très mince de 2 mm. de diamètre qu'il remonte jusqu'à l'oreillette droite puis le ventricule droit et même l'artère pulmonaire, en la suivant en radioscopie. Cette méthode d'exploration cardiaque est maintenant courante pour détecter des anomalies du fonctionnement cardiaque. L'enregistrement a été techniquement amélioré.

● L'ensemble des différentes phases d'un battement cardiaque constitue une révolution cardiaque. Chaque révolution comprend des temps de contractions ou systoles ; (la systole auriculaire, la systole ventriculaire) et aussi des temps de repos ou diastole.



Observez sur le graphique les systoles et les diastoles. Sa production a lieu au moment de l'arrivée du sang dans le cœur.

● Le 1<sup>er</sup> bruit est dû à la fermeture des valves auriculaires. Le 2<sup>e</sup> bruit est dû à la fermeture des valves ventriculaires.

● Le 3<sup>e</sup> bruit est dû à la fermeture des valves ventriculaires. Le 4<sup>e</sup> bruit est dû à la fermeture des valves auriculaires.

● Le 5<sup>e</sup> bruit est dû à la fermeture des valves ventriculaires. Le 6<sup>e</sup> bruit est dû à la fermeture des valves auriculaires.

- A l'auscultation la révolution cardiaque se traduit par deux bruits :
  - le 1<sup>er</sup> sourd, assez long (le « poum »).
  - le 2<sup>e</sup> plus clair, plus bref (le « tac »).

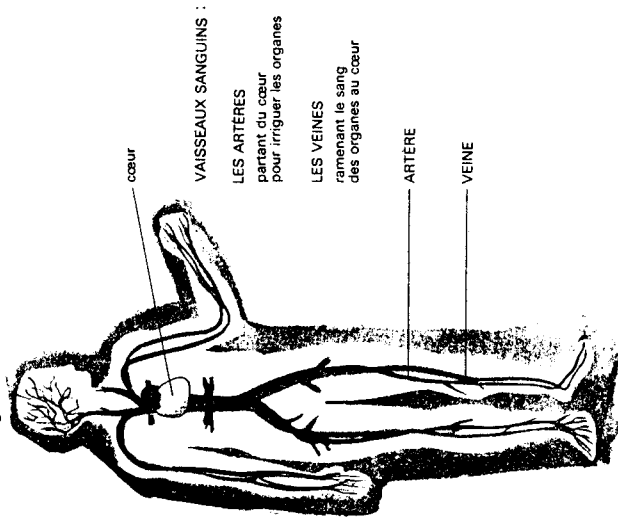
Reproduisez le schéma ci-dessus sur les schémas de l'activité précédente. Indiquez la direction de l'écoulement du sang dans les vaisseaux.

● Le 1<sup>er</sup> bruit est dû à la fermeture des valves auriculaires. Le 2<sup>e</sup> bruit est dû à la fermeture des valves ventriculaires.



LA CONCEPTION DE LA CIRCULATION DU SANG

Document 7 Le sang effectue un circuit



7

● Nous savons maintenant comment le cœur met le sang en mouvement. De plus la disposition de ses valves impose un sens unique de circulation : le sang arrive par les veines et ressort par les artères. Demeure une question importante : le sang qui se charge d'oxygène et d'aliments est-ce à chaque fois un sang nouveau, un sang « neuf » ou bien est-ce le même sang qui, dans ce cas, effectue un circuit ? W. Harvey apporte à ce problème une réponse.

« Considérons la capacité intérieure du cœur, admettons que le cœur renferme deux onces<sup>1</sup> de sang. Le pouls bat 72 fois par minute, en une heure le ventricule gauche aura envoyé dans l'artère aorte une quantité de sang correspondant à 8 640 onces de sang ( $72 \times 2 \times 60 = 8\ 640$ ) c'est-à-dire à 540 livres, ce qui fait 3 fois le poids du corps humain. D'où une pareille quantité de sang peut-elle donc venir ? Ou peut-elle aller ? »

«... Nous sommes amenés à conclure que le sang des animaux est poussé selon un trajet fermé comme un cercle et qu'il est en état de perpétuel mouvement. »

« Tout démontre donc, que le sang sous l'impulsion des ventricules parcourt les artères de toutes les parties du corps. Par les pores de la chair il trouve son chemin des artères vers les veines. »

1. 1 once = 30,59 g. 34. une livre = 489,5 g

Document 8 Comment passe-t-on des artères aux veines

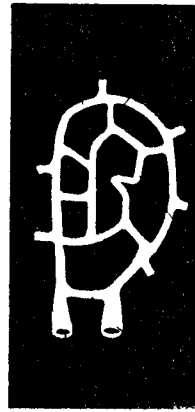
- A la fin du XVII<sup>e</sup> siècle, Leeuwenhoek et Malpighi complèteront avec les premiers microscopes la théorie « circulationniste » de Harvey : le sang ne passe pas des artères aux veines par des « pores de la chair » mais par un fin réseau de vaisseaux capillaires réunissant artérioles et veinules (fig. 8A).
- Ce que vous pouvez faire : disposez un têtard vivant sur une lame porte objet — à sec —. L'animal est agité, par moment, de soubresauts. Observez au grossissement faible du microscope. Mettez au point sur la membrane fine de la queue en profitant d'une période calme. Par transparence, on observe le sang circuler dans un réseau de capillaires. Les hématies sont entraînées par le torrent circuloire apparemment rapidement : n'oubliez pas cependant que leur vitesse est multipliée par le grossissement du microscope. Des « encombrements » passagers se produisent à certains carrefours. Traduisez votre observation par un dessin.

Entre une artériole et une veinule, l'écoulement du sang se fait par un capillaire préférentiel. Ce vaisseau préférentiel est le seul parmi les éléments du réseau capillaire dont la paroi soit doublée de cellules musculaires. Les autres capillaires sont branchés sur ce capillaire préférentiel. A leur origine, au point où ils se détachent du capillaire préférentiel, existent une ou deux cellules musculaires qui en se contractant peuvent empêcher la circulation dans le capillaire. En outre, il existe parfois des liaisons directes entre l'artériole et la veinule (fig. 8B).

Grâce aux propriétés musculaires de la paroi de l'artériole et du capillaire préférentiel, grâce aux cellules musculaires à l'entrée des autres capillaires, le débit du sang dans un organe peut considérablement varier. Ainsi, dans un muscle au repos, de nombreux capillaires ne fonctionnent pas : cela signifie qu'ils ne sont pas parcourus par le sang. Enfin, le diamètre de l'artériole et du capillaire préférentiel peut varier du simple au triple.



8A



8B

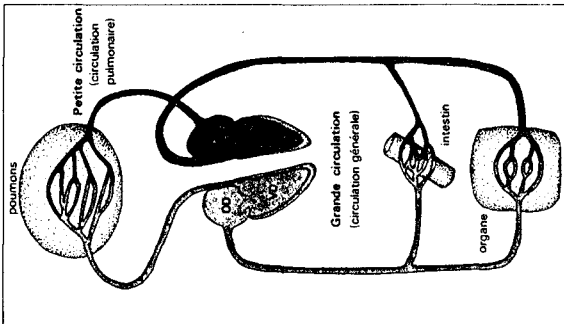
**Document 9 La double circulation**

● Le cœur est formé de 2 parties anatomiquement indépendantes : le cœur droit et le cœur gauche. Propulsé par le cœur droit, le sang parvient aux poumons pour revenir au cœur gauche par les veines pulmonaires. De là, chassé dans tous les organes il revient finalement au cœur droit par les veines caves.

On a donc 2 circulations correspondant à 2 systèmes capillaires :  
 - une petite assurant la circulation dans les capillaires pulmonaires  
 - une grande assurant la circulation dans les capillaires des organes.

● Remarque sur l'intérêt d'une double circulation par rapport à une circulation simple: tout se passe comme si dans un appareil clos le sang était mis en mouvement par 2 pompes, le cœur droit et le cœur gauche. L'intérêt d'un tel dispositif est lié à la nécessité de fournir rapidement et en quantité de l'oxygène aux organes. Si le sang allait directement du cœur aux poumons, puis aux organes, il subirait un fort ralentissement au niveau des capillaires pulmonaires, et gagnerait trop lentement les différents organes. Ou sinon, il faudrait une pompe extrêmement puissante envoyant le sang avec une force incompatible avec la résistance des parois vasculaires. Les 2 cœurs intercalés entre les 2 réseaux capillaires des poumons et des organes assurent un débit satisfaisant pour une force acceptable aux vaisseaux.

Partir de la circulation simple pour arriver à la double circulation, c'est ce que nous allons faire.



un circuit général, qui, du ventricule gauche à l'oreillette droite, lui fait irriguer tous les organes, en particulier l'intestin, où il se charge des nutriments.  
 Le cœur assure le mouvement sanguin en jouant le rôle de pompe aspirante et foulante. Ses deux parties droite et gauche, se contractant en même temps, assurent un débit suffisant pour une pression acceptable dans les circuits de l'appareil circulatoire.

L'organisme contient 4 à 5 litres de sang canalisés dans un appareil circulaire clos. Ce sang circule toujours dans le même sens: des artères le conduisent du cœur aux organes, dans un réseau dense de capillaires, et des veines le ramènent au cœur.  
 Au cours d'une rotation, le sang passe 2 fois dans le cœur, une fois dans la partie gauche, une fois dans la partie droite. Il effectue un double circuit:  
 - un circuit pulmonaire qui, du ventricule droit à l'oreillette gauche lui permet, en passant par les poumons, de se charger en oxygène.

**faisons le point...**

**exercices**

Chacun des exercices de 1 à 3 contient des affirmations se rapportant à l'appareil circulatoire et son fonctionnement. Certaines sont fausses ou incomplètes: lesquelles? Corrigez-les ou complétez-les.

- L'appareil circulatoire comprend:
  - des artères qui conduisent le sang au cœur,
  - des capillaires constituant un réseau dense au niveau des boudins et de l'intestin,
  - des veines dont les valves ont pour rôle essentiel de retarder la circulation.
- Une hématie est partie du ventricule gauche; pour revenir à ce même ventricule, elle:
  - passe une deuxième fois dans le cœur,
  - passe toujours une fois par les capillaires de la paroi intestinale,
  - passe toujours une fois au niveau de tous les organes.
- Au cours de la révolution cardiaque humaine:
  - le sang, dans le cœur droit, passe de l'oreillette dans le ventricule puis dans l'artère pulmonaire,
  - les valves auriculo-ventriculaires sont ouvertes à la systole ventriculaire,
  - les ventricules sont vides de sang à la diastole,
  - la systole ventriculaire gauche développe une pression interne plus grande que celle du ventricule droit,
  - le volume sanguin rejeté par le ventricule gauche est plus important que celui rejeté par le ventricule droit.
- Le ventricule gauche se contracte en moyenne 70 fois par minute, chez un homme adulte au repos. Il propulse à chaque fois 80 ml. de sang dans l'artère aorte.
  - a. quelle est la masse de sang brassée par ce ventricule au cours d'une journée? (Considérez que 80 ml. de sang pèsent 80 g),
  - b. le ventricule droit brasse-t-il la même quantité de sang?
  - c. le volume total sanguin étant de 5 l., combien faut-il de temps pour que la totalité de la masse sanguine passe par le cœur gauche?
- L'intoxication oxycarbonée.
 

Tous les hivers les journaux rapportent des cas d'asphyxie dus à des émanations d'oxyde de carbone provenant de poêles, de cuisinières, de chauffe-eau.

Au milieu du siècle dernier, Claude Bernard entreprit une série d'expériences pour connaître le mécanisme de cet empoisonnement; il arriva à la conclusion que l'oxyde de carbone agissait au niveau du sang.

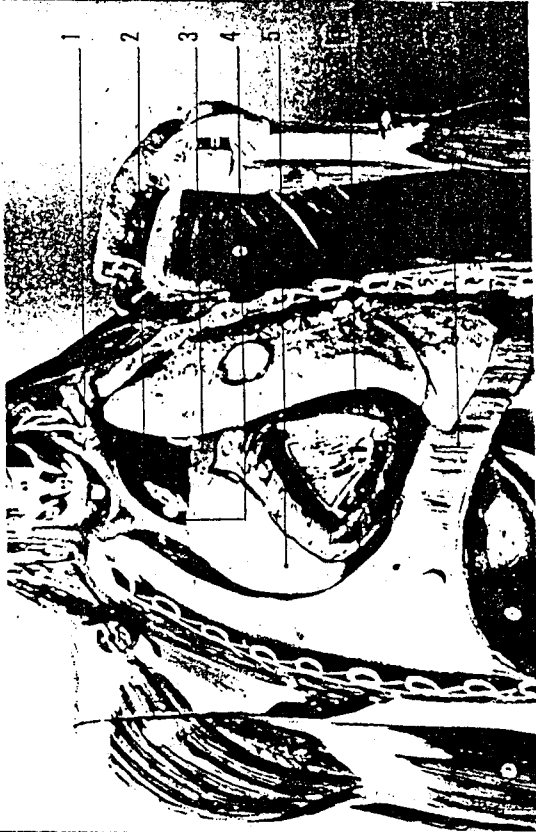
L'expérience suivante doit vous permettre de préciser le mode d'action de l'oxyde de carbone:

  - je pris une certaine quantité de sang oxygéné d'un animal sain; je placai ce sang sur le mercure, dans une éprouvette contenant de l'oxyde de carbone, afin d'empoisonner le sang à l'abri du contact de l'air extérieur. Puis, après un certain temps, j'examinai si le gaz contenu dans l'éprouvette, en contact avec le sang empoisonné, avait été modifié et je constatai que ce gaz, en contact avec le sang, s'était notablement enrichi en oxygène en même temps que la quantité d'oxyde de carbone y avait diminué.

Comment l'oxyde de carbone, éventuellement contenu dans l'air alvéolaire, agit-il?

**DOCUMENT 4**

## l'appareil circulatoire et la circulation



Au cours de la dissection d'un petit Mammifère (page 4), nous avons observé :

- dans la cage thoracique, le cœur situé entre les poumons ; il a la forme d'un cône dont le sommet, appelé pointe du cœur, est en contact avec le diaphragme. Le cœur se trouve dans un sac à double paroi, le péricarde ;
- un peu partout dans le corps, de nombreux vaisseaux sanguins de grosseur différente ; ils contiennent un liquide rouge, le sang, qui s'écoule à la moindre blessure.

Le cœur et les vaisseaux sanguins constituent l'appareil circulatoire sanguin. L'observation de l'« écorché » permet de connaître la disposition des vaisseaux sanguins (artères et veines) et de savoir ce qu'ils contiennent : du sang rouge clair, dit sang rouge, pour les vaisseaux colorés en rouge, et du sang noirâtre, le sang noir, pour ceux colorés en bleu.

### A / B le cœur et les gros vaisseaux

A Sur l'« écorché », distinguez les parties 5 et 6 du cœur (noms : 5. l'artère pulmonaire, 6. la veine cave supérieure).  
B Sur quoi repose la pointe du cœur ?

Après avoir injecté dans les artères une substance opaque aux rayons X, on a fait une radiographie. Sur celle-ci on voit l'artère a, les artères iliaques b et une artère c qui irrigue diverses parties du gros intestin.



C

### C / E ce qu'on fait pour vérifier la circulation

C Le stéthoscope est un instrument utilisé par le médecin pour écouter les bruits du cœur ou des poumons.

D Pour mesurer la pression artérielle, on entoure le bras d'un brassard dans lequel on comprime de l'air pour empêcher le sang de circuler dans l'artère du bras. Lorsque l'on décomprime l'air, on entend un son au moment où le sang passe de nouveau dans l'artère : on lit alors, sur le manomètre, la tension maximum.

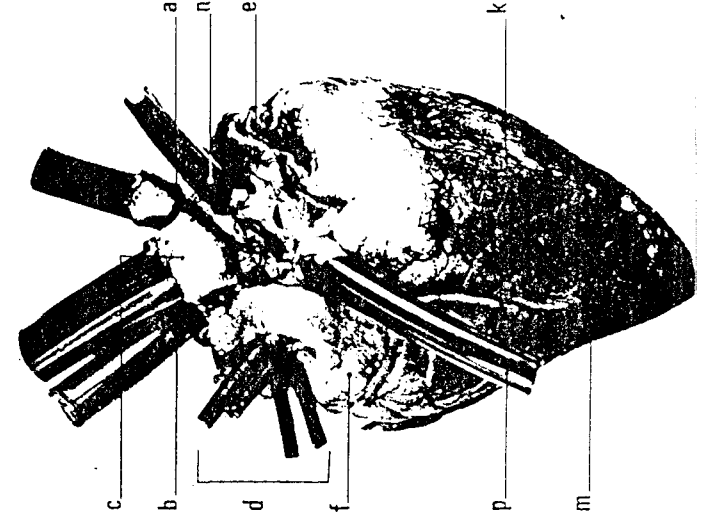
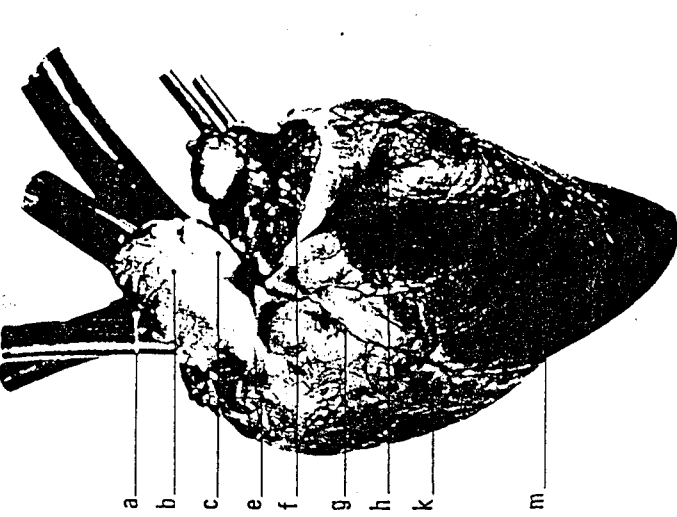
E Pour prendre le pouls, on presse un peu l'artère qui se trouve sur le radius. Le doigt est soulevé rythmiquement, cette sensation de choc est le pouls.



D



E



**Observations**

■ orientez un cœur de mouton

On reconnaît la face ventrale à un sillon qui la traverse obliquement de haut en bas et de droite à gauche. Par suite, la gauche du cœur est à main droite et inversement.

1 Alors, à droite du sillon, que distinguez-vous ? et à sa gauche ?

2 Dans le sillon interventriculaire g, suivez l'une des artères coronaires; l'autre h est visible à droite.

3 A la partie supérieure du cœur, saisissez et distinguez :  
 • les oreillettes e et f ;  
 • l'artère pulmonaire b et l'aorte c. Sur le côté de l'aorte, observez le départ de l'aorte antérieure a.

4 Enfoncez une sonde dans l'artère pulmonaire : quelle paroi repousse-t-elle ? Faites de même pour l'aorte : que constatez-vous ?

Dessinez la face ventrale du cœur et annotez votre dessin.

■ observez sa face dorsale

1 Nommez les parties du cœur e et k qui se trouvent à main droite.

2 Indiquez les noms des vaisseaux a, b, c.

3 Observez les veines :  
 • veine cave supérieure n et veine cave inférieure p ; où aboutissent-elles ?  
 • les 4 veines pulmonaires d ; elles sont souvent coupées à ras.

4 Comparez la paroi d'une artère à celle d'une veine ; concluez !

■ disséquez le cœur

Placez le cœur dans une cuvette à dissection, face ventrale en l'air, la pointe du cœur dirigée vers vous.

• 1<sup>er</sup> temps : introduisez une paire de ciseaux dans l'artère pulmonaire ap et incisez sa paroi ainsi que celle du ventricule droit b en suivant le trajet indiqué ci-contre. Écartez la paroi du ventricule et observez :  
 - l'intérieur du ventricule, les lames de la valvule cardiaque ;  
 - la valvule qui se trouve dans l'artère pulmonaire ; que peut-elle empêcher ?

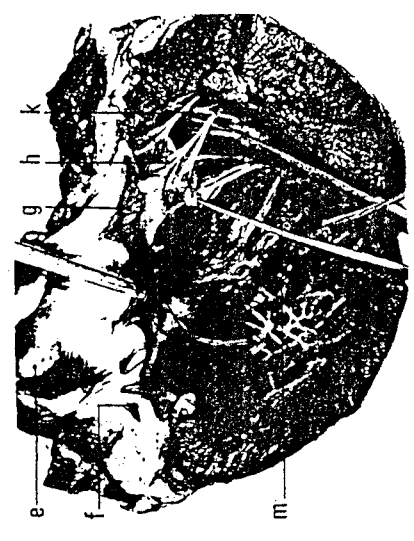
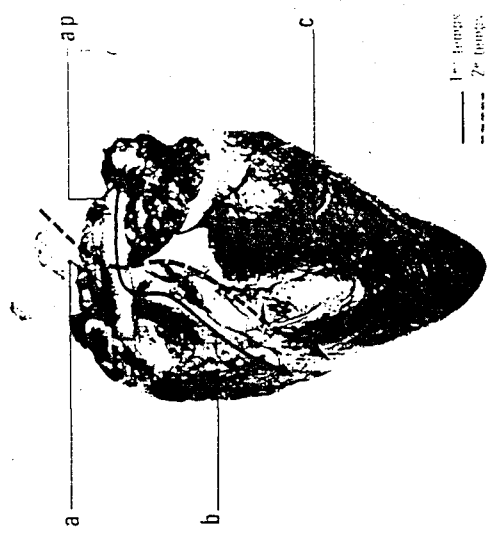
• 2<sup>e</sup> temps : introduisez la paire de ciseaux dans l'aorte a ; incisez sa paroi, puis celle du ventricule gauche c (voyez le croquis).

Observez :  
 - la paroi de l'aorte e et l'orifice de l'aorte antérieure ;  
 - la valvule de l'aorte g et, au-dessus, les deux orifices des artères coronaires f ;  
 - les deux lames de la valvule cardiaque h.

Observez et comparez :  
 - l'épaisseur des parois des ventricules ;  
 - les caillots trouvés dans les ventricules : que constatez-vous ?

■ observez des capillaires

Sur une plaque de liège percée d'un trou, étalez la palmure d'une patte postérieure d'une grenouille qui a été anesthésiée. Observez la palmure au microscope : que distinguez-vous dedans ?



# l'appareil circulatoire et la circulation

## 1 L'appareil circulatoire sanguin

observation  
externe  
d'un cœur  
de mouton

La face ventrale du cœur **1** est parcourue par un sillon dans lequel se trouve l'un des vaisseaux nourriciers du cœur appelés artères coronaires. Ce sillon sépare les deux ventricules (l'un droit, l'autre gauche). Au-dessus des ventricules, on voit deux oreillettes à parois plissées. A la partie supérieure du cœur, on distingue des conduits blancs dont la section reste béante comme celle d'un tuyau; ce sont les artères: l'artère pulmonaire et l'aorte.

- La face dorsale du cœur présente aussi des conduits, mais à paroi mince; ce sont des veines:
- 2 veines caves (veine cave supérieure et veine cave inférieure) rattachées à l'oreillette droite;
  - 4 veines pulmonaires, rattachées à l'oreillette gauche, mais souvent sectionnées au ras du cœur.

Une artère est un conduit dont la section reste béante, alors que la paroi d'une veine qui est sectionnée s'affaisse.

ce que montre  
sa dissection

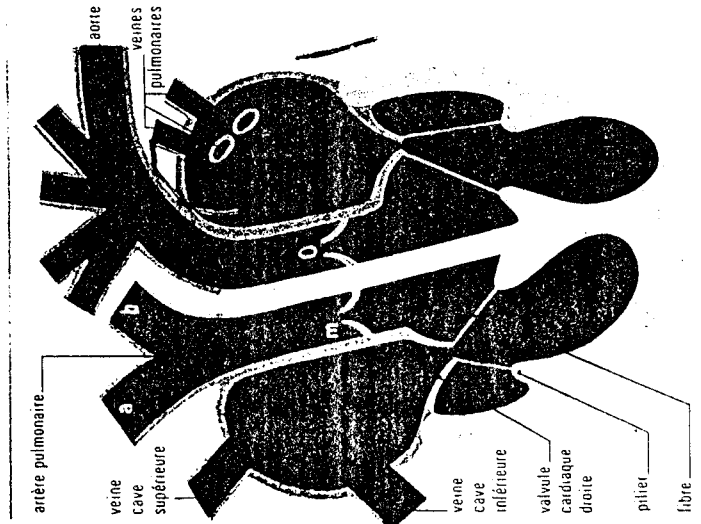
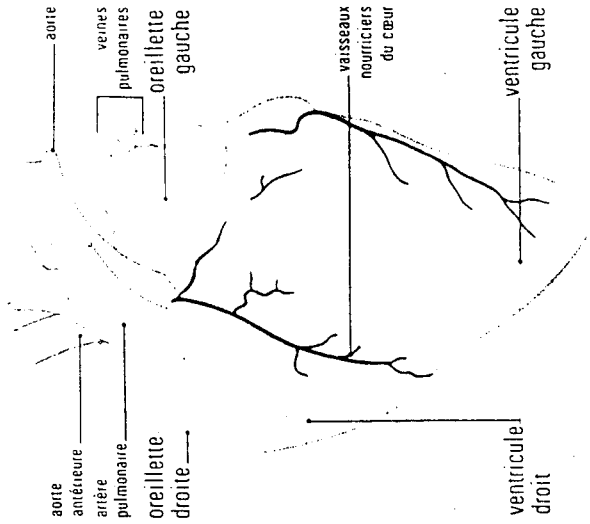
1 Le cœur est formé de deux parties ne communiquant pas entre elles; on les nomme cœur droit et cœur gauche. Si l'on compare la couleur des caillots sanguins trouvés dans ces deux parties, on constate que le cœur gauche contient du sang rouge, tandis que le cœur droit contient du sang noir.

2 Chaque partie du cœur comprend elle-même deux cavités: une oreillette et un ventricule. Chaque oreillette communique avec le ventricule, situé du même côté qu'elle, par une valvule cardiaque ne laissant passer le sang que dans un seul sens (lequel?).

les vaisseaux  
rattachés  
au cœur

Les artères «partent» des ventricules **2**: l'aorte part du ventricule gauche, l'artère pulmonaire part du ventricule droit. Ces vaisseaux sont munis, vers leur origine, de trois petits goussets permettant au sang de s'échapper du cœur, mais s'opposant au reflux du sang vers le cœur; c'est ce qu'on appelle des valvules artérielles **2**.  
Les veines «arrivent» dans les oreillettes **2**: les deux veines caves dans l'oreillette droite, les quatre veines pulmonaires dans l'oreillette gauche.

Une artère est un vaisseau dans lequel le sang va du cœur à un organe. Une veine est celui qui ramène le sang au cœur.



## 1 face ventrale d'un cœur de mouton

A quoi reconnaissez-vous qu'il s'agit de la face ventrale?

Par quoi est occupée la pointe du cœur?

Comment appelle-t-on les vaisseaux nourriciers du cœur?

Qu'est-ce qui caractérise la section d'une artère? et d'une veine?

Quand on introduit une sonde dans l'artère pulmonaire, quelle paroi déforme-t-elle?

## 2 coupe en long schématique du cœur

Les ramifications de l'aorte montrent qu'il s'agit du cœur lu main. Désignez les conduits qui «partent» du cœur et dont la section reste béante; ceux qui «arrivent» au cœur.

Où se trouve la paroi droite du cœur? et sa partie gauche?

Quel est le rôle d'une valvule cardiaque? et celui d'une valvule artérielle m ou n?

Remarquez l'orifice p de l'une des deux artères coronaires. Lors que l'une de ces artères est obstruée, il se produit une crise cardiaque que l'on nomme un infarctus. Pour à peu, la partie du muscle cardiaque non irriguée se détache.

— sang rouge  
— cœur noir

les capillaires

Pour mettre en évidence les capillaires, on anesthésie une grenouille, on étale la palmure d'une patte postérieure sur un liège percé d'un large trou, puis on place le liège sur la platine d'un microscope. On distingue alors des vaisseaux assez gros : ce sont des artérioles et des veinules. Entre elles, il existe un grand nombre de fins vaisseaux que l'on a comparés à des cheveux : ce sont des capillaires sanguins. Leur paroi est si mince que l'on voit le sang s'écouler grâce aux globules qu'il charrie.

Les capillaires sont des vaisseaux très fins qui relient les artérioles et les veinules à l'intérieur de tous nos organes.

## II La circulation du sang

le rôle du cœur

Quand les deux oreillettes se contractent **3 A** :  
 - le sang rouge contenu dans l'oreillette gauche passe dans le ventricule gauche ;  
 - le sang noir, qui remplit l'oreillette droite, est chassé dans le ventricule droit.  
 C'est alors que les deux ventricules se contractent à leur tour **3 B** : le sang, qui ne peut pas refluer vers les oreillettes du fait de la fermeture des valves cardiaques, est refoulé dans les artères **3 C**. Là, il y rencontre du sang et tend à revenir en arrière : la fermeture des valves artérielles l'en empêche.

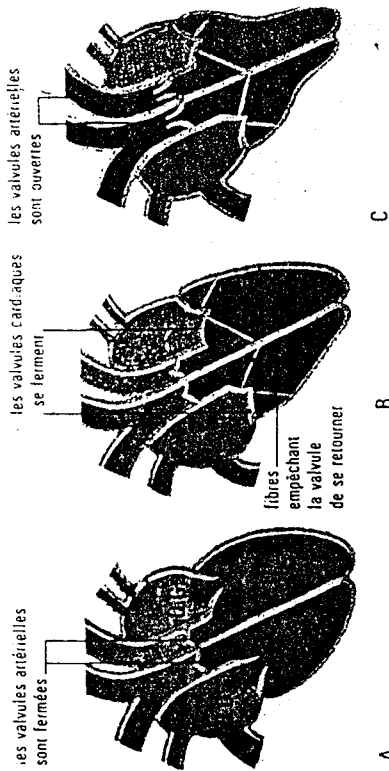
Le cœur est l'organe moteur de la circulation : la contraction des oreillettes chasse le sang dans les ventricules, puis la contraction des ventricules refoule le sang dans les artères.

la petite et la grande circulation

Quand une goutte de sang (sang rouge) part du ventricule gauche, elle est refoulée dans l'aorte et arrive dans un capillaire qui traverse un organe **4**. Là, le sang devient rouge foncé : c'est alors du sang noir qu'une veine transporte à l'oreillette droite. A ce trajet du sang on a donné le nom de grande circulation ou de circulation générale.

Après être passée de l'oreillette droite dans le ventricule droit, la goutte de sang (sang noir) est refoulée dans l'artère pulmonaire qui la mène dans un capillaire des poumons. Là, le sang devient rouge clair (sang rouge), puis il revient au cœur par l'une des quatre veines pulmonaires. A ce trajet, plus court que le précédent, on a donné le nom de petite circulation ou de circulation pulmonaire.

Pour revenir à son point de départ (cœur gauche), une goutte de sang ne met, en tout, que 30 secondes !



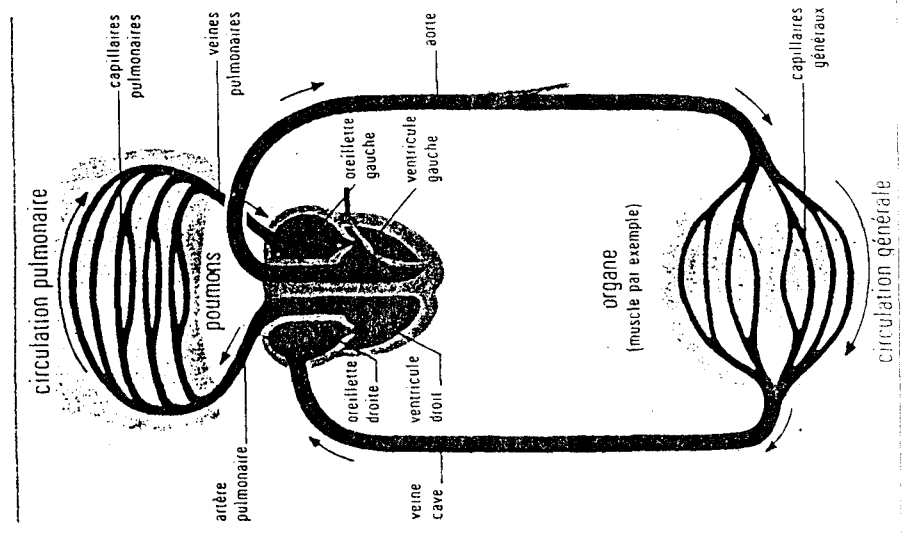
**3** comment fonctionne le cœur humain

**A** Contraction des deux oreillettes : où passe le sang que les oreillettes contiennent ?  
**B** Début de la contraction des ventricules : pourquoi le sang ne peut-il pas retourner dans les oreillettes ? Passe-t-il dans les artères ?  
**C** Contraction des ventricules : le sang est chassé dans les artères, car la pression a fait ouvrir les valves artérielles.

**4** schéma de la petite et de la grande circulation

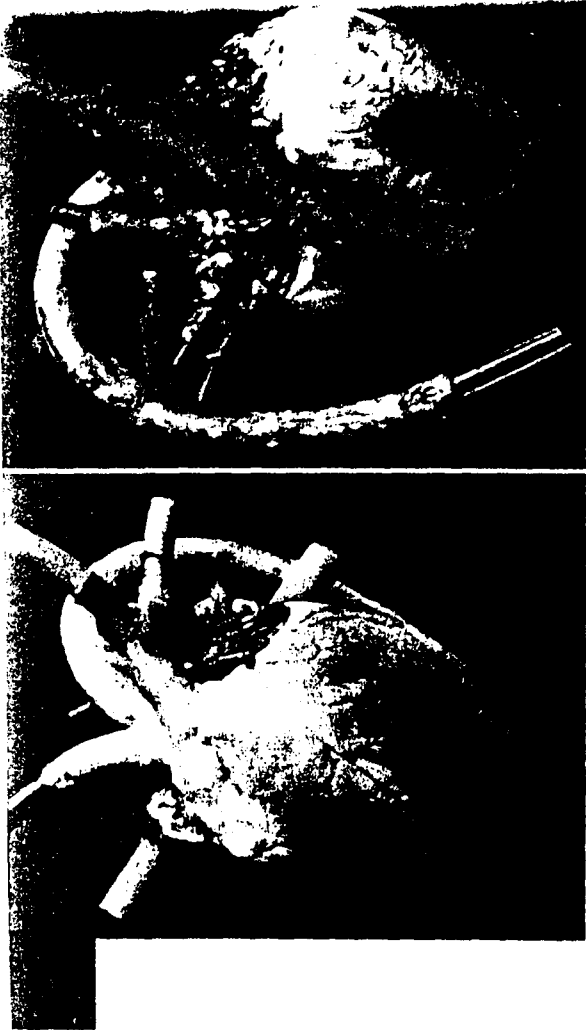
Une goutte de sang part du ventricule gauche : quel trajet suit-elle avant de repasser dans ce même ventricule ? Alors, dans quels vaisseaux circule le sang pour atteindre un muscle de la jambe, par exemple ? et pour revenir au cœur ?

■ sang rouge  
 ■ sang noir



**DOCUMENT 5**





185. - Cœur de Mouton. A gauche : face ventrale ; à droite : face dorsale. Des tuyaux de caoutchouc ont été placés dans les vaisseaux. Exercer-vous à reconnaître ces derniers.

Cl. Vallin

## LE CŒUR, LES VAISSEAUX ET LA CIRCULATION

L'appareil circulatoire comprend le cœur, qui propulse le sang, et des vaisseaux, artères, capillaires et veines, qui conduisent le sang dans tout l'organisme.

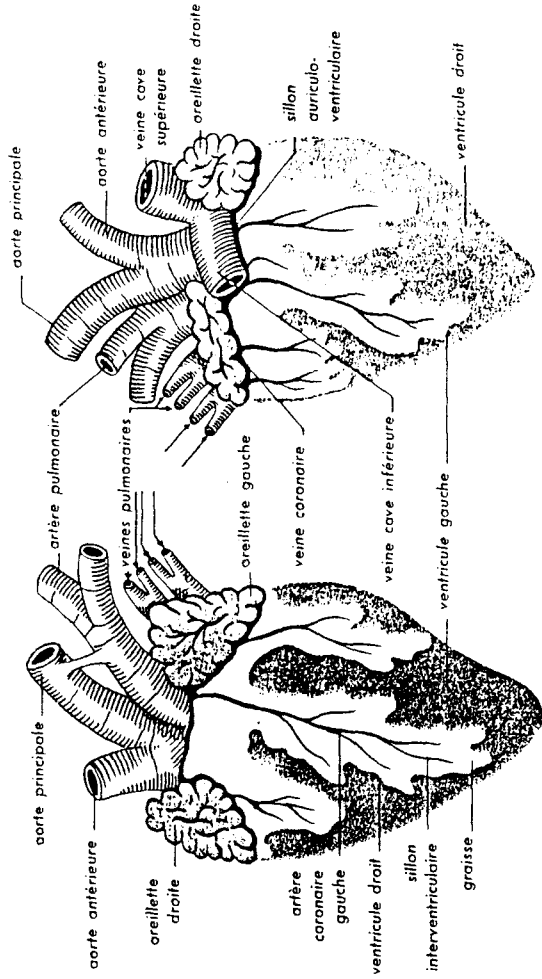
### 1° LE CŒUR

Les observations faites sur l'écorché et sur la Souris disséquée nous ont permis de situer le cœur : il se trouve dans la cage thoracique, entre les deux poumons, juste au-dessus du diaphragme (fig. 191). Il est aisé d'étudier sa forme et sa structure sur un cœur de Mouton.

#### 1° Observation et dissection d'un cœur de Mouton

(n'oubliez pas que le Mouton marche à quatre pattes !). De la graisse recouvre toujours plus ou moins le cœur.

Extérieurement on distingue deux zones : une région supérieure et une région inférieure. Dans la région supérieure se trouvent deux petites masses symétriques plissées et flasques, de couleur violacée : c'est la région des **oreillettes**. La région inférieure est de consistance ferme et sa couleur est d'un rouge plus ou moins foncé. Nous verrons que cette partie est formée par les **ventricules**. Un sillon bien visible court sur la face ventrale :



186. - Cœur de Mouton.

A gauche : face ventrale ; à droite : face dorsale.

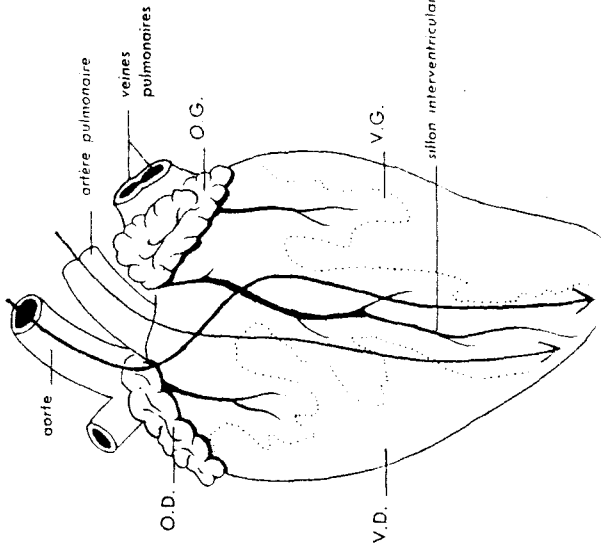
C'est le sillon interventriculaire, ainsi appelé parce que situé à la limite des deux ventricules.

A la partie supérieure du cœur, on voit des « tuyaux » qui ont été sectionnés par le boucher : ce sont des **vaisseaux sanguins**. Ils ne sont pas tous semblables. Les uns, demeurés béants, possèdent une paroi élastique et ferme : ce sont des **artères**. Sur la figure 185 on voit l'**aorte**, qui se divise en aorte principale et aorte antérieure, et l'**artère pulmonaire** qui, elle aussi, bifurque bientôt.

Les autres vaisseaux, au contraire, paraissent fermés ; leur paroi, flasque, s'est comportée comme celle d'un tuyau de toile et le vaisseau s'est aplati. Ces vaisseaux sont des **veines** : **veines caves** à droite, **veines pulmonaires** à gauche.

**Remarque** - Sur la région ventriculaire, dans des sillons plus ou moins remplis de graisse, courent les vaisseaux nourriciers du cœur : l'artère et la veine coronaires.

2. - **Dissection**. La figure 187 montre les incisions qu'il faut pratiquer pour ouvrir le cœur.



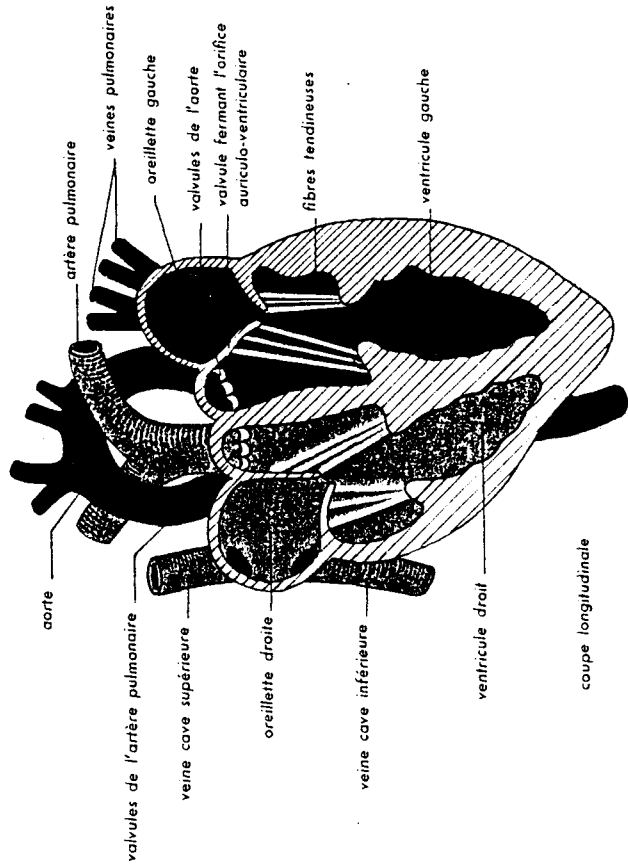
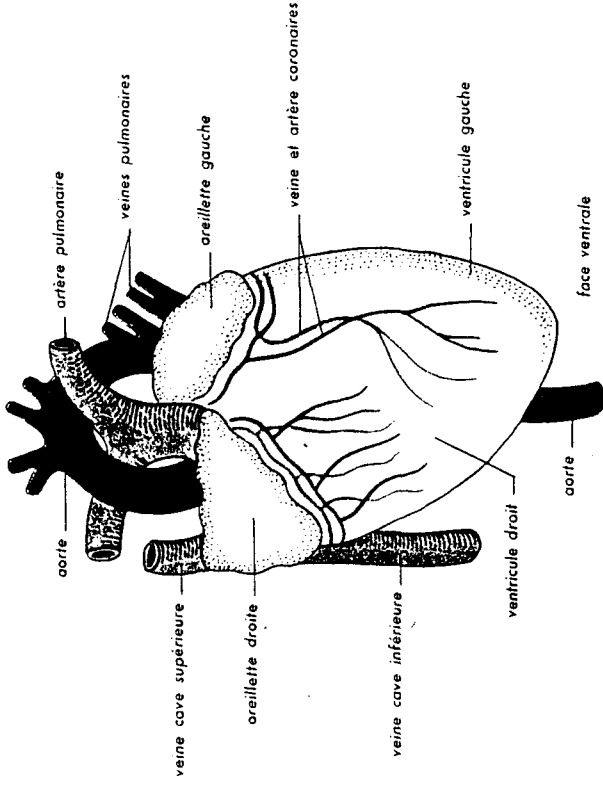
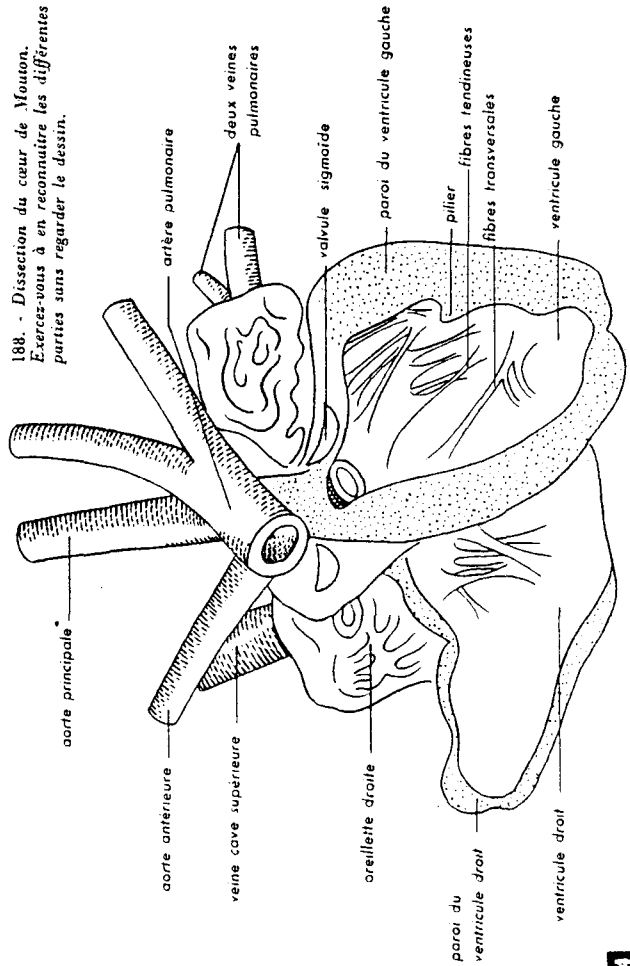
187. - Trajet des deux incisions pour la dissection du cœur de Mouton.

a) On enfonce la branche à bout arrondi d'une forte paire de ciseaux dans l'aorte et on sectionne la paroi du cœur en restant à un centimètre à gauche du sillon interventriculaire. En écartant les bords de l'incision, on fait apparaître l'intérieur du **ventricule gauche** (fig. 188). La paroi, très épaisse, est formée par un muscle; le muscle cardiaque. Des fragments de muscle, les fibres transversales, irradient le ventricule. Introduisons une baguette de verre dans l'une des veines pulmonaires; elle pénètre dans une cavité, l'oreillette gauche. Si nous l'enfonçons davantage, nous la voyons apparaître dans le ventricule gauche, entre deux lames blanches fibreuses, reliées par des filaments à des excroissances de la paroi ventriculaire: les piliers. Ces deux lames constituent la **valvule mitrale** qui fait communiquer l'oreillette gauche avec le ventricule gauche.



Cl. Vealin

188. - Dissection du cœur de Mouton. Exercer-vous à en reconnaître les différentes parties sans regarder le dessin.



189. - Le cœur humain (schématique).

A l'entrée de l'aorte se trouve trois valvules en forme de nid, les **valvules sigmoïdes**, dont la concavité est tournée vers le haut (fig. 188). On distingue, sur l'aorte, deux orifices qui représentent le départ des artères coronaires chargées d'irriguer le cœur.

b) On ouvre le ventricule droit en enfonçant l'une des branches d'une paire de ciseaux dans l'artère pulmonaire, et en sectionnant la paroi à un centimètre à droite du sillon interventriculaire. On retrouve une valvule entre l'oreillette droite et le ventricule droit : la **valvule tricuspide** ; le début de l'artère pulmonaire possède également des valvules sigmoïdes. La paroi du ventricule droit est bien moins épaisse que celle du ventricule gauche. Après l'ouverture des deux ventricules, on remarque que la pointe du cœur est constituée uniquement par la paroi du ventricule gauche.

c) On ouvre les oreillettes en pratiquant une incision sur la face dorsale d'une veine cave à l'aide. On remarque que la paroi est mince et molle. Les deux petites masses symétriques observées dans la région supérieure ne constituent que la partie la plus externe des oreillettes.

En résumé, la dissection du cœur de Mouton nous montre que cet organe est un **muscle creux** à quatre cavités : deux oreillettes et deux ventricules. Un orifice muni d'une valvule fait communiquer l'oreillette avec le ventricule situé du même côté. Les oreillettes ne communiquent pas entre elles, pas plus que les ventricules.

**2° Le cœur humain** Le cœur humain est situé dans la cage thoracique, entre les deux poumons. Sa pointe, tournée vers la gauche, vient en contact avec le diaphragme. Le cœur humain pèse environ 250 grammes ; il est un peu plus gros que le poing. Sa forme n'est pas exactement la même que celle du cœur de Mouton, mais à quelques détails près sa structure est la même ainsi qu'on peut le voir sur la figure 189.

## 2° LES VAISSEAUX SANGUINS

En observant le cœur de Mouton, nous avons distingué des **artères** et des **veines**. Il existe également, à l'intérieur des organes, d'autres vaisseaux très fins : les **capillaires**.

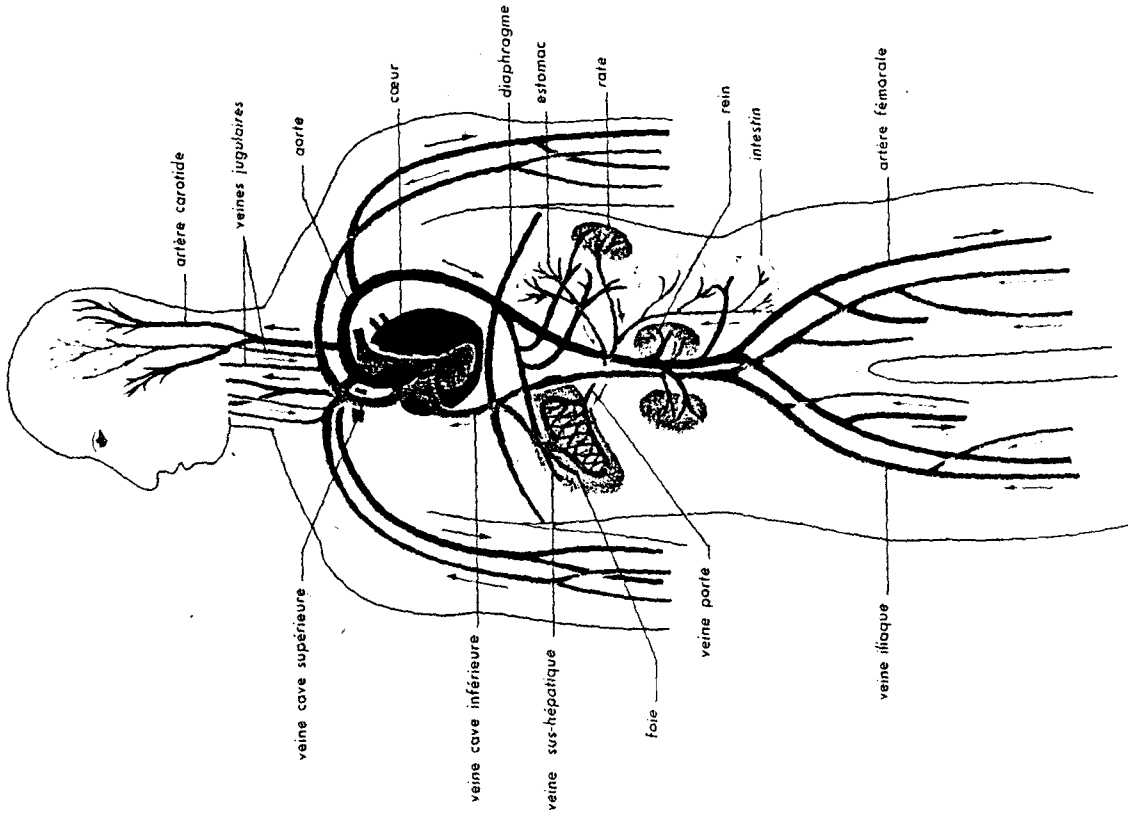
**1° Les artères** Nous avons déjà observé **l'artère aorte** et **l'artère pulmonaire**. L'artère aorte part du ventricule gauche et se recourbe en une crosse pour descendre vers les régions inférieures du corps. L'aorte donne naissance à des artères qui se ramifient dans tout le corps. **L'artère pulmonaire**, qui part du ventricule droit, conduit le sang aux poumons.

**Dans les artères, le sang s'éloigne du cœur pour se rendre aux organes.**

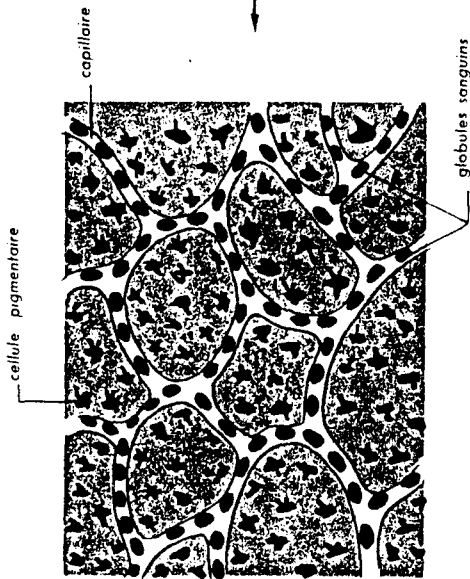
**La paroi des artères est élastique** ; nous l'avons vu, une artère coupée reste béante. La paroi des petites artères (artérioles) contient des fibres musculaires lisses, ce qui les rend contractiles. Elles peuvent donc rester dilatées, ou se contracter. Les artérioles se ramifient en vaisseaux très fins (quelques dizaines de microns de diamètre) : les **capillaires**.



190. - Coupe transversale dans une petite artère.



191. - Les principaux vaisseaux sanguins du corps de l'Homme.



192. - On peut observer la circulation du sang dans les capillaires de la membrane interdigitale de la Grenouille.

## 2° Les capillaires

Capillaires vient d'un mot latin qui veut dire cheveu, mais certains capillaires sont bien plus fins qu'un cheveu. Chez la Grenouille, on peut observer facilement des capillaires et le sang qui y circule.

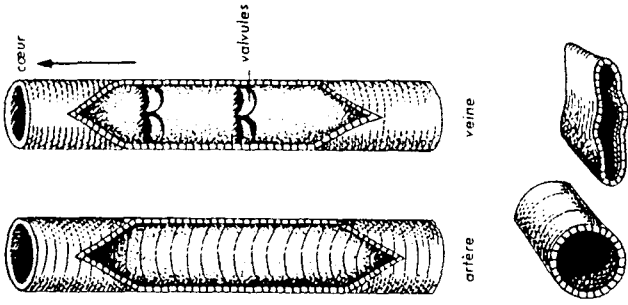
Anesthésions une Grenouille et posons-la sur une plaque de liège dans laquelle on a pratiqué une ouverture. Si l'on écarte les doigts de la patte postérieure, on voit qu'ils sont reliés par une fine membrane. Plaçons cette membrane au-dessus de l'orifice de la plaque de liège : il nous sera possible de l'examiner au microscope. Les capillaires y forment un réseau plus ou moins dense (fig. 192). On voit nettement le sang circuler. Les globules rouges, ovoïdes, sont bien plus gros que ceux de l'Homme.

Dans les capillaires, la circulation est plus lente que dans les artères, ce qui permet des échanges entre le sang et les tissus par l'intermédiaire de la lymphe qui les baigne.



193. - Réseau de capillaires sanguins dans une villosité intestinale.

Cl. Boyard



194. - Coupes longitudinales et coupes transversales dans une artère et une veine.

**3° Les veines** Les veines, formées par la réunion des capillaires, sont les vaisseaux qui sortent d'un organe et reconduisent le sang au cœur. Les veines caves supérieure et inférieure arrivent dans l'oreillette droite. Les veines pulmonaires conduisent vers le cœur le sang qui vient de traverser les poumons.

La paroi des veines ne contient que très peu de fibres élastiques. Une veine coupée est flasque (fig. 194). La plupart des veines situées au-dessous du cœur possèdent des **valvules en nid de pigeon** (fig. 194) qui facilitent la remontée du sang en direction de la cage thoracique.

## 3° LE FONCTIONNEMENT DU CŒUR ET DES VAISSEAUX

### 1° La révolution cardiaque

Anesthésions une Grenouille et ouvrons sa cage thoracique : nous voyons battre le cœur. Le cœur de la Grenouille comprend deux oreillettes comme celui de l'Homme et de la Souris, mais un seul ventricule. La région des oreillettes est rouge foncé et la région ventriculaire rose. Une observation attentive montre que les oreillettes se contractent avant le ventricule. Après la contraction du ventricule, tout le cœur reste au repos pendant un certain temps, puis les oreillettes se contractent à nouveau.

Le cœur de la Grenouille se contracte d'une façon rythmique. Chez l'Homme, le rythme cardiaque normal est de 70 battements à la minute. On le mesure par l'auscultation, ou plus simplement en prenant le pouls. On retrouve sur le cœur humain les trois temps déjà observés chez la Grenouille :

- Contraction des deux oreillettes : **systole auriculaire**.
- Contraction des deux ventricules : **systole ventriculaire**.
- Repos général des oreillettes et des ventricules : **diastole générale**.

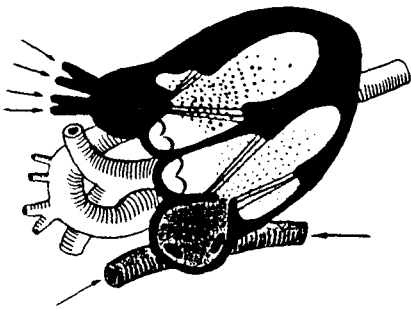
L'ensemble des trois temps porte le nom de **révolution cardiaque**. Puisqu'il y a 70 battements en une minute, la durée d'une révolution cardiaque est donc de 0,85 seconde, soit approximativement 8/10 de seconde. La diastole générale représente 4/10 de seconde de ce temps. Le cœur est un muscle, ne l'oublions pas, et comme tous les muscles il a besoin de repos pour éliminer les déchets de la contraction et pour reconstituer ses réserves. Ce travail de récupération s'effectue pendant la diastole générale.

**2° Les mouvements du sang à l'intérieur du cœur** Observez la figure 195.

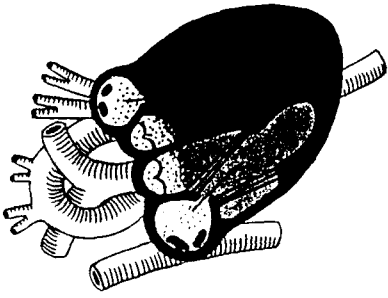
a) Pendant la diastole, les oreillettes sont remplies du sang qu'elles reçoivent des veines. Par les valvules mitrales et tricuspides, le sang s'écoule librement dans les ventricules.

b) Les oreillettes se contractent, chassant le sang qu'elles contiennent dans les ventricules ; les parois ventriculaires se trouvent donc distendues.

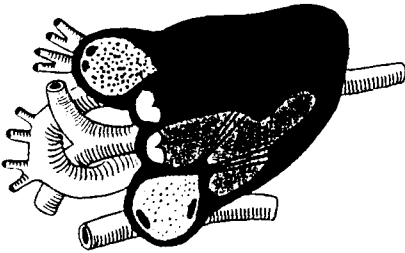
c) Les ventricules se contractent. Aussitôt, sous l'effet de la pression du sang, les lames fibreuses des valvules mitrales et tricuspides se rejoignent, ferment le passage entre l'oreillette et le ventricule, empêchant ainsi le sang de remonter vers les oreillettes. Le sang se heurte également aux valvules sigmoïdes situées à l'entrée de l'aorte et



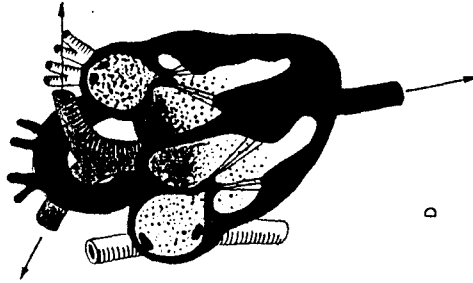
A repos du cœur (diastole)



B contraction des oreillettes (systole auriculaire)



C contraction des ventricules: systole ventriculaire (début)



contraction des ventricules (fin); le sang est chassé dans les artères)

195. - Fonctionnement du cœur. Bien entendu il y a toujours du sang dans les vaisseaux. On les a laissés en blanc pour simplifier les schémas.

de l'artère pulmonaire. Pendant ce temps, les oreillettes, qui se sont relâchées, commencent à recevoir le sang des veines caves et des veines pulmonaires.

d) La pression à l'intérieur des ventricules devient assez forte pour écarter les lames des valvules sigmoïdes. Le sang est expulsé dans l'aorte et dans l'artère pulmonaire. Les ventricules se vident, ils se relâcheront bientôt, et immédiatement le sang que contiennent les oreillettes commence à y couler.

En résumé, le cœur est l'organe qui propulse le sang. Vous remarquez que le sang contenu dans la partie gauche du cœur (donc à droite sur le dessin puisque le cœur

est vu de face) est représenté en rouge, et le sang de la partie droite en bleu. Vous comprendrez pourquoi en étudiant la circulation.

### 3° Le fonctionnement des vaisseaux

Le cœur envoie du sang par saccade dans les artères. Cependant, à une certaine distance du cœur l'écoulement est continu. L'étude du fonctionnement des artères nous permettra de comprendre pourquoi.

1 - **Le fonctionnement des artères.** A chaque contraction des ventricules, une certaine quantité de sang arrive dans l'aorte et l'artère pulmonaire qui se gonflent. Quand les ventricules se relâchent, au moment de la diastole, les artères, grâce à leur paroi élastique, reprennent leur diamètre primitif et exercent une pression sur le sang. Celui-ci reçoit donc une impulsion prolongée. Il ne peut retomber dans les ventricules, car les valvules situées à la base de l'aorte et de l'artère pulmonaire (valvules sigmoïdes fig. 188) l'empêchent de revenir en arrière. **C'est donc l'activité de la paroi artérielle qui transforme en un écoulement continu les jets successifs envoyés par le cœur.**

D'autre part, la paroi des petites artères contient, nous le savons, non seulement des fibres élastiques mais aussi des fibres musculaires qui rendent contractiles ces petits vaisseaux. Leur diamètre peut donc varier dans des proportions considérables, suivant que les fibres musculaires sont relâchées ou contractées. La quantité de sang qui traverse un organe peut donc varier suivant les besoins. Pendant le travail, un organe a besoin d'un ravitaillement sanguin beaucoup plus important qu'au repos.

2 - **Le fonctionnement des capillaires.** Les capillaires sont des vaisseaux très fins dont la paroi contient également des cellules contractiles. Leur diamètre peut varier, lui aussi, suivant les besoins de l'organe qu'ils traversent. La circulation du sang est très lente dans les capillaires : pas plus d'un demi-millimètre par seconde dans certains cas. C'est au niveau des capillaires que se font les échanges entre le sang et la lymphe qui baigne les tissus (voir page 161). Le plasma filtre à travers les cellules de la paroi des capillaires. Les leucocytes sortent par diapédèse.

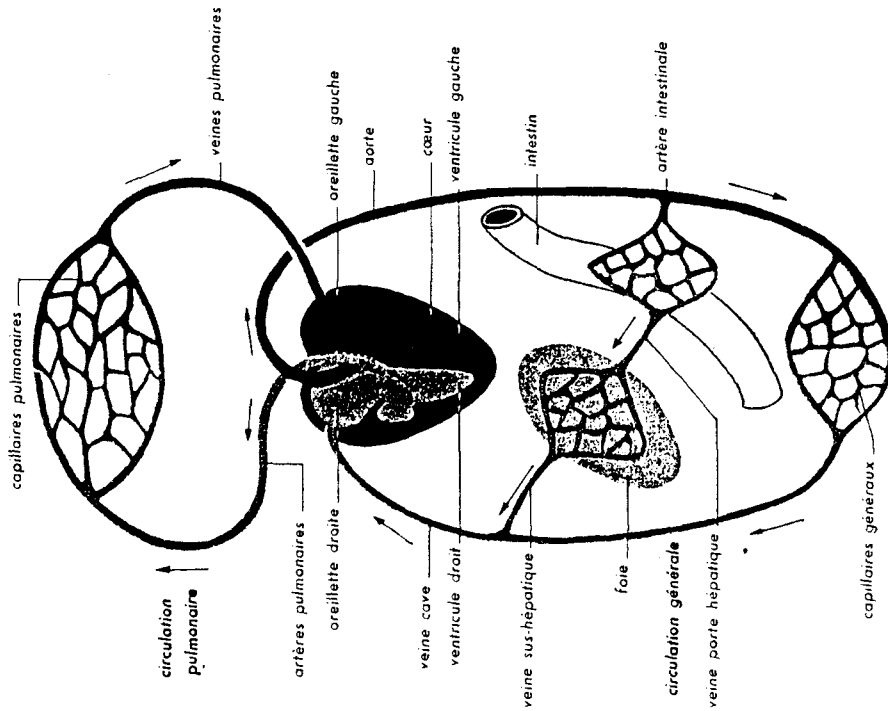
3 - **Le fonctionnement des veines.** Le sang des capillaires va se jeter dans les veines qui le reconduisent vers le cœur. Dans ces vaisseaux, le sang continue à circuler grâce à ce qui reste de l'impulsion donnée par le cœur et les grosses artères. D'autre part, au moment de la diastole, c'est-à-dire quand oreillettes et ventricules se relâchent, il se produit une aspiration qui favorise le retour du sang vers le cœur. Enfin, les valvules en nid de pigeon des veines situées au-dessous du cœur facilitent la lutte contre la pesanteur, et empêchent le sang de retomber. Ces valvules sont particulièrement nombreuses dans les veines des jambes.

### QUELQUES ACCIDENTS POUVANT SURVENIR AUX VAISSEAUX

Les anévrismes sont des poches qui se forment sur le trajet des artères; une rupture d'anévrisme sur une grosse artère, en particulier sur l'aorte, entraîne la mort. Les varices sont des dilatactions irrégulières des veines. Elles ont différentes causes; une position debout prolongée, en particulier, favorise leur apparition.

Les hémorragies ont pour cause la rupture d'un vaisseau: capillaire, veine ou artère.

Les hémorragies capillaires s'arrêtent spontanément par la coagulation du sang. Le plus souvent les hémorragies veineuses font de même. La paroi des veines étant flasque, la section du vaisseau s'aplatit, ce qui limite l'écoulement sanguin. La rupture d'une artère importante est très grave. La paroi élastique maintient l'ouverture béante, et le sang jaillit par saccades; la mort peut intervenir rapidement. Le blessé devra être soigné dans les plus brefs délais par un médecin qui suturera l'artère. Si la blessure est située sur un membre, on placera immédiatement un garrot (linge, luyau de caoutchouc, etc...) entre le cœur et la blessure. Au besoin, on comprimera le vaisseau lui-même avec les doigts au niveau de la plaie. Le danger immédiat n'étant pas l'infection microbienne, mais la mort par perte totale du sang.



196. - Schéma très simplifié de la circulation.

#### 4° LE TRAJET DU SANG DANS L'ORGANISME

Observez la figure 196. C'est un schéma du trajet suivi par le sang dans l'organisme. Le sang qui sort du ventricule gauche par l'aorte, se rend dans tous les organes : os, muscles, glandes, etc., sauf aux poumons. À l'intérieur de ces organes, il chemine dans des capillaires puis ressort par des veines. Sa couleur a changé, il est devenu beaucoup plus sombre, d'où le nom de **sang noir** qu'on lui donne. Les veines qui sortent des organes vont rejoindre la veine cave supérieure ou veine cave inférieure, cette dernière étant seule représentée sur le schéma) qui concourent le sang à l'oreillette droite. Ce trajet du sang dans tout l'organisme est la **grande circulation**, encore appelée **circulation générale**.

Puis le sang est projeté dans le ventricule droit qui l'envoie dans les poumons. Pendant son séjour dans les capillaires pulmonaires, il redevient rouge. Le sang rouge revient à l'oreillette gauche par les quatre veines pulmonaires, et de là passe dans le ventricule gauche. Ce trajet est la **petite circulation** ou **circulation pulmonaire**.

Donc, au cours de la grande circulation le sang passe du ventricule gauche dans l'oreillette droite ; dans la petite circulation, il se rend du ventricule droit à l'oreillette gauche. La figure 191 vous donne un aperçu un peu moins schématique de la circulation dans le corps humain. La couleur du sang dépend, nous le verrons en étudiant la respiration, de la quantité d'oxygène qu'il contient : l'hémoglobine du sang rouge a fixé beaucoup d'oxygène et s'est transformée en **oxyhémoglobine** de couleur rouge vif. Dans les organes, l'oxyhémoglobine abandonne son oxygène et redevient sombre : c'est pour cela que le sang est « noir » à la sortie des organes. Au contraire, dans les poumons l'oxyhémoglobine se reforme et le sang reprend une couleur rouge vif.

### RÉSUMÉ

#### LE CŒUR

Le cœur comprend deux oreillettes et deux ventricules. La moitié droite ne communique pas avec la moitié gauche. Entre les oreillettes et les ventricules se trouvent des valvules. À la partie supérieure du cœur, on distingue des vaisseaux : les artères aorte et pulmonaire, les veines caves et pulmonaires. La paroi des oreillettes est mince, celle des ventricules très épaisse.

Le cœur est un muscle creux.

#### LES VAISSEAUX SANGUINS

Ce sont les artères, les capillaires et les veines.

1 - Les artères ont une paroi élastique et ferme. Dans les artères le sang s'éloigne du cœur.

2 - Les capillaires sont des vaisseaux très fins où le sang circule lentement.

3 - Les veines ont une paroi flasque. Elles reconduisent le sang au cœur. Certaines possèdent des valvules en nid de pigeon.

#### FONCTIONNEMENT DU CŒUR ET DES VAISSEAUX

1 - Les oreillettes se contractent et chassent le sang dans les ventricules (systole auriculaire).

2 - Les ventricules se contractent à leur tour et chassent le sang dans les artères (systole ventriculaire).

3 - Le cœur se repose (diastole générale).

Cette révolution cardiaque dure 8/10 de seconde chez l'Homme. Le cœur est l'organe qui met le sang en mouvement.

Les artères se dilatent au moment de la systole ventriculaire puis reviennent à leur diamètre normal, ce qui transforme en écoulement continu le mouvement du sang.

C'est au niveau des capillaires que se font les échanges entre le sang et les tissus.

On distingue la grande circulation, ou circulation générale, et la petite circulation, ou circulation pulmonaire.

**DOCUMENT 6**



Photo Lavorte.

FIG. 119. — Capillaires sanguins dans le péritoine de l'homme (X 19). Voyez la fig. 125.

## CIRCULATION

De la moindre blessure, d'une simple piqûre d'aiguille, sort un liquide rouge : le sang. Dans la précédente leçon, nous avons dit : « les aliments rendus solubles par la digestion pénètrent dans les parois de l'intestin et arrivent au sang ». *C'est en effet le sang qui porte les aliments à toutes les cellules*; un appareil spécial assure sa circulation dans tous les organes.

### Appareil circulatoire et son fonctionnement

L'appareil circulatoire comprend (fig. 123 et 124) :

- ( 1<sup>o</sup> un appareil propulseur du sang : le cœur;
- ( 2<sup>o</sup> des tubes conducteurs ou vaisseaux : artères, veines, capillaires.



Les artères emportent le sang du cœur vers les autres organes. Les veines ramènent le sang au cœur. Les capillaires sont des vaisseaux très fins qui établissent le passage des artères aux veines.

### I. ANATOMIE DU CŒUR

Observons le cœur en place d'un petit Mammifère (Lapin, Cobaye, Rat, etc.). — L'ouverture de la cage thoracique (fig. 2) montre le cœur entre les deux poumons, la pointe dirigée vers l'arrière et sur la gauche. On y reconnaît un étage antérieur comprenant deux petites masses violacées et souples, les oreillettes. Les oreillettes coiffent l'étage postérieur, ferme et « ventru », constitué par deux ventricules séparés, en surface, par un sillon oblique.

Étude d'un cœur de Mouton. — a) Examen externe (fig. 120). Plus volumineux, le cœur de Mouton montre nettement les oreillettes et les ventricules.

Deux gros tuyaux béants, jaunâtres, s'en échappent : ce sont des artères. En y enfonçant une baguette de verre, on se rend compte que l'une, l'artère pulmonaire, s'ouvre dans le ventricule droit, tandis que l'autre, l'aorte, débouche dans le ventricule gauche.

Des vaisseaux aux parois minces et flasques s'ouvrent dans les oreillettes. Ce sont : deux veines rampes débouchant dans l'oreillette droite, quatre veines pulmonaires aboutissant à l'oreillette gauche<sup>1</sup>.

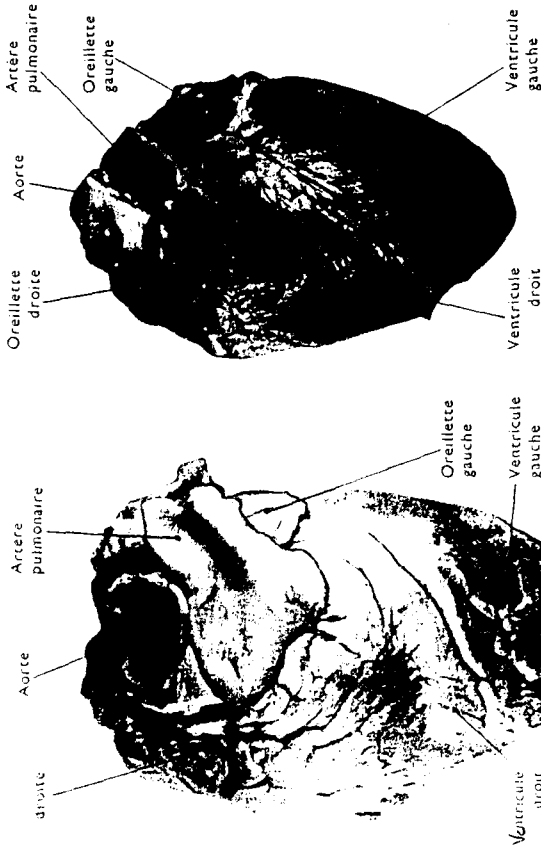
b) Dissection. — Incisons suivant AC (fig. 132 a), en partant de l'artère pulmonaire et en poursuivant dans le ventricule droit à 1 ou 2 cm du sillon longitudinal. Ouvrons le ventricule et, à partir de celui-ci, l'oreillette correspondante.

L'ouverture du cœur gauche se fait comme celle du cœur droit, mais en partant de l'aorte.

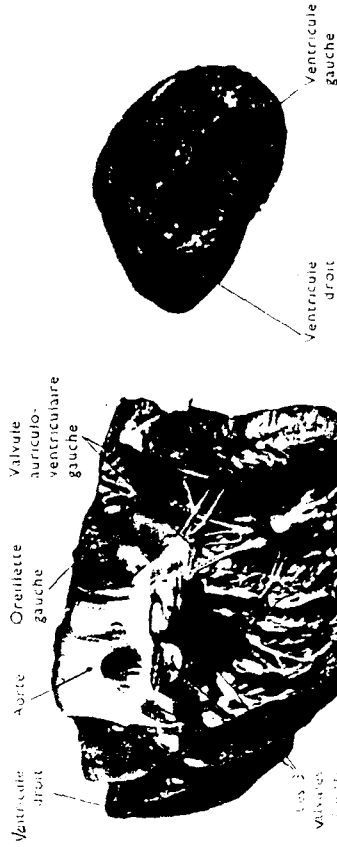
Le cœur a quatre cavités : deux oreillettes aux parois minces, deux ventricules aux parois plus épaisses et musclées. Il n'y a pas communication directe entre les oreillettes pas plus qu'entre les ventricules : on peut dire qu'il y a un cœur gauche et un cœur droit. Par contre, chaque oreillette communique avec le ventricule correspondant par un orifice bordé de lames s'attachant aux parois ventriculaires par des cordes « tendineuses ». Ces lames forment un entonnoir élargi vers l'oreillette, rétréci dans le ventricule. Le sang peut passer facilement de l'oreillette dans le ventricule, ouvrant l'entonnoir. Quand il est dans le ventricule, les lames s'accrochent et ferment l'orifice : le liquide ne peut faire retour en arrière. L'ensemble des lames forme valve. Il existe une valve auriculo-ventriculaire droite et une gauche.

Dans le ventricule gauche s'ouvre l'aorte; dans le ventricule droit, l'artère pulmonaire. Chacune de ces artères porte, près de son orifice, 3 replis intérieurs

1. Malheureusement, ces veines sont souvent coupées au ras du cœur.



2. Cœur de mouton face antérieure



4. Coupe transversale du cœur de mouton

FIG 120. — Cœur de l'Homme, cœur du Mouton. Comparez avec les figures 121 et 122.

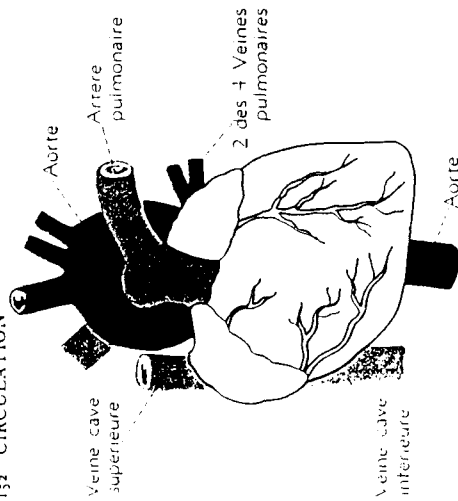
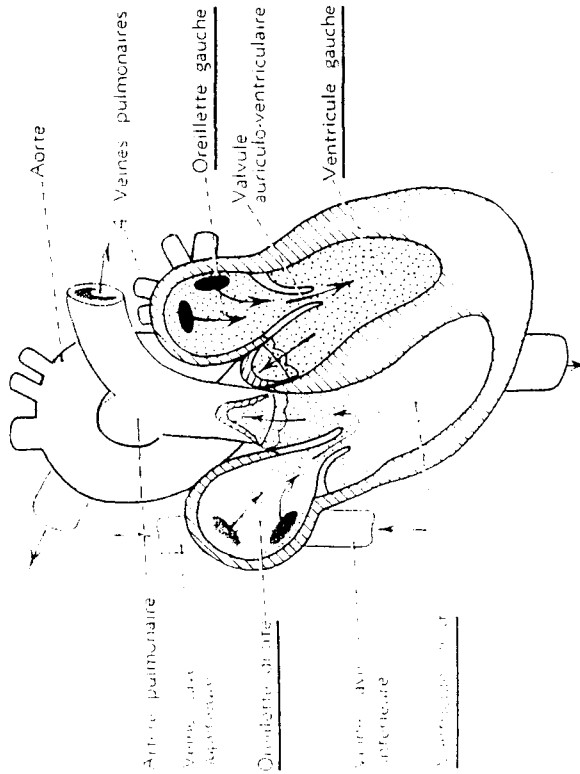


FIG. 121. — Cœur humain, face antérieure. Comparez avec la figure 120.

de ses parois en forme de nids d'hirondelles (fig. 122). Ce sont des *valvules* qui laissent passer le sang du ventricule dans le vaisseau mais qui s'opposent au passage inverse.

**Structure du cœur de l'Homme.** — Muscle creux de 300 g environ, situé entre les deux poumons (fig. 3), le cœur de l'Homme présente même structure que le cœur du Mouton (fig. 120-1 et 122).

FIG. 122. — Coupe schématique du cœur humain. Comparez avec la figure 120. Les flèches indiquent le sens de la circulation du sang.



## II. FONCTIONNEMENT DU CŒUR

a) Appliquons la main au niveau du cinquième espace intercostal gauche. Nous percevons des battements réguliers, environ 70 par minute chez l'individu au repos.

b) Ouvrons la poitrine d'une Grenouille décaibrée et dégageons le cœur de son sac transluide. Nous le voyons battre. Les oreillettes se contractent en palissant, puis la pointe du cœur (il n'y a qu'un ventricule chez la Grenouille). Ces mouvements, suivis d'un repos général, se répètent régulièrement dans le même ordre.

c) A l'aide des rayons X, on observe les mêmes mouvements rythmés chez l'Homme.

Le muscle cardiaque se contracte rythmiquement en présentant successivement :

- contraction des oreillettes,
- contraction des ventricules,
- repos général.

La durée du repos général (0,4 seconde, chez l'Homme) équivaut au total des durées des contractions auriculaire (0,1 sec) et ventriculaire (0,3 sec).

Quand les oreillettes se contractent, elles envoient le sang dans les ventricules. Quand ces derniers se contractent, ils chassent le sang, l'un dans l'aorte, l'autre dans l'artère pulmonaire.

En appliquant l'oreille sur la poitrine, dans la région cardiaque, on entend deux bruits à chaque battement du cœur : un bruit grave et prolongé produit par la contraction des ventricules et la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires, un bruit sec et bref dû à la brusque fermeture des valvules artérielles après le passage du sang dans les artères.

Le médecin arrive, par l'auscultation, à déceler des bruits anormaux ou « souffles », qui indiquent, soit des insuffisances valvulaires, soit des rétrécissements des orifices auriculo-ventriculaires ou artériels.

## III. VAISSEAUX. TRAJET DU SANG

Nous avons observé l'aorte et l'artère pulmonaire du Mouton à leur « départ » des ventricules, les veines pulmonaires et les veines caves à leur « arrivée » dans les oreillettes.

Chaque dissection d'animal donne l'occasion de voir de gros vaisseaux sanguins. Il faut le microscope pour trouver les vaisseaux les plus fins. On peut, par exemple, observer par transparence les capillaires de la membrane palmaire d'une patte de Grenouille ou de la queue d'un Triton.

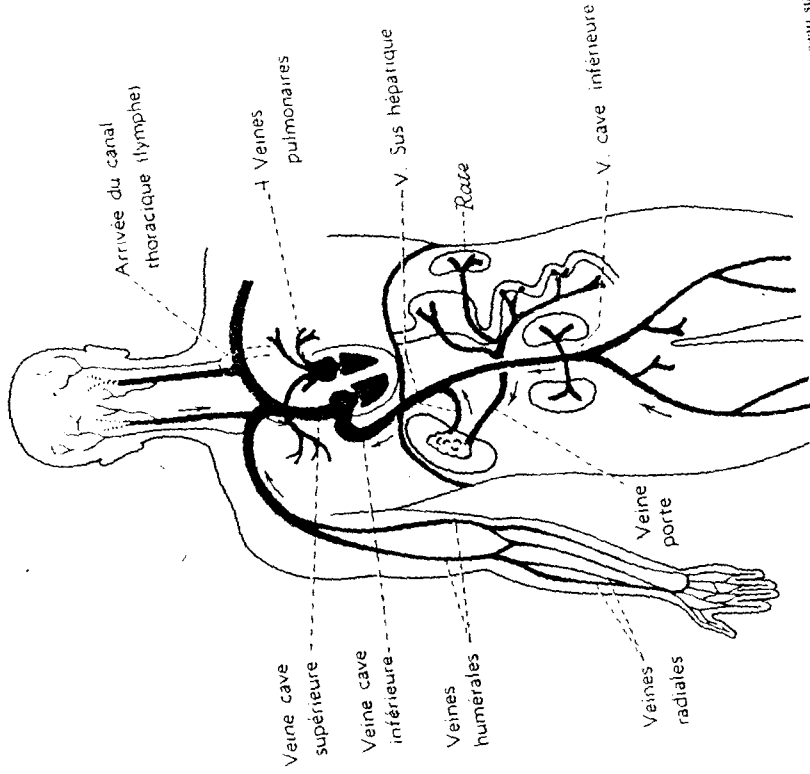


Fig. 124. — *Système veineux (principales veines). Le système veineux comporte un réseau superficiel et un réseau profond communiquant entre eux par de nombreuses anastomoses. Il y a en général deux veines pour une artère.*

Les artères principales se divisent en artères de plus en plus étroites dans lesquelles le sang circule de moins en moins vite (30 cm à la seconde) dans les quelques millimètres dans les petites artères.  
Le sang finit par s'écouler lentement (1 mm à 1 2 mm à la seconde) dans des vaisseaux très fins qui mesurent de 6 à 30 millièmes de millimètre de diamètre :

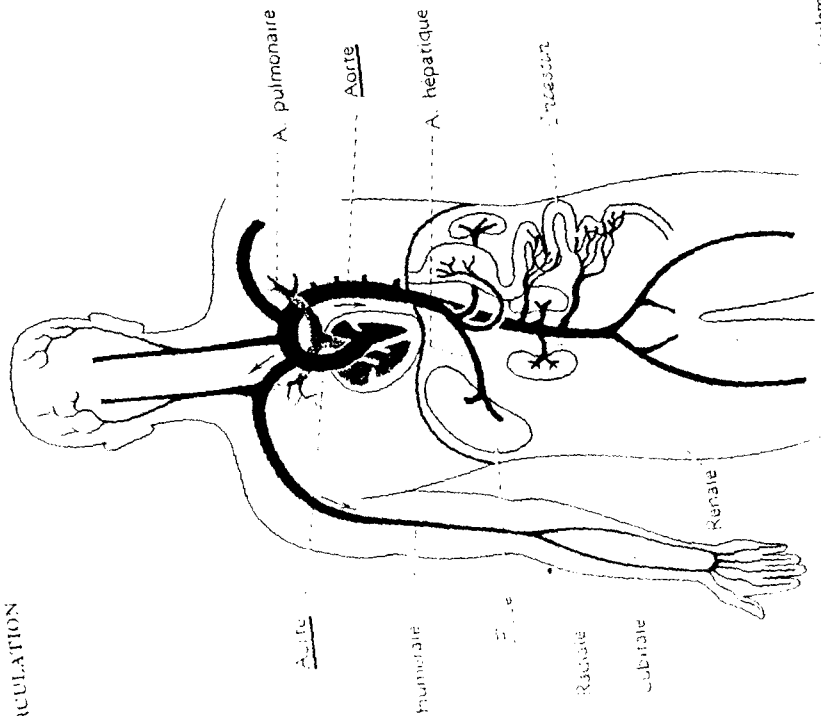


Fig. 123. — *Système artériel (principales artères). Après la mort, les artères sont généralement vides de sang, alors que les veines sont remplies de caillots. Les Anciens en avaient déduit que les artères transportaient le l'air. C'est leur nom. L'artère vient du grec aer, air et terēn, conservé (Cf. trachée-artère).*

L'aorte sort en haut du cœur, se courbe en une grosse, descend le long de la colonne vertébrale. Au niveau du bassin, elle se bifurque en deux branches qui pénètrent dans les membres inférieurs (fig. 123). Le long de son trajet, elle émet des ramifications qui gagnent la tête, les membres supérieurs et les organes internes. **Tous ces vaisseaux, qui portent le sang du cœur vers les autres organes, sont des artères.**

rent le sang par les veines; les ventricules qui se contractent le refoulent dans les artères. Le rôle primordial dans la circulation revient aux ventricules. Le ventricule gauche, qui expulse le sang dans le système artériel général, possède des parois plus épaisses et se contracte avec plus de force (fig. 120 et 122).

3. Les artères ont des parois musculaires et élastiques. Grâce à leur élasticité, les grosses artères se dilatent à chaque ondée sanguine expulsée par le ventricule, puis repréentent leur calibre initial. Ces mouvements des parois artérielles favorisent l'écoulement du sang et le transforment, de mouvement discontinu et saccadé dans les grosses artères, en mouvement continu dans les petits vaisseaux.

Les battements artériels constituent le *pouls* (fig. 127); ils sont dus aux chocs des ondées sanguines sur les parois de l'aorte à la sortie du ventricule.

Les veines ont des parois musculaires. Beaucoup présentent des valvules « en nid de pigeon », qui s'opposent au retour en arrière du sang (fig. 130).

Dans les grosses artères, le sang circule sous forte pression: quand l'une d'elles est coupée, il jaillit avec force. Il faut arrêter l'hémorragie, dangereuse, en comprimant le vaisseau entre la blessure et le cœur (voir *Secourisme*).

Dans les petites artères, la pression diminue. Elle est très faible dans les capillaires et les veines.

Le médecin surveille la pression artérielle de ses malades (fig. 128). Elle peut lui déceler une insuffisance cardiaque ou aortique, le renseigner sur l'état des artères en général, ou même sur l'évolution d'une tout autre maladie.



Photo Raunin.  
FIG. 127. — Comment on prend le pouls.



FIG. 128. — Prise de pression artérielle par compression de l'artère du bras. L'opérateur palpe le pouls du sujet et observe les aiguilles de l'appareil.  
Photo Heiner

les capillaires (du lat. *capillus*, cheveu). Les capillaires forment un réseau très serré dans tous les organes (fig. 119 et 125).

Après avoir irrigué les moindres parcelles de l'organisme, le sang fait retour au cœur par une série de vaisseaux de plus en plus gros: les veines (fig. 124). Il est ainsi ramené à l'oreillette droite par les deux veines caves.

Les contractions du cœur le font passer dans le ventricule droit, puis dans l'artère pulmonaire. Celle-ci le conduit dans les poumons où il circule lentement dans un réseau de capillaires. Il revient par quatre veines pulmonaires dans l'oreillette gauche et descend dans le ventricule gauche, point de départ de l'aorte.



FIG. 125. — Artériole (A), veine (V), et capillaires sanguins (schéma). Les flèches indiquent le sens du courant sanguin. Le sang n'a pas été figuré.

l'oreillette gauche et descend dans le ventricule gauche, point de départ de l'aorte.

#### IV. REMARQUES SUR L'APPAREIL CIRCULATOIRE

1. *L'appareil circulatoire de l'Homme est clos.* Dans chaque circuit, le sang passe deux fois par le cœur: une fois dans le cœur gauche, une fois dans le cœur droit. On peut ainsi distinguer (fig. 120):

- une *circulation générale*, pendant laquelle le sang irrigue tous les organes;
- une *circulation pulmonaire*, pendant laquelle il circule dans les poumons.

2. *Le cœur joue le rôle de pompe aspirante et foulante.* Les oreillettes qui se dilatent aspi-

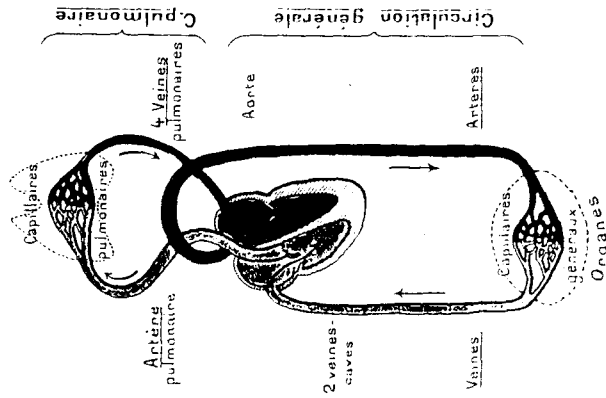


FIG. 126. — Schéma de la circulation. Les artères conduisent le sang du cœur vers les autres organes; les veines le ramènent au cœur.

## RÉSUMÉ

### Circulation.

#### A. Appareil circulatoire et son fonctionnement.

##### I. DESCRIPTION DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE; MARCHÉ GÉNÉRALE DU SANG.

###### 1. Cœur. Description, fig. 120 à 122.

Un battement du cœur comprend ( la contraction des oreillettes, la contraction des ventricules, le repos général du cœur. )  
Bruit du cœur : le 1<sup>er</sup> grave et prolongé, le 2<sup>e</sup> bref et sec (auscultation).

###### 2. Vaisseaux. Trajet du sang, fig. 122 à 126.

SCIENCES O.M.I.A 3<sup>e</sup>

6

### 162 CIRCULATION

##### II. QUELQUES REMARQUES SUR L'APPAREIL CIRCULATOIRE ET SON FONCTIONNEMENT.

1. L'appareil circulatoire est clos. Il comprend une circulation générale et une circulation pulmonaire (fig. 126).
2. Cœur : pompe aspirante et foulante.
3. Vaisseaux : artères et veines reliées par des capillaires.

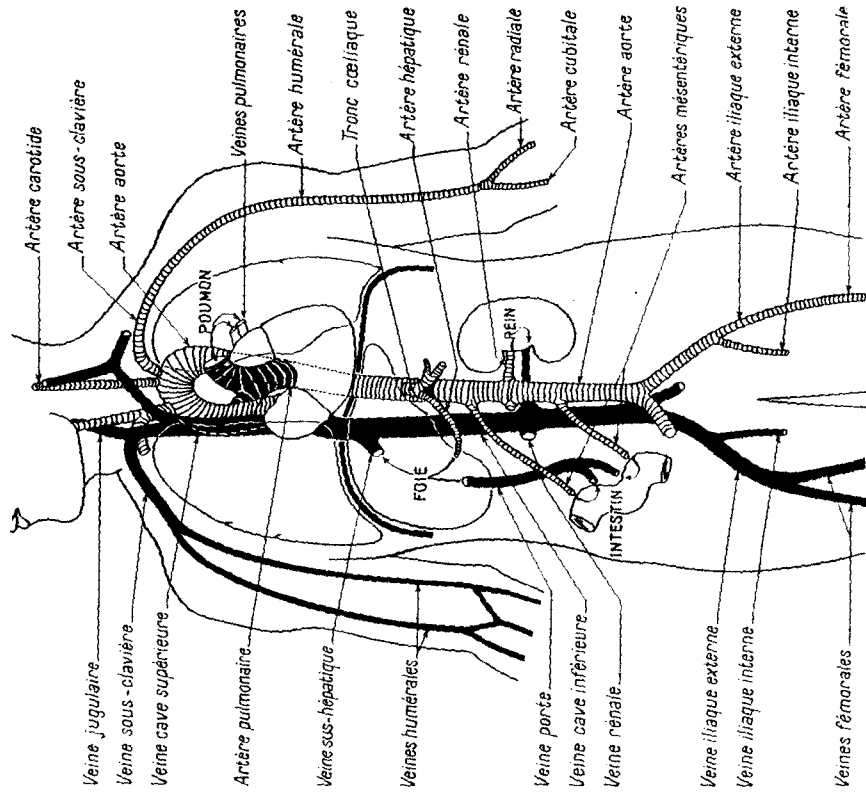
Artères	Veines
— conduisent le sang du cœur aux autres organes.	— conduisent le sang des organes au cœur.
— musculaires et élastiques : rôle actif.	— musculaires, souvent avec valves.
— forte pression du sang; danger de la coupure d'une artère.	— faible pression du sang.

**DOCUMENT 7**

# LA CIRCULATION

L'appareil circulatoire (fig. 1) comprend :  
 a) Un organe propulseur, le cœur, dont les contractions assurent les mouvements du sang et, indirectement, de la lymphe.

1. — Schéma de l'appareil circulatoire.



b) Un *système conducteur*, fait de *vaisseaux* dans lesquels *circulent* les deux liquides nourriciers.

### A. LE CŒUR ET LA CONTRACTION CARDIAQUE

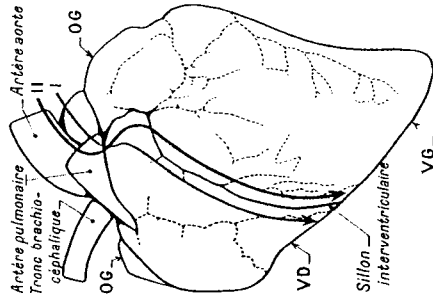
#### I. ÉTUDE ANATOMIQUE DU CŒUR.

Nous ferons ici une étude pratique du *cœur de Monton* (fig. 2), très comparable au cœur humain.

C'est un muscle rouge, recouvert par endroits de masses grasses jaunâtres. Il a la forme d'un cône dont la pointe est dirigée vers le bas. Sa *face ventrale*, bombée, est parcourue par un sillon oblique très net. Sa *face dorsale*, plus plate, est traversée par un sillon longitudinal peu marqué.

#### A. Examen de la face ventrale, ou face artérielle.

Le sommet de l'organe est formé par les deux *oreillettes*, aux parois



2. — Le cœur de Monton, vu par la face ventrale. Le trait bleu indique l'incision à effectuer pour la dissection du ventricule droit ; le trait rouge indique l'incision à effectuer pour la dissection du ventricule gauche.

brunes, minces et gaufrées. Dans l'intervalle situé entre les oreillettes, trois vaisseaux se détachent nettement :

— Le plus ventral communique avec le *ventricule droit* ; c'est l'*artère pulmonaire* qui, un peu au-dessus du cœur, se divise en deux vaisseaux équivalents destinés aux poumons.

— Les deux autres communiquent avec le *ventricule gauche* ; ce sont : l'*artère aorte*, qui décrit une croix et conduit le sang au tronc et aux membres postérieurs, et sa ramification, le *tronc brachio-céphalique*, qui irrigue le cou, la tête et les membres antérieurs.

Introduisons la sonde dans les deux ventricules et constatons :

— Que la *paroi* du ventricule droit est beaucoup plus mince que celle du ventricule gauche.

— Que le sillon oblique signalé plus haut marque la *ligne de séparation entre les ventricules* et que, par conséquent, le ventricule gauche forme à lui seul la pointe du cœur.



3. — Coupe transversale d'une attète (à gauche : paroi épaisse, orifice béant) et d'une veine (à droite : paroi mince, orifice aplati). Les deux vaisseaux sont entourés de tissu adipeux (x 60).

#### B. Examen de la face dorsale, ou face veineuse.

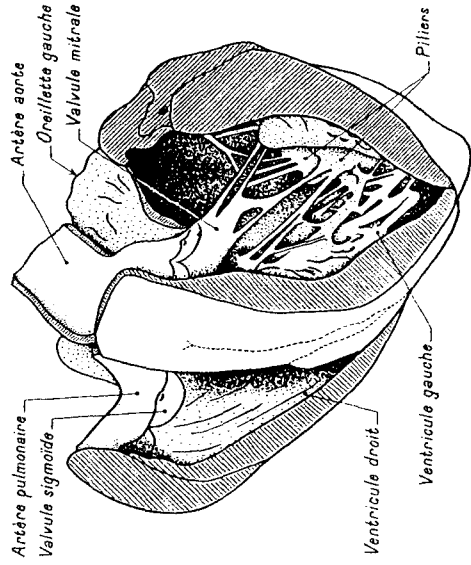
Sur cette face, les oreillettes et les veines qui s'y rattachent peuvent être observées aisément.

À l'*oreillette droite* aboutissent les deux *veines caves*. Si nous introduisons la sonde dans la veine cave supérieure, elle ressort par la veine cave inférieure ou pénètre dans le ventricule droit.

À l'*oreillette gauche* (souvent détournée par le coureau du bouchet) aboutissent les quatre *veines pulmonaires*. Si nous introduisons la sonde



4. — Dissection du cœur de Mouton.



dans l'une des veines pulmonaires, elle pénètre dans le ventricule gauche. Notons que les *veines* ont une paroi mince et flasque, alors que les *artères* ont une paroi épaisse et élastique, constatation qu'il est facile de vérifier sur une coupe microscopique (fig. 3).

C. *Dissection du ventricule droit.*

Introduisons les ciseaux dans l'artère pulmonaire et incisons la paroi de l'artère et celle du ventricule droit à quelques millimètres du sillon interventriculaire. Sectionnons la colonne charnue (*muscle transversal*) qui unit les faces interne et externe du ventricule et débarrassons ce dernier des caillots de sang qui l'encombrent.

Observons successivement la valvule sigmoïde, la cavité du ventricule et la valvule tricuspide.

La *valvule sigmoïde* est formée de trois *goussiers* (deux goussiers dessinent la lettre grecque  $\Sigma$  = sigma) dont l'ouverture est dirigée vers le haut. Cette valvule s'oppose au retour du sang de l'artère vers le ventricule.

La *cavité ventriculaire* présente de nombreuses *colonnes* charnues formant un réseau serré. Deux saillies plus volumineuses portent le nom de *piliers*.

La *valvule tricuspide* ferme l'orifice auriculo-ventriculaire et s'oppose au reflux du sang du ventricule vers l'oreillette. Elle est formée de trois lames membraneuses que des *cordons tendineux* de tous calibres unissent aux parois des ventricules (piliers et cloison interventriculaire).

D. *Dissection du ventricule gauche.*

Introduisons les ciseaux dans l'aorte et incisons la paroi de l'artère et celle du ventricule gauche à quelques millimètres du sillon interventriculaire.

Comparons l'épaisseur des parois des deux ventricules (celle du ventricule gauche est environ 3 fois plus épaisse que celle du ventricule droit) et observons successivement la valvule sigmoïde, la cavité du ventricule et la valvule mitrale (fig. 4).

La *valvule sigmoïde* de l'aorte est tout à fait comparable à celle de l'artère pulmonaire. Toutefois, deux goussiers de cette valvule abritent les orifices des deux *artères coronaires* destinées à la paroi du cœur.

La *cavité ventriculaire* est caractérisée par la grande taille des *colonnes* et surtout des *piliers*.

La *valvule mitrale*, ou bicuspidale, est formée de deux lames membraneuses dont le dessin évoque (d'assez loin) une mitre d'évêque.

Rapprochons les différentes parties du cœur et *sectionnons transversalement la pointe de l'organe*. Nous verrons mieux ainsi les différences (forme de la cavité, épaisseur des parois) qui opposent les deux ventricules.

E. *Dissection de l'oreillette droite.*

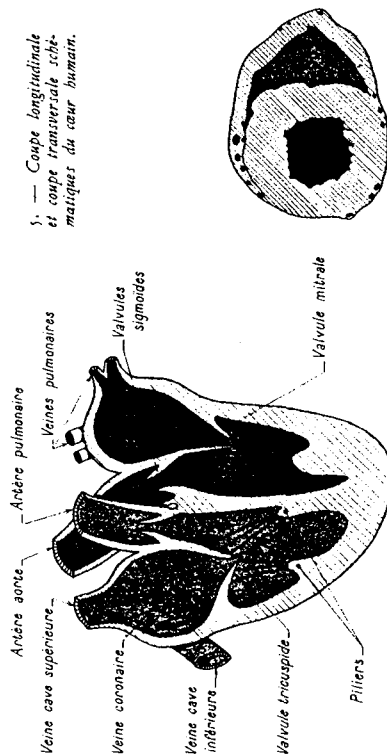
Le cœur étant placé sur la face ventrale, introduisons la sonde dans l'une

des veines caves et faisons-la sortir par l'autre. Sectionnons la paroi suivant la ligne tracée par la sonde et faisons une seconde incision perpendiculaire à la première de façon à bien dégager la *cavité auriculaire*.  
La paroi de l'oreillette est mince et sa face interne est garnie d'un *réseau dense de colonnettes charnues*.

La cavité présente, vers le bas, l'orifice de la *veine coronaire* venant de la paroi du cœur.

La dissection de l'*oreillette gauche* (en admettant que cette oreillette soit conservée intacte) n'apporte aucun élément nouveau.

La fig. 5 représente une coupe longitudinale et une coupe transversale schématiques du *cœur humain* et résume les caractères essentiels du cœur des Mammifères.



5. — Coupe longitudinale et coupe transversale schématiques du cœur humain.

## II. ÉTUDE DE LA CONTRACTION CARDIAQUE.

La contraction cardiaque peut être suivie par l'*auscultation* à l'aide d'un stéthoscope (fig. 6). Elle peut être observée sur l'*écran radioscopique* : le cœur présente alors l'aspect d'une masse sombre (fig. 9, p. 111) dont les variations de volume sont parfaitement visibles.

Elle peut être étudiée sur un petit animal dont le cœur a été mis à nu. Nous nous adresserons ici à la *Grenouille*.

6. — Auscultation des battements cardiaques.



### A. Observation directe de la contraction.

Une Grenouille avant été préalablement anesthésiée au chloroforme ou privée de ses centres nerveux, fixons l'animal sur une plaque de liège à l'aide de quatre épingles.

Dégageons le cœur en découpant successivement la peau, la paroi musculo-squelettique et le péricarde.

Le cœur, relativement volumineux, comprend deux oreillettes rouge foncé, et un ventricule unique, plus clair.

La contraction s'effectue en trois temps :

Les oreillettes se contractent : c'est la *sysstole* (1) *auriculaire*.

Le ventricule se contracte à son tour : c'est la *sysstole ventriculaire*.

Le cœur se repose durant un bref instant : c'est la *diastole* (2) *générale*.

Les contractions sont régulièrement espacées ; mais leur *rythme* varie suivant la température : à 18°, on compte 40 pulsations par minutes.

Cette particularité caractérise les animaux à température variable. Chez l'Homme, le rythme des contractions est de 75 par minute, quelle que soit la température extérieure. Mais ce rythme peut être modifié par l'intervention des systèmes sympathique (accélérateur) et parasympathique (modérateur).

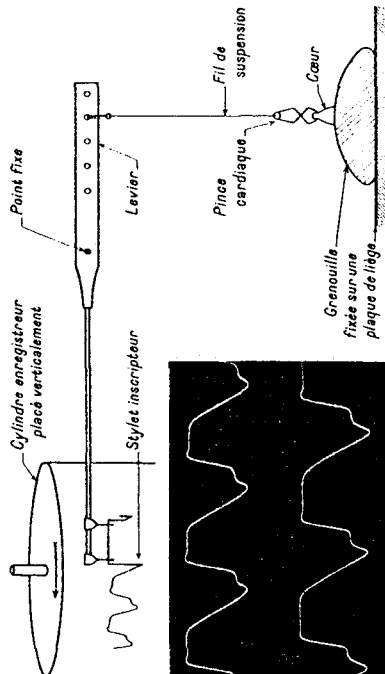
(1) Du grec *sysstole* : resserrement, contraction.

(2) Du grec *diastole* : écartement, dilatation.

### B. Inscription graphique de la contraction à l'aide d'un cardiographe.

Le **cardiographe** que nous utiliserons ici (fig. 7) est un simple **levier basculant** dont l'une des extrémités est reliée par une **pince** à la pointe du cœur, et dont l'autre extrémité porte un **stylet inscripteur** effleurant un cylindre enregistreur à axe vertical.

Le graphique obtenu est appelé **cardiogramme**.



7. — Dispositif expérimental simple permettant l'enregistrement graphique de la contraction cardiaque chez la Grenouille. En bas et à gauche, le cardiogramme obtenu.

### C. Interprétation du cardiogramme.

Le cylindre tournant d'un mouvement uniforme, le stylet inscrit l'**effort fourni par le cœur en fonction du temps**.

Chaque élément de la courbe comprend **quatre parties** : un ressaut, une partie ascendante, un palier et une partie descendante.

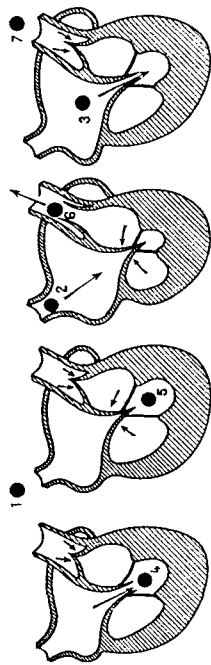
1° Le **ressaut** correspond à la **systole auriculaire** : les oreillettes se contractent et refoulent le sang dans le ventricule.

2° La **partie ascendante** de la courbe correspond au premier temps de la **systole ventriculaire**. L'**effort cardiaque va en croissant** et, par suite, la pression du sang emprisonné dans le ventricule s'élève progressivement ; mais cette pression est encore trop faible pour que le sang soit chassé dans le système artériel : c'est la période de **mise en tension**.

3° Le **palier** de la courbe commence dès que la pression intra-ventriculaire a atteint une valeur suffisante pour que le sang soit chassé dans les artères. L'**effort cardiaque est alors stationnaire**, et l'**évacuation** du ventricule s'accomplit à pression constante.

4° La **partie descendante** de la courbe traduit la **relaxation de tout effort** : c'est la période de repos du cœur, ou **diastole générale**.

La fig. 8 résume ces divers temps de la contraction cardiaque dans le cas d'un cœur de Mammifère.



8. — La contraction cardiaque.  
a) Systole auriculaire. Mise en tension. Evacuation.  
b) Systole ventriculaire. c) Diastole générale.

### 8. — La contraction cardiaque.

Sur ce schéma représentant une moitié du cœur, on observera :

1. Les trois temps de la contraction (a — b — c).
2. Le jeu des valves.
3. Le trajet du sang (on suivra la goutte de sang en 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7).

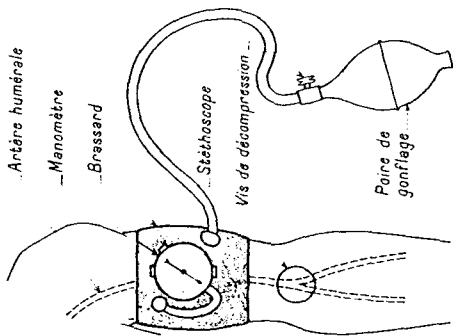
## B. LES VAISSEAUX ET LA CIRCULATION DU SANG

### I. QUELQUES ASPECTS DE LA CIRCULATION DANS LES VAISSEAUX.

#### A. Dans les artères.

Les artères étant des tubes élastiques, la **pulsion cardiaque** se propage le long de ces vaisseaux et devient perceptible aux divers points — d'ailleurs assez rares — où ils passent au voisinage de la peau : **poignet (pouls radial)**, temps, etc.

Le sang étant refoulé sous pression dans les artères, la valeur de la **pression sanguine** est fonction de divers facteurs tels que : travail cardiaque, élasticité artérielle, etc. On comprend que la connaissance de cette pression, ou **tension artérielle**, soit précieuse pour le médecin qui désire faire une analyse complète



9. — Appareil pour la mesure de la tension artérielle. L'opérateur gonfle le brassard tout en suivant la pulsation au stéthoscope; quand la pulsation devient insensible, c'est que la pression de l'air dans le brassard (indiquée par le manomètre) est égale à la pression du sang dans l'artère (tension artérielle).

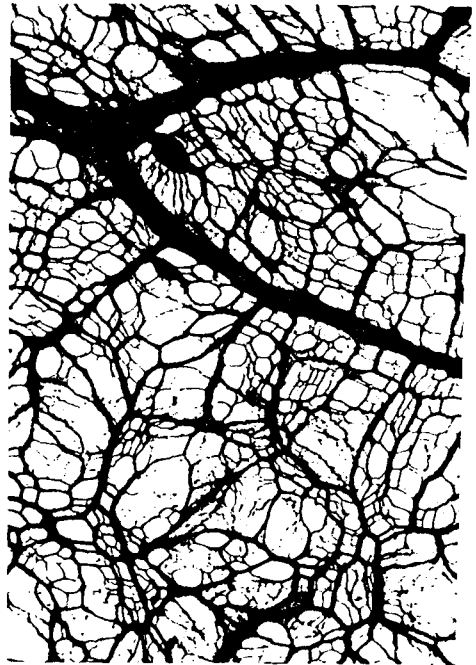
de l'état de son malade. La mesure de la tension se fait à l'artère du bras à l'aide d'un *manomètre spécial* (fig. 9). L'appareil indique deux valeurs, exprimées en millimètres de mercure : par exemple 15-8. La valeur la plus élevée, ou *pression maximale*, correspond à la *systole*; la valeur la plus faible, ou *pression minimale*, correspond à la *diastole*.

### B. Dans les capillaires.

Dans les organes, les artères se ramifient en donnant des vaisseaux ayant la finesse d'un cheveu : les *vaisseaux capillaires*.

Examinons au microscope une *préparation colorée de péritoine* (fig. 10). La membrane, examinée à plat, est parcourue par un réseau dense d'artérioles, de capillaires et de veinules. Au réseau

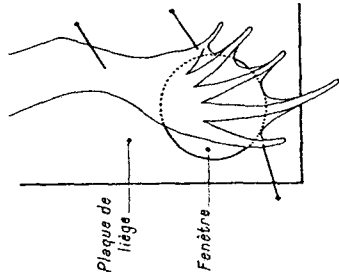
10. — Réseau de capillaires dans le péritoine humain (< 18).



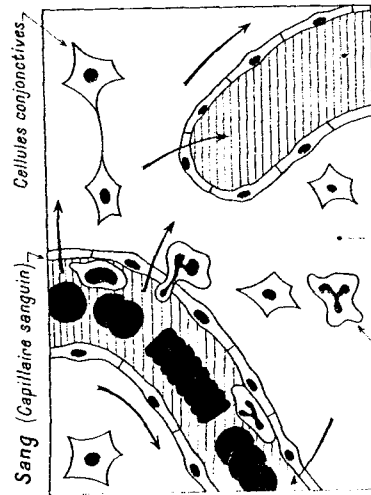
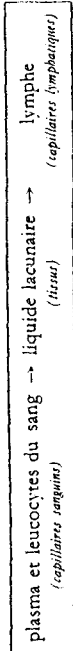
**sanguin** se superpose un **réseau lymphatique** avec capillaires, veinules et ganglions.

Étalons sur une plaque de liège percée la *membrane interdigitale d'une Grenouille* (fig. 11). Artérioles, capillaires et veinules deviennent parfaitement visibles. Dans les plus gros vaisseaux, les globules rouges sont nombreux; dans les plus petits, ils progressent un à un, et sont parfois obligés de se déformer pour franchir les passages étroits. Cette expérience permet d'apprécier la *viscosité du sang* dans les capillaires, à condition de ne pas oublier que les vitesses sont, comme les distances, multipliées par le grossissement du microscope.

Au niveau des *capillaires sanguins*, du plasma et des leucocytes traversent la paroi des vaisseaux et se répandent dans les tissus avoisinants : c'est le **liquide lacunaire**, ou **lympe interstitielle**, qui baigne directement toutes les cellules. Ce liquide est alors drainé par les *capillaires lymphatiques* et devient de la lympe vasculaire, ou **lympe** proprement dite, qui revient au sang par les veines lymphatiques (fig. 12).



11. — Examen de la circulation capillaire dans la membrane interdigitale d'une Grenouille.



12. — Origine de la lympe. Les flèches bleues montrent le trajet suivi par le plasma sanguin :  
— Du capillaire sanguin vers les cavités de l'organe (origine du liquide lacunaire).  
— Des cavités de l'organe vers le capillaire lymphatique (origine de la lympe).

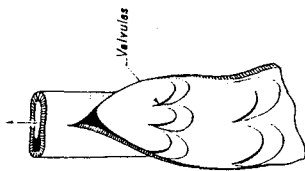
Leucoocyte... (Capillaire sanguin) → Liquide lacunaire (Tissu conjonctif) → Lympe (Capillaire lymphatique)

**C. Dans les veines.**

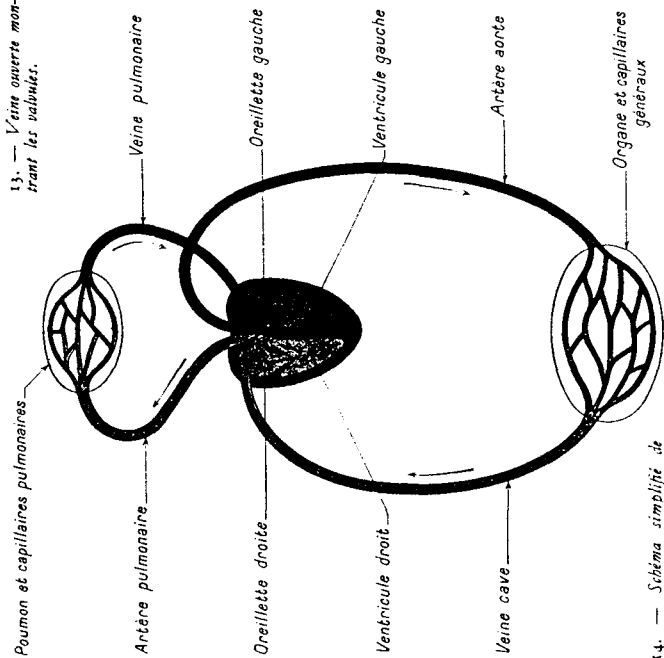
A l'aide d'un tube de caoutchouc, faisons un garrot bien serré sur notre bras. Aussitôt, les veines de l'avant-bras se gonflent. Nous constatons ainsi :

- Que beaucoup de veines sont *superficielles*.
- Que les veines conduisent le sang *des organes vers le cœur*.

Signalons que certaines veines, celles du membre inférieur notamment, renferment des valvules (fig. 13) qui s'opposent au retour du sang vers les organes périphériques dont il est issu.



13. — Veine ouverte montrant les valvules.



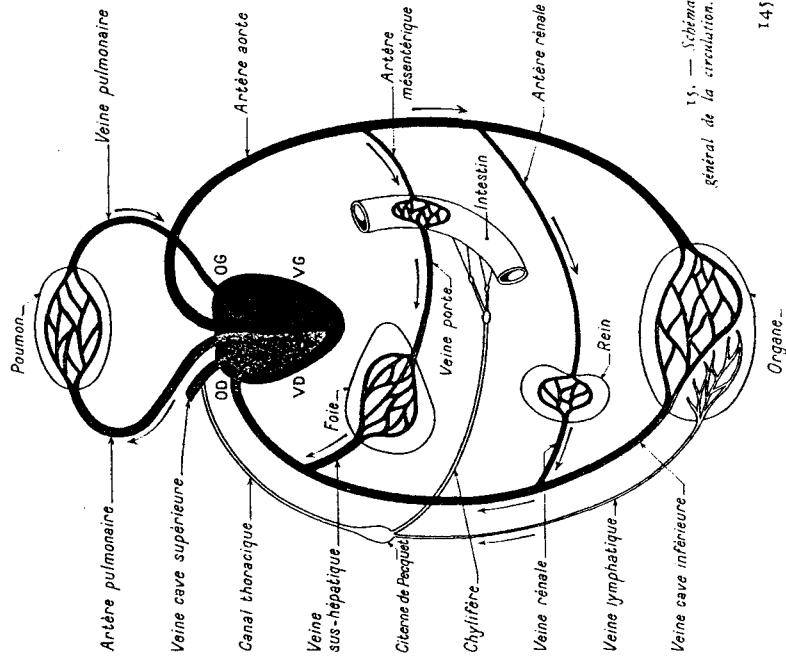
14. — Schéma simplifié de la circulation sanguine.

**II. LE CIRCUIT SANGUIN.**

Le circuit accompli par le sang est double :

1° La contraction du *ventricule droit* refoule le sang dans l'*artère pulmonaire* qui aboutit aux *poumons*. Là, il se débarrasse de son gaz carbonique et se charge d'oxygène : il devient *rouge vif*. Par les *veines pulmonaires*, il atteint l'*oreillette gauche*, puis le ventricule gauche.

Le trajet ainsi effectué constitue la *circulation pulmonaire*, ou *petite circulation*.



15. — Schéma général de la circulation.

2° La contraction du *ventricule gauche* refoule le sang oxygéné dans l'*artère aorte* qui envoie des ramifications dans *tout le corps*. Le sang, devenu *rouge sombre*, est conduit à l'oreillette droite par les deux *veines caves* ; de là, il passe dans le ventricule droit.

Le trajet ainsi effectué constitue la *circulation générale*, ou *grande circulation*.

Ces données fondamentales permettent déjà de faire un *schéma simplifié* de la circulation (fig. 14). Mais ce schéma peut être utilement *complété* par deux détails importants (fig. 15) :

a) Le trajet de la *lymphe*, née au sein des organes et déversée dans le sang au niveau des veines caves.

b) Les deux dérivations sanguines assurant l'*absorption des substances digérées* (intestin, foie) et l'*élimination des déchets* (rein).

## RÉSUMÉ

Le cœur est un muscle creux dont la contraction détermine à la fois la petite circulation (du ventricule droit à l'oreillette gauche) et la grande circulation (du ventricule gauche à l'oreillette droite).

Les ventricules refoulent le sang dans les artères. Au niveau des capillaires, la circulation se ralentit ; le sang donne naissance au liquide lacunaire puis à la lymphe qui, finalement, revient au sang. Le sang est alors reconduit aux oreillettes par les veines.

**DOCUMENT 8**

II

LES APPAREILS CIRCULATOIRES

L'APPAREIL CIRCULATOIRE SANGUIN

Vue d'ensemble.

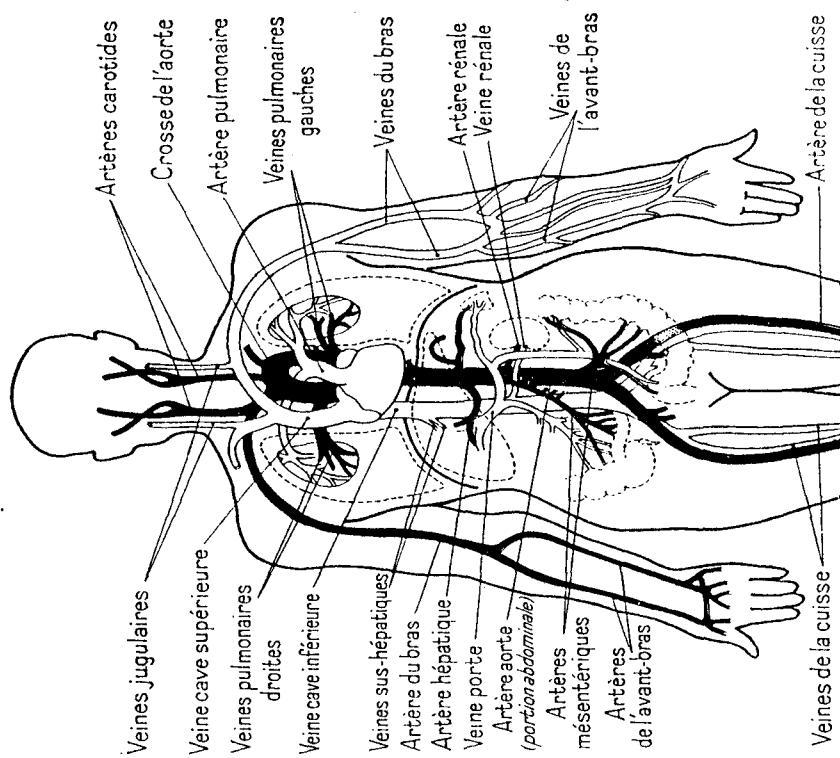
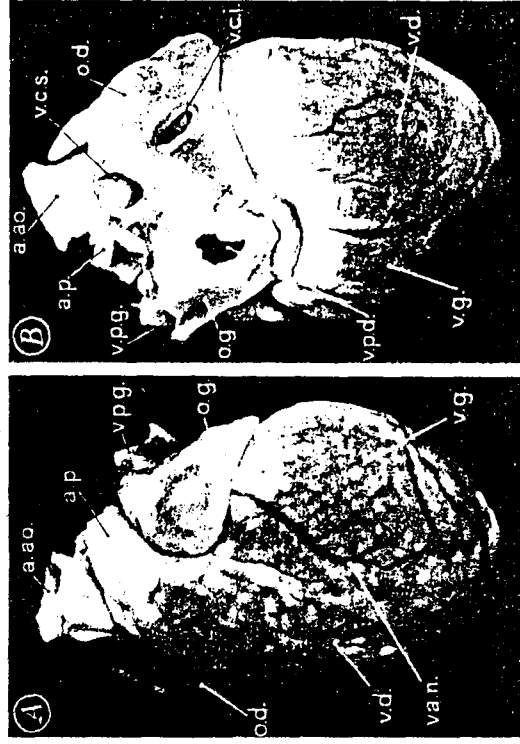


FIG. 167. — Principales artères et principales veines chez l'Homme.

L'appareil circulatoire sanguin (fig. 167) comprend le cœur, organe central propulseur, et les *vaisseaux* dans lesquels circule le sang.



parois de couleur jaunâtre. A l'oreillette droite arrivent, par derrière, la *veine cave supérieure* et la *veine cave inférieure*; à l'oreillette gauche, par derrière également, et de calibre moindre que les précédentes, les quatre *veines pulmonaires*, débouchant dans l'oreillette deux par deux, deux venant du poumon gauche, deux du poumon droit (1). Les veines ont des parois de couleur rouge foncé, et de consistance molle.



(Cliché J. M. BARRIE et G. BRESSE.)

FIG. 169.

Cœur du Lapin (graissement : 178). A : face antérieure. B : face postérieure.

a.ao., artère aorte; a.p., artère pulmonaire; v.c.a., veine cave supérieure; v.c.i., veine cave inférieure; v.p.g., veines pulmonaires gauches; a.p.g., veines pulmonaires droites; o.g., oreillette gauche; v.g., oreillette droite; v.d., ventricule gauche; v.v., ventricule droit; v.v.c., vaisseau nourricier.

**Organisation interne.**

L'organisation interne est facile à observer en disséquant le cœur d'un Mouton (fig. 170 et 171). On constate que ce muscle creux comprend deux cavités séparées par une cloison étanche, sans communication entre elles, l'une à droite (*cœur droit*), l'autre à gauche

(1) Dans les cônes de Mouton qu'on trouve dans le commerce, l'oreillette gauche est souvent très atrophiée et les veines pulmonaires détreintes.

Les vaisseaux sont de trois sortes : les *artères*, qui conduisent le sang des ventricules dans tout l'organisme, les *veines* qui le ramènent des organes aux oreillettes, et les *capillaires* qui relient les artères aux veines.

**Le cœur.**

**Etude externe.** Le cœur (fig. 168) a grossièrement la forme d'un cône, ayant à peu près la grosseur du poing. Il pèse environ 275 grammes. Il est placé entre les deux poumons, la pointe à gauche; celle-ci, tournée en avant et en bas, dépasse légèrement la cinquième côte; sa partie large, dépasse à droite le sternum; il est couché, par son côté droit, sur le diaphragme, et sa partie antérieure touche la paroi thoracique.

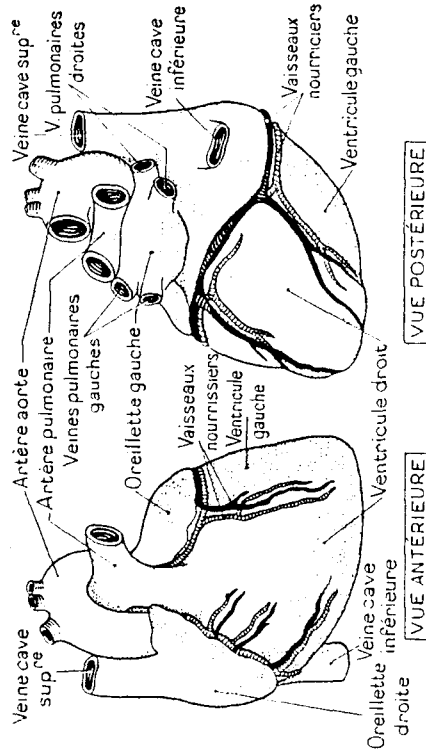


FIG. 168.

Aspect extérieur du cœur, représenté dans sa position naturelle (1).

L'étude anatomique du cœur peut se faire sur un cœur de Mouton ou d'un autre Mammifère, fort semblable à celui de l'Homme, et que l'on peut facilement se procurer chez un boucher ou un tripièr.

Extérieurement (fig. 169), on y distingue deux régions que sépare une dépression annulaire, comblée par un bourrelet grasseux : la *base*, qui est la région des oreillettes, est flasque et cède sous la pression du doigt; la *pointe*, ou région des ventricules, est ferme et résistante. Un sillon longitudinal sépare les territoires correspondant à chaque ventricule.

Les vaisseaux qui partent du cœur ou y arrivent sont faciles à distinguer (fig. 167, 168 et 169). On voit l'*artère aorte*, qui part du ventricule gauche, et l'*artère pulmonaire*, qui part du ventricule droit; toutes deux sont beantes et leurs

(1) Vaisseaux nourriciers, lire nourriciers

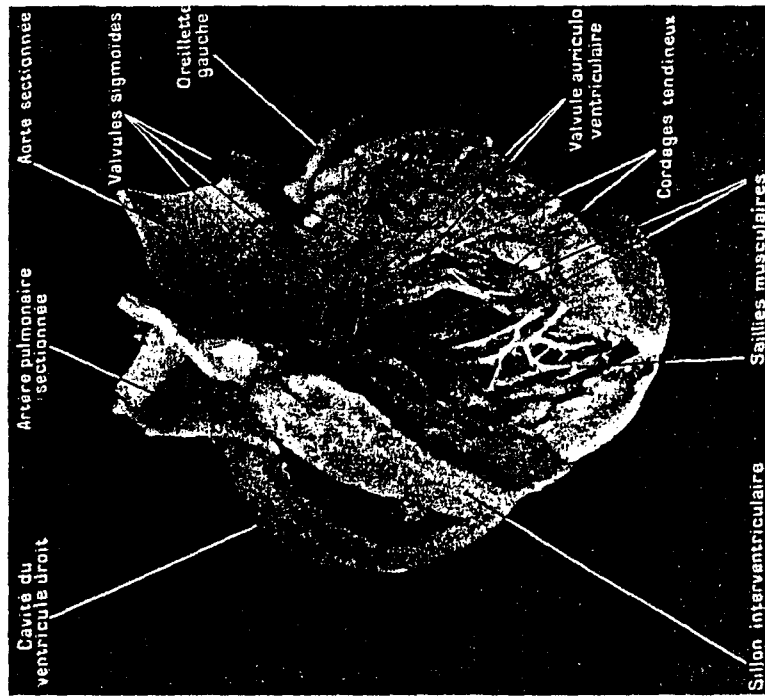


Fig. 170.  
Dissection d'un cœur de Mouton (réduction d'un quart).  
Chêne J. M. BACRIE et G. BUCASCI

Les deux ventricules ont été successivement ouverts par une incision longitudinale pratiquée d'abord dans les deux gros troncs artériels et se continuant ensuite le part et d'autre de la cloison interventriculaire. La photographie montre la cavité du ventricule gauche. Remarquer la différence d'épaisseur des parois des deux ventricules.

(cœur gauche). Chacune d'elles est divisée en deux chambres, l'oreillette à l'étage supérieur, le ventricule à l'étage inférieur. Chaque oreillette communi-

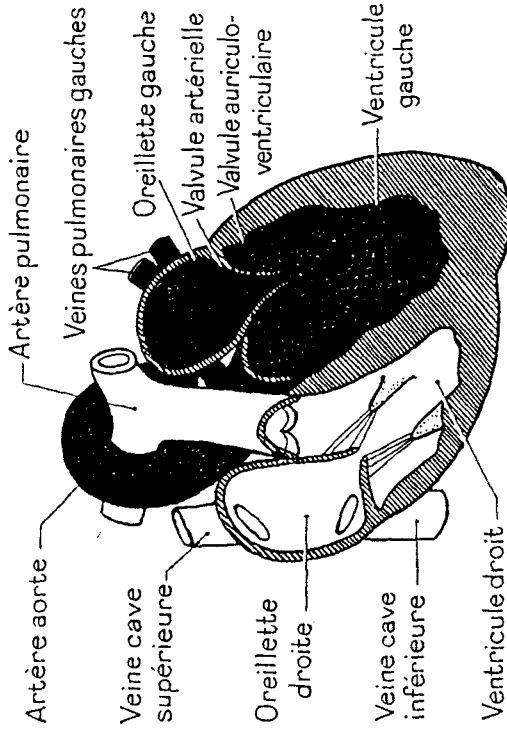


Fig. 171.

Conformation intérieure du cœur (schéma).

que avec le ventricule correspondant par un orifice assez large. Sur le pourtour de cet orifice sont insérées des membranes triangulaires, qui pendent dans le ventricule, aux parois duquel elles sont reliées par de fines cordelettes fibreuses. Ces dispositifs, connus sous le nom de *valvules auriculo-ventriculaires*, permettent au sang libre passage de l'oreillette au ventricule (voir p. 203, fig. 179 A), mais en se rabattant, sous la pression même du sang du ventricule, en travers de l'orifice (fig. 179 B et C), elles lui interdisent le passage en sens inverse.

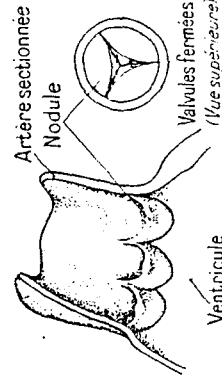


Fig. 172.

Valvules garnissant l'origine des deux gros troncs artériels, à la sortie des ventricules.

Les deux orifices artériels sont situés dans le haut des ventricules, derrière ces valvules. Chacun d'eux est garni de trois petites poches membraneuses à concavité tournée vers l'arrière, qui constituent la *nodule artérielle* ou *sigmoïde* (fig. 170 et 172) : venant

du ventricule, le sang passe en aplatisant ces poches contre la paroi artérielle (fig. 179 C, p. 203) ; s'il tend à rouler de l'artère, il les gonfle, et les fait s'affronter, ce qui obstrue l'orifice (fig. 179 A et B).

Par le jeu des valvules du cœur et des artères, la circulation se trouve donc obligatoirement assurée dans le sens unique *oreillette-ventricule-artère*.

**Parois du cœur.** Celles des oreillettes sont assez minces, celles des ventricules épaisses, surtout du côté gauche. Ces parois sont constituées essentiellement par le **myocarde**. C'est un muscle d'un type spécial, comme nous l'avons indiqué à la page 66.

Dans les cavités, le myocarde est doublé d'une mince membrane, l'**endocarde**.

Enfin, le cœur est enveloppé par le **péricarde**. C'est un double sac (voir fig. 195, p. 217) dont le feuillet interne est soudé au myocarde et le feuillet externe accolé aux organes voisins. Entre les deux feuillets, une très mince couche de liquide lubrifiant atténue les frottements dus aux mouvements du cœur.

### Les vaisseaux.

**Artères dépendant de l'aorte.** L'*artère aorte*, qui a environ la grosseur du pouce à la sortie du cœur, se recourbe en croise après un court trajet ascendant et s'accôle à la colonne vertébrale

qu'elle longe du côté gauche (fig. 167). Des son origine, juste au-dessus des valvules, elle envoie des *artères nourricières* dans les parois même du cœur. Puis, sur son trajet, elle émet de nombreuses ramifications, qui se rendent à toutes les parties du corps. Les premières desservent la tête (*artères carotides*), les membres supérieurs, et les différents organes thoraciques ; les autres, au-dessous du diaphragme, irriguent les différents organes abdominaux (estomac, rate, foie, pancréas, intestins, reins). A sa partie inférieure, dans le bassin, l'aorte se bifurque pour donner les artères des membres inférieurs.

La plupart de ces artères longent les os du squelette (par exemple l'*artère radiale* dans l'avant-bras, l'*artère fémorale* dans la cuisse).

Ces artères principales se ramifient en une multitude d'**artérioles**.

Les artérioles sont elles-mêmes les souches d'une infinité de **capillaires**. Ceux-ci, dont le diamètre varie de 5 à 40 microns, forment, dans tous les organes, un réseau si serré qu'on ne saurait piquer une aiguille en un point quelconque de l'organisme sans en crever au moins un.

Nous verrons que c'est dans les capillaires que le sang *rouge* amené par les artères dépendant de l'aorte perd son oxygène et devient du sang *noir*.

**Veines dépendant des veines caves.** Les capillaires des différents organes se rassemblent en petites *veines*, qui se rassemblent à leur tour en veines plus grosses. Leur disposition générale est assez semblable à celle des artères (fig. 167). Cependant, leur nombre est plus élevé. C'est ainsi que sous la peau cheminent de grosses veines, alors qu'on n'y trouve pas

d'artères importantes ; c'est ainsi également que dans les membres les grosses veines sont souvent en nombre double des artères : par exemple l'*artère radiale* est accompagnée de *deux veines radiales*.

Le sang noir des veines qui reviennent des régions situées au-dessus du cœur (tête, bras, etc.) est collecté et ramené à l'oreillette droite par la *veine cave supérieure*, à peu près longue comme le pouce. Celui du reste de l'organisme revient par la *veine cave inférieure*, de 25 cm. de longueur et grosse comme l'aorte ; ce vaisseau débute un peu au-dessus du bassin, et remonte le long du côté droit de la colonne vertébrale.

Le sang des capillaires de l'estomac et de l'intestin ne revient cependant pas directement à la veine cave inférieure : il se rassemble dans une veine spéciale, ayant les dimensions de l'index, la *veine porte* (fig. 167), qui va se résoudre de nouveau en capillaires dans le foie. Les très courtes *veines hépatiques* ramènent le sang du foie à la veine cave inférieure.

**Artères et veines pulmonaires.** L'*artère pulmonaire*, contenant du sang noir et de même calibre que l'aorte, se bifurque très près du cœur et envoie une branche à chaque poumon. Chaque branche se ramifie

de proche en proche pour se terminer dans l'organe par un abondant réseau de capillaires, où le sang *noir* s'oxyde et devient *rouge*. De chaque poumon émergent deux veines, qui ne se rejoignent qu'à l'entrée de l'oreillette gauche (fig. 168 et 169).

### Structure des parois des vaisseaux.

Les grosses artères ont leurs parois formées en grande partie de **tissu élastique**. Il en résulte que, sectionnées ou blessées, elles restent béantes comme des tubes de caoutchouc (fig. 173) et se vident de leur sang. Elles se vident également chez le cadavre, leur élasticité continuant, après l'arrêt du cœur, à pousser le sang dans les capillaires.

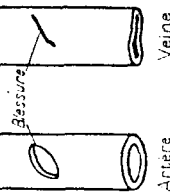


Fig. 173.

Aspects différents d'une blessure d'une artère et d'une blessure semblable d'une veine, tenant à la différence des structures des parois de ces vaisseaux.

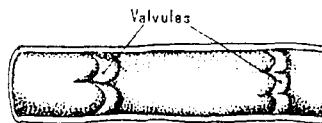


Fig. 174.

Veine ouverte longitudinalement, montrant les valvules.

Les parois des petites artères ont peu de tissu élastique et sont, au contraire, riches en **fibres musculaires lisses**, si bien que les petites artères sont contractiles.

Dans les parois des veines, le tissu musculaire et surtout le tissu élastique sont bien moins développés que dans les artères. Les parois des veines, plus minces que celles des artères, sont molles, et, comme la pression sanguine dans les veines est faible, lorsqu'une veine est blessée, ses parois s'aplatissent (fig. 173) et une hémorragie abondante est évitée.

Signalons qu'à l'intérieur de la plupart des veines qui rejoignent des mem-

lotes inférieurs vers le cœur, la paroi est garnie de petites valvules en forme de sousset (fig. 174), opposées deux par deux, parfois groupées par trois, orientées de telle façon qu'elles permettent la circulation du sang vers le cœur, mais la freinent en sens inverse.

Les parois des capillaires n'ont que 1 ou 2 microns d'épaisseur, aussi sont-elles très perméables (voir p. 190).

**L'APPAREIL CIRCULATOIRE LYMPHATIQUE**

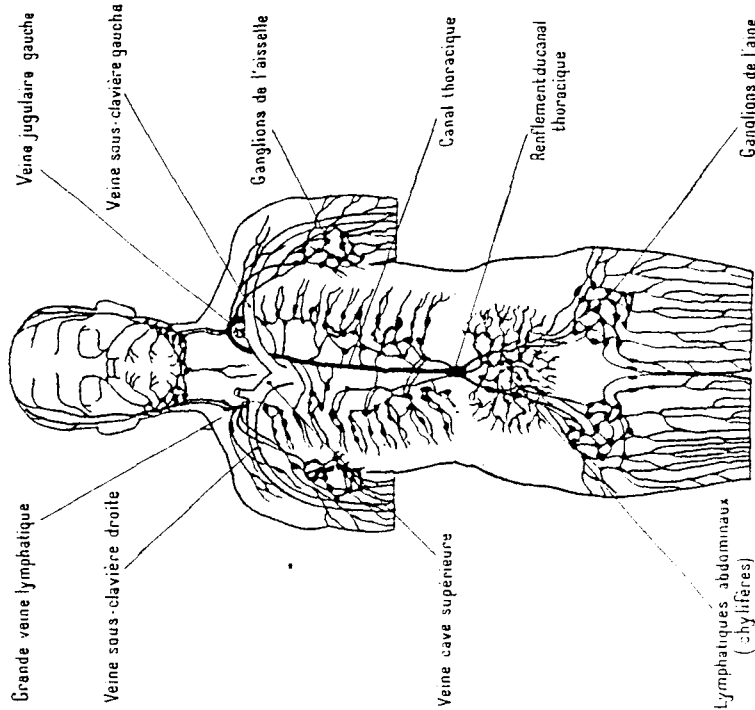
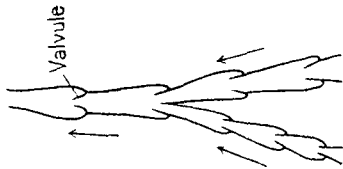


FIG. 175. Ensemble de l'appareil lymphatique.

L'appareil lymphatique (fig. 175) comprend d'abord d'innombrables capillaires répartis partout dans le corps comme les capillaires sanguins, dont ils ont

à peu près les dimensions et la structure. Ils en diffèrent par leur cadre irrégulier, mais surtout par le fait qu'ils sont clos à leur extrémité libre. Ils se rassemblent pour former peu à peu des vaisseaux plus gros, les *veines lymphatiques*.



Les capillaires lymphatiques spéciaux à l'intestin, dans lesquels circule un liquide appelé chyle, sont, pour cette raison, dénommés *chylifères* (v. p. 160 et 168).

Les veines lymphatiques sont assez semblables aux veines sanguines, mais présentent de distance en distance des étranglements correspondant à des valvules internes qui sont semblables à celles des veines et dont la concavité est tournée dans la direction vers laquelle progresse la lymphé (fig. 176).

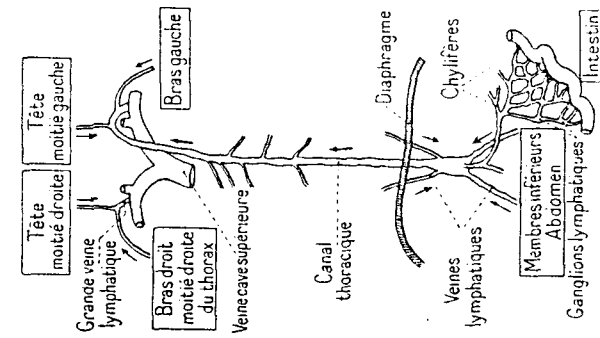


FIG. 176. Veines lymphatiques (en coupe). Les flèches indiquent le sens de la circulation de la lymphé (par rapport aux valvules).

Sur le trajet des vaisseaux lymphatiques, surtout aux points où ils confluent, se trouvent, de place en place, des organes globuleux, les *ganglions lymphatiques*, particulièrement abondants sous la peau au niveau des articulations, par exemple en arrière de la mâchoire inférieure, au creux de l'aisselle, au pli de l'aîne et, plus profondément, au voisinage des viscères (fig. 175). Ce sont de petites masses rosées ou rougeâtres dont la taille varie de celle d'une tête d'épingle à celle d'un gros pois. Ils contiennent des massifs de cellules qui se multiplient activement. Les cellules sans cesse formées se détachent les unes des autres et sont entraînées par la lymphé, dont elles forment les globules blancs. Les *ganglions lymphatiques* sont d'*actifs producteurs de leucocytes*.

Les vaisseaux lymphatiques aboutissent finalement à deux troncs collecteurs : la *grande veine lymphatique*, et le *canal thoracique* (fig. 177). La première, extrêmement courte, reçoit les vaisseaux qui ramènent la lymphé de la moitié droite de la tête et celle du bras droit et de la moitié droite des organes thoraciques ; elle aboutit à la maîtresse veine sanguine du bras droit. Le canal thoracique,

FIG. 177.

schéma représentant la disposition des troncs collecteurs de la lymphé.

qui reçoit la lymphe de toutes les autres parties du corps et notamment le chyle de l'intestin, est accolé à la colonne vertébrale, entre l'aorte et la veine cave inférieure ; il aboutit à la grosse veine qui revient du bras gauche (*veine sous-clavière gauche*).

On voit que l'appareil lymphatique n'est nullement indépendant de l'appareil sanguin. Rappelons qu'il ne distribue pas la lymphe dans l'organisme, mais qu'il la draine dans tout l'organisme et la déverse dans le sang.

### III

## PHYSIOLOGIE DE LA CIRCULATION

### CIRCULATION SANGUINE

#### Schéma général de la Circulation.

A l'intérieur de l'appareil circulatoire, le mouvement du sang s'effectue sans arrêt et toujours dans le même sens (fig. 178). Le sang qui, à un moment donné, remplit le ventricule gauche et qui est du sang rouge, car il revient des poumons, est lancé dans l'artère aorte. Par les innombrables ramifications de l'aorte (artères et artérioles), il atteint les réseaux de capillaires qui font suite aux artérioles dans tous les organes sans exception (un seul de ces réseaux est représenté sur la figure 178). Là, le sang, de rouge qu'il était, devient noir, et passe dans les veinules, puis les veines, qui se jettent finalement dans les veines caves (dont une seule est représentée sur la figure 178) ; celles-ci ramènent le sang noir, à l'oreillette droite du cœur.

Ce circuit, allant du ventricule gauche à l'oreillette droite en passant par tous les organes est celui de la **circulation générale**.

Le sang noir passe ensuite dans le ventricule droit, est lancé dans les artères pulmonaires et parvient dans les capillaires des poumons. Là, de noir, il redevient rouge. Les veines pulmonaires le ramènent à l'oreillette gauche.

Ce deuxième circuit, allant du ventricule droit à l'oreillette gauche en passant *seulement* par les *poumons*, est celui de la **circulation pulmonaire**.

De l'oreillette gauche le sang rouge pénètre dans le ventricule gauche, et les mêmes circuits sont de nouveau et indéfiniment parcourus.

**Remarques importantes.** — Le schéma de la figure 178 nous montre clairement les faits suivants :

1<sup>o</sup> le cœur gauche ne peut contenir que du sang rouge, le cœur droit ne peut contenir que du sang noir ;

2<sup>o</sup> si, dans la circulation générale, les artères conduisent du sang rouge et les veines du sang noir, c'est l'inverse dans la circulation pulmonaire où le

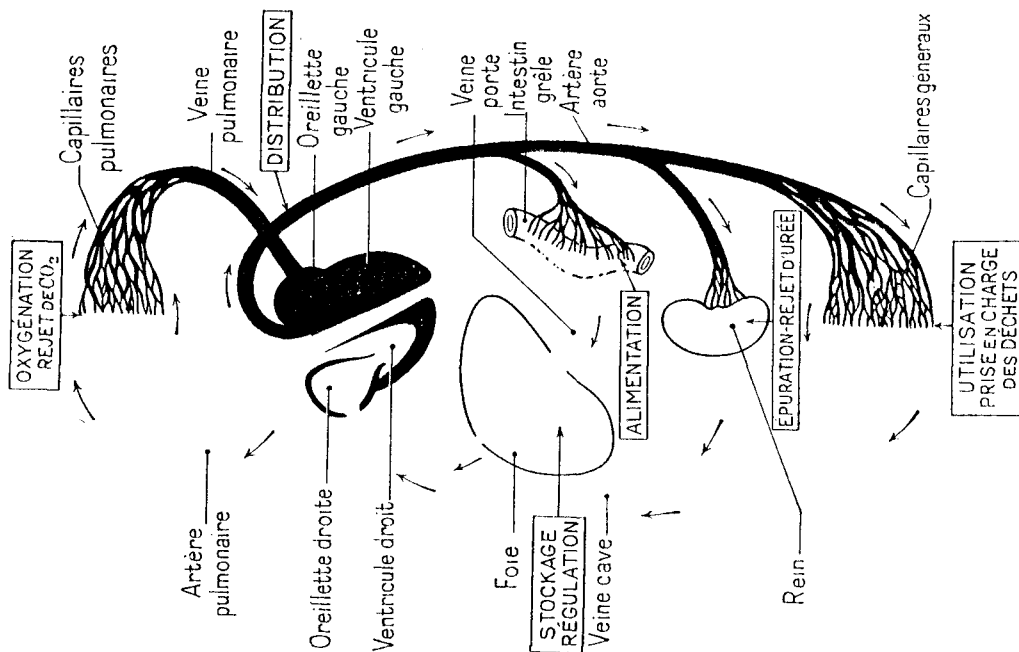


Fig. 178.

### Fonctionnement et rôle du cœur.

#### « Battements » du cœur.

En posant la main sur la poitrine, au niveau du cœur, on sent « battre », c'est-à-dire qu'on a l'impression qu'il vient frapper la paroi thoracique, dont, en réalité, il ne perd jamais le contact. Ces « battements » se répètent à une cadence régulière d'environ 72 par minute chez l'Homme adulte au repos. Ils sont donc espacés de 8 dixièmes de seconde environ. Ce rythme varie avec l'âge (120 battements par minute à 1 an, 80 vers 12 ans), avec le degré d'activité physique (après un effort, pendant la marche, la course, il s'accélère ; chez un sujet couché, il se ralentit). Enfin, l'accélération anormale de ce rythme accompagne le plus souvent l'état de *fièvre*.

**Systoles.** En ouvrant la poitrine d'un animal vivant, mais anesthésié, une **diastole**. Souris ou un Lapin par exemple, ou bien en observant aux rayons X le cœur d'un Homme vivant, on observe que le cœur, muscle creux, est animé de contractions ou **systoles**, alternant avec des dilatations ou **diastoles**. On peut, en gros, constater que les systoles affectent d'abord la région des oreillettes, puis celle des ventricules, et sont suivies d'une diastole générale. Mais le mouvement se succèdent trop rapidement pour pouvoir être étudiés avec précision par la simple observation directe.

**Révolution cardiaque.** Des recherches, faites, depuis moins d'un siècle, à l'aide d'appareils de précision, ont montré que dans les mouvements du cœur, qui se répètent incessamment dans le même ordre, on peut distinguer trois phases :

- 1) la systole simultanée des deux oreillettes, les ventricules étant en diastole (durée : 1 dixième de seconde).
- 2) la systole simultanée des deux ventricules, les oreillettes commençant à entrer en diastole (durée : 3 dixièmes de seconde).
- 3) la diastole générale (durée : 4 dixièmes de seconde).

L'ensemble de ces trois phases constitue une **révolution cardiaque**. La durée totale de la révolution est donc de 8 dixièmes de seconde, égale à l'interval de temps qui sépare deux battements.

Que se passe-t-il dans le cœur pendant une révolution ?

À la **première phase**, la systole des oreillettes met sous pression le sang qu'elles contiennent : celui-ci ne rétrograde pas dans les veines d'où il vient, car il passe dans les ventricules, qui sont vides, par les valvules auriculo-ventriculaires qui sont largement ouvertes à ce moment (fig. 179 A).

À la **deuxième phase**, la systole des ventricules comprime le sang. Sous la poussée du sang, les valvules auriculo-ventriculaires s'accroissent par leurs bords et lui interdisent le retour dans les oreillettes (fig. 179 B). Quand la pression dans les ventricules est devenue suffisante, elle fait écarter les valvules artérielles et chasse le sang dans les deux troncs artériels (fig. 179 C). Cela exige

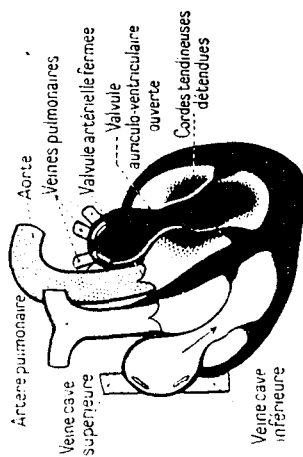


Fig. 179 A.

Systole des oreillettes. — Les parois de chacune d'elles se resserrent sur la masse de sang, qui est chassée dans les ventricules qui sont encore au repos, les valvules auriculo-ventriculaires étant largement ouvertes. Les valvules artérielles sont fermées par la pression du sang que contiennent les deux troncs artériels.

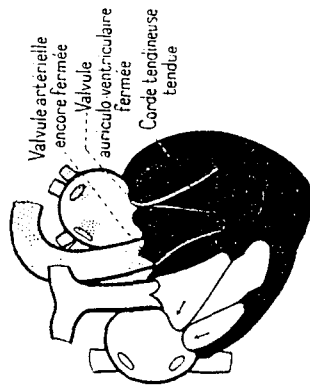


Fig. 179 B.

Premier temps de la systole ventriculaire : les parois ventriculaires se contractent ; les valvules auriculo-ventriculaires se ferment sous la poussée du sang, qui ainsi ne peut refluer dans les oreillettes. Les oreillettes entrent déjà en repos et commencent à se remplir du sang qui leur vient des veines.

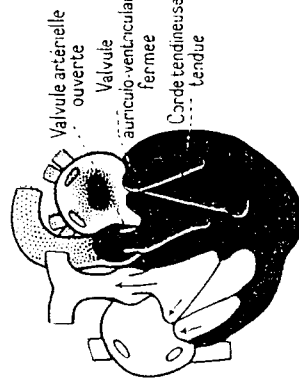


Fig. 179 C.

Deuxième temps de la systole ventriculaire : les ventricules continuant à se ressermer sur eux-mêmes, la pression du sang y est devenue assez forte pour vaincre celle qui règne dans les troncs artériels et ouvrir les valvules artérielles. Sous l'augmentation de pression, les parois artérielles se distendent.

Fig. 179.

Schémas destinés à faire comprendre quelques phases caractéristiques de la révolution cardiaque. Pour la clarté des dessins, on a changé un peu la position des deux troncs artériels (voir fig. 171).

naturellement un gros effort de la part du muscle cardiaque, qui doit vaincre la résistance opposée par le sang qui se trouve déjà dans ces vaisseaux.

C'est au moment de cette systole que se produit le *ballement du cœur*. Il est dû à ce que la région de la pointe, qui durcit, appuie plus fortement contre la paroi thoracique, mais sans venir réellement la heurter.



Fig. 180.  
Auscultation du cœur à l'aide d'un stéthoscope moderne. De la main gauche, le médecin prend le pouls du sujet.

Pendant la systole des ventricules, les oreillettes, se dilatant, commencent à aspirer le sang des veines.

À la *troisième phase*, la diastole des oreillettes se continue, achevant l'aspiration du sang veineux. Pendant ce temps, l'aspiration due à la diastole des ventricules provoque un léger recul du sang artériel, ce qui ferme les valves artérielles ; en même temps elle commence à produire un léger appel du sang des oreillettes.

Puis tout recommence dans le même ordre.

À chaque systole, les deux ventricules envoient chacun dans l'artère correspondante la même quantité de sang, soit environ 60 grammes. C'est l'ondée sanguine.

**Les bruits du cœur, l'auscultation** — En 1819, le médecin français LAËNNEC (1) publia une découverte sensationnelle : il avait observé qu'en appliquant l'oreille sur la poitrine d'un sujet, on entendait le cœur produire deux bruits, l'un sourd et prolongé, un peu avant le battement, le second, plus sec et plus court, un peu après. Il avait, de plus, remarqué qu'à chaque maladie déterminée du cœur correspondaient des altérations déterminées de ces bruits ou l'apparition de bruits supplémentaires caractéristiques.

Sur ces observations, il fonda l'*auscultation* (2) du cœur, méthode universellement employée depuis lors pour déceler et diagnostiquer les affections cardiaques. Il inventa même le premier des appareils utilisés pour mieux entendre les bruits, les *stéthoscopes* (fig. 180).

On sait aujourd'hui, ce que LAËNNEC ne pouvait alors savoir, que ces bruits sont dus, le premier à la contraction des ventricules et à la fermeture des valves auriculo-ventriculaires, le second au claquement de fermeture des valves artérielles.

### Circulation dans les vaisseaux.

**Artères.** Si, par accident, une artère d'une certaine importance, une carotide par exemple, vient à être ouverte, le sang jaillit violemment et d'ailleurs d'une façon saccadée. Le sang est donc *sous pression* dans les artères.

La pression artérielle résulte du fait que la poussée exercée sur le sang par le cœur se heurte à la très forte résistance à l'écoulement qu'oppose l'étrécissement des capillaires. Cette pression s'accroît à chaque systole des ventricules, d'où les saccades. Au fur et à mesure que le sang s'éloigne du cœur, c'est-à-dire qu'il atteint des artères de plus en plus petites, mais de plus en plus nombreuses, sa pression diminue. En même temps, les saccades s'atténuent et le débit du sang devient constant dans les artéoles. Cela est dû à l'élasticité des parois artérielles, qui jouent un rôle d'amortisseur (fig. 181).

Les médecins utilisent couramment des appareils qui permettent de mesurer la pression artérielle (souvent appelée *tension*), généralement à la partie inférieure de l'artère humérale (fig. 182). Les anomalies éventuelles de la pression les renseignent sur l'état des artères et du cœur.

La *vélocité* du sang a été mesurée : elle va en décroissant depuis le départ du cœur jusqu'aux artéoles.

(1) LAËNNEC (1784-1826), né à Quimper, mort à Kerlouanec, Finistère, de la tuberculose contractée en soignant les malades de l'Hôtel-Dieu de Paris.  
(2) Du latin *auscultatio*, action d'écouter.

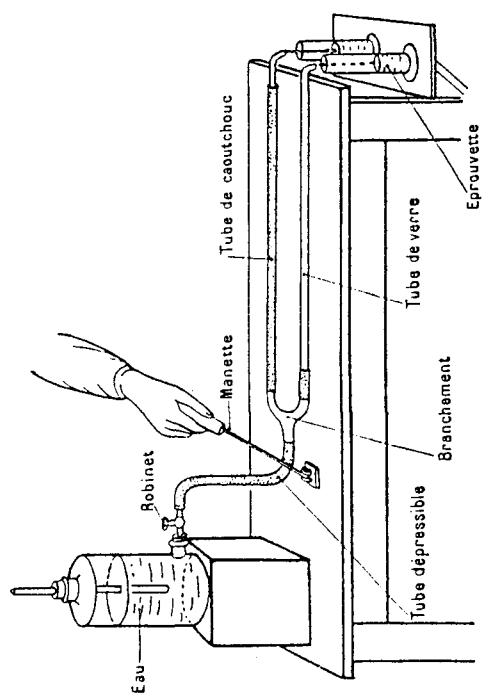


Fig. 181.

Expérience montrant le rôle de l'élasticité des parois artérielles. — Le robinet étant ouvert, on comprime rythmiquement le tube dépressible à l'aide de la manette. L'eau qui arrive d'une façon intermittente dans les deux tubes s'écoule d'une façon saccadée à l'extrémité du tube de verre, mais d'une façon continue et en plus grande quantité, à l'extrémité du tube en caoutchouc.



Fig. 182. — Prise de la tension artérielle. (Globe G. Bauser.)

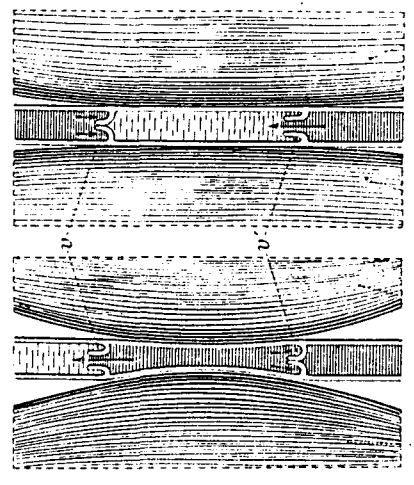
**Le pouls.** — En posant l'index sur une artère superficielle, par exemple sur la radiale, au poignet (fig. 183), on perçoit des battements réguliers, qui se succèdent au même rythme que ceux du cœur : c'est ce phénomène qu'on nomme le *pouls*. De tous temps, les médecins ont « tâté le pouls » pour contrôler la régularité du rythme cardiaque et déceler, éventuellement, ses anomalies.



Fig. 183.

Manière de « prendre » le pouls (avec l'index).

Ces battements ne sont pas dus, comme on l'a cru longtemps, au passage de l'onde sanguine propulsée par le ventricule gauche, mais à l'ébranlement produit par le choc de cette onde sur la masse sanguine contenue dans l'aorte, ébranlement qui se propage à grande vitesse, bien plus vite que le sang lui-même, le long des artères.



Contraction des muscles. Relâchement des muscles. Fig. 184.

**Capillaires.** A leur niveau, la pression du sang baisse encore ; sa vitesse tombe à quelques millimètres à la seconde, circonstance particulièrement favorable aux échanges qui se font entre le sang et les tissus environnants.

**Veines.** Des capillaires au cœur, la vitesse du sang circulant dans les veines va en croissant. La pression, déjà faible dans les capillaires, tombe à presque rien lorsque le sang se rapproche du cœur ; il y a même, nous l'avons vu, aspiration du sang par les oreillettes. Cette aspiration, qui se produit au début de la diastole des oreillettes, est une des causes du retour du sang au cœur.

Rôle des contractions musculaires et des valvules dans la circulation veineuse. Beaucoup de veines importantes passent entre des masses musculaires, quand un muscle (ou plusieurs) se contracte au niveau d'un segment veineux, le sang contenu dans ce segment est, sous l'effet de la pression, chassé vers le cœur par suite de la disposition des valvules ; les valvules s'ouvrent tandis que les valvules *c'* se ferment. Quand la contraction cesse, *c'* se referme, tandis que *c'* s'ouvrent à nouveau sous la poussée du sang qui arrive par derrière.



Une autre cause de cette circulation dans les veines est le contre-coup des mouvements respiratoires sur les veines situées dans le voisinage du cœur : quand la poitrine se dilate, les veines qu'elle contient se dilatent aussi et aspirent le sang contenu dans l'appareil veineux.

Les contractions des muscles squelettiques qui, nous le savons, s'accompagnent d'une augmentation de leur diamètre, en comprimant tel ou tel segment de veine, chassent le sang qui s'y trouve : vu la disposition des valvules des veines, le sang, ne pouvant revenir en arrière, est alors poussé vers le cœur (fig. 184).

Enfin, et c'est là la cause principale de la circulation veineuse, bien que la pression du sang après son passage dans les capillaires soit très faible, elle n'est pas nulle et le sang qui arrive des capillaires pousse constamment, « par derrière » en quelque sorte, c'est-à-dire dans la direction du cœur, le sang qui remplit déjà les veines.

### Régulation de la circulation par le système nerveux

Si le rythme du cœur est constant, son débit l'est également. Il assure alors aux organes un ravitaillement à peu près invariable en aliments et en oxygène.

Mais les besoins des organes peuvent varier et, en fait, varient constamment : un muscle, par exemple, doit recevoir bien plus de sang quand il travaille que lorsqu'il est au repos : un sujet couché et endormi a besoin d'une circulation moins intense qu'éveillé et debout.

Or, sous l'action de nerfs spéciaux (voir p. 134), le rythme du cœur, suivant les besoins de l'organisme, s'accélère ou se ralentit, les vaisseaux se dilatent ou diminuent leur calibre. Il y a là un réglage extrêmement délicat, entièrement automatique, dans lequel la volonté n'intervient aucunement.

### CIRCULATION DE LA LYMPHE

Autant qu'on peut en juger, la *lymphe des tissus* circule avec une extrême lenteur, et semble même, par endroits et par moments, stagner complètement. Néanmoins, elle se renouvelle par suite de la lente filtration du plasma à travers les minces parois des capillaires sanguins sous l'effet de la pression même du sang, et par le passage dans le même sens des globules blancs. D'autre part, au contact des capillaires lymphatiques, un phénomène analogue assure le passage de la *lymphe des tissus* dans ces vaisseaux.

Dans les *vaisseaux lymphatiques*, la progression, d'ailleurs très irrégulière, de la lympe, qui fait finalement retour au cœur, s'explique de la même façon que la progression du sang dans les veines.

C'est ainsi que, très lentement d'ailleurs, la lympe, après avoir alimenté toutes les parties du corps sous forme de lympe des tissus, mais enrichie de nouvelles matières nutritives au niveau des chylifères, retourne au sang dont elle était issue (fig. 177).

### ROLE DE LA CIRCULATION ET DES LIQUIDES CIRCULANTS

Le sang, au contact des tissus, s'appauvrit en oxygène et en substances nutritives, et s'enrichit en gaz carbonique et en autres déchets, comme l'urée. Mais, grâce à la circulation, d'une part il se débarrasse de ces déchets dans les organes d'élimination, c'est-à-dire essentiellement dans les poumons (gaz carbonique) et dans les reins (urée), d'autre part il s'enrichit à nouveau en oxygène en passant par les poumons, et en substances alimentaires qu'il reçoit de l'intestin grêle (1) (voir fig. 178). Le sang constamment renoué, continué, grâce à la circulation, à distribuer ces éléments indispensables à toutes les parties de l'organisme.

On voit donc que le rôle du sang est essentiellement un rôle de **transport de matières** que lui permet de remplir le mouvement incessant que lui imprime le cœur.

Nous avons expliqué, et cela se comprend bien en examinant le schéma de la figure 177, quel concours la lympe apporte au sang dans son rôle de transport puisqu'elle lui amène une partie des produits de la digestion absorbés au niveau de l'intestin grêle.

Ajoutons encore que le sang, s'échauffant dans les organes dont l'activité dégage le plus de chaleur et qui sont bien protégés (muscles en action, foie, reins) et se refroidissant dans ceux qui sont en contact avec l'extérieur (peau, poumons), tend à uniformiser la température du corps en **transportant de la chaleur**.

D'autre part le sang et la lympe contiennent des globules blancs. Par leur propriété de phagocytose, les leucocytes qui affluent vers les lieux d'invasion microbienne, sont d'**actifs destructeurs de microbes**. Nous reviendrons sur cette importante fonction.

**Le milieu intérieur.** Chez les organismes les plus inférieurs, qui sont aquatiques, le *milieu aqueux* dans lequel ils baignent, dans lequel ils trouvent non seulement l'eau elle-même, substance indispensable entre toutes, mais aussi tous les autres éléments, et dans lequel ils rejettent leurs déchets, est le *milieu extérieur*.

Chez les organismes supérieurs, qui sont terrestres, et chez l'Homme en particulier, le sang et, plus directement encore, la lympe qui en provient et qui imbibent les tissus, constituent le réservoir sans cesse renouvelé où les cellules puisent tous les matériaux qui leur sont nécessaires et rejettent leurs déchets. Ce *milieu aqueux indispensable est intérieur à l'organisme*. C'est pourquoi on a donné à l'ensemble du sang et de la lympe le nom de **milieu intérieur**. Ce milieu intérieur reste sensiblement constant dans sa composition et cette *constance est une condition essentielle de la vie*.

(1) Il faut noter que les substances absorbées dans l'intestin grêle ne sont réellement assimilables qu'après être passées par le foie où les transporté, depuis l'intestin, le sang de la veine porte.

## **DOCUMENT 9**

### III. — LA CIRCULATION

La circulation a pour but de véhiculer dans tout l'organisme deux liquides nourriciers : le sang et la lymphe.

#### I. — LE SANG

Le corps de l'homme contient environ 5 litres de sang. Le sang est un liquide, de saveur légèrement salée, dont la couleur varie du rouge vermeil au rouge foncé.

Si l'on examine une goutte de sang au microscope, on voit qu'elle est formée d'un liquide incolore, le plasma, dans lequel nagent des *globules rouges* et des *globules blancs* (fig. 76).

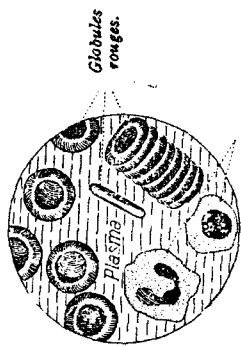


Fig. 76. — Goutte de sang vue au microscope.

#### 1. *Globules rouges.* —

Les globules rouges ont la forme de disques circulaires amincis en leur milieu ; ils ont 7 millièmes de millimètre de diamètre et 2 millièmes de millimètre d'épaisseur ; ils sont au nombre de 5 millions par millimètre cube, soit 25 trillions pour tout l'organisme ; on a calculé que, mis bout à bout, ils feraient quatre fois le tour de la terre !

Les globules rouges sont formés dans la moelle rouge des os et dans la rate ; ils restent dans le sang de deux à cinq semaines et sont ensuite détruits dans le foie. Les globules rouges doivent leur couleur à un pigment, riche en fer, nommé *hémoglobine* :

l'hémoglobine a la propriété de se combiner avec l'oxygène des poumons pour former un composé, l'oxyhémoglobine, capable de céder facilement son oxygène aux tissus.

2. **Globules blancs.** — Les globules blancs sont plus gros que les globules rouges, mais ils sont sept cents fois moins nombreux ; ils n'ont pas de forme fixe et se déplacent, à la façon des amibes, en poussant des prolongements appelés

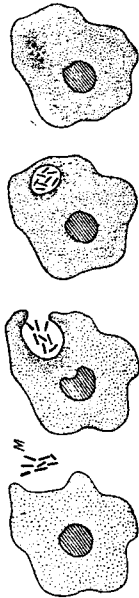


Fig. 77. — Globule blanc intégrant des microbes (divers stades).

*pseudopodes* (fig. 77). Ils rampent le long des vaisseaux capillaires et, à l'aide de leurs pseudopodes, ils peuvent écarter les cellules de la paroi et émigrer directement dans les tissus (fig. 78). Ils sont formés dans les ganglions lymphatiques, dans la rate et dans la moelle des os. Ils sont chargés de détruire tous les

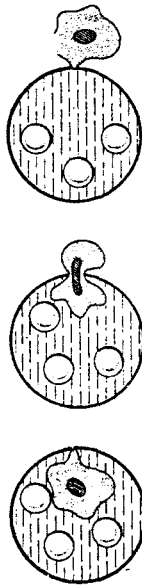


Fig. 78. — Globule blanc traversant la paroi d'un capillaire sanguin (divers stades).

éléments étrangers qui s'introduisent dans l'organisme : c'est ainsi qu'ils nous défendent contre les microbes, soit en les attaquant directement (fig. 77), soit en sécrétant des *anticorps* qui les détruisent à distance.

3. **Plasma.** — Le plasma est un liquide incolore ; il renferme, par litre, 80 grammes d'albumine ordinaire, 2 à 3 grammes de *fibrine dissoute*, 10 grammes de sels minéraux, dont 6 grammes de chlorure de sodium.

4. **Les gaz du sang.** — Le sang renferme des gaz, soit en dissolution, soit en combinaison. Il contient de l'*oxygène*, fixé sur l'hémoglobine ; du gaz *carbonique*, combiné aux sels du plasma, enfin une faible quantité d'*azote* en dissolution dans le plasma.

5. **Coagulation du sang.** — Quand le sang est extrait du corps, la fibrine dissoute coagule sous la forme de fins filaments (fibrine solide) qui entraînent dans leurs mailles les globules et donnent une sorte de gelée de groseille, le *caillot* ; le liquide qui surnage se nomme *sérum* (fig. 79 et 80).

Le sérum est donc le plasma privé de fibrine.

Lorsque les bouchers veulent conserver du sang liquide, ils le battent avec un balai de brindilles, dès sa sortie de l'animal, et la fibrine, au fur et à mesure de sa formation, se fixe sur le balai.

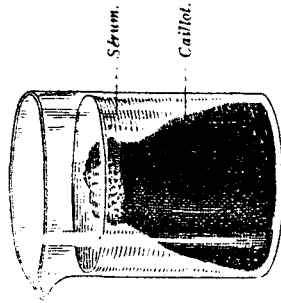


Fig. 79. — Sang coagulé.

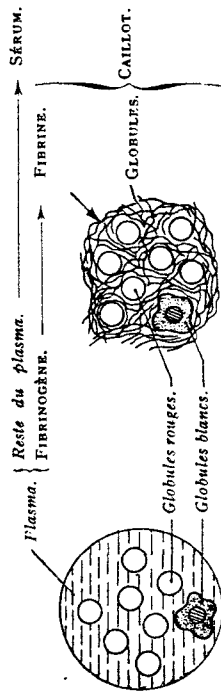


Fig. 80. — Schéma expliquant la coagulation du sang.

Le « sang » qui reste n'est donc plus que le sérum avec les globules ; on le nomme : *sang défibriné*.

Les petites plaies s'arrêtent de saigner, sans aucune intervention, car le sang qui caille obstrue les capillaires et forme, en séchant, une croûte protectrice.

Il peut arriver qu'un caillot se forme dans le sang (embolie) et obstrue les vaisseaux sanguins.

## II. — APPAREIL CIRCULATOIRE

**Disposition générale.** — L'appareil circulatoire se compose essentiellement de

— tubes, ou vais-

— seaux, chargés de

— distribuer le sang

— dans toutes les par-

— ties du corps ; sur

— le trajet des vais-

— seaux est intercalée

— une poche contrac-

— tile, le cœur, qui

— fonctionne comme

— une pompe fou-

— lante, c'est-à-dire

— communique au

— sang une certaine

— force de propulsion.

Le cœur lance le sang par les artères, qui se ramifient en vaisseaux très fins appelés capillaires qui irriguent toutes les parties du corps (fig. 81) ; puis le sang revient par les veines caves ; c'est la grande circulation ou circulation générale. Le cœur envoie alors le sang aux poumons, et il est ramené au cœur par les veines pulmonaires ; c'est la petite circulation ou circulation pulmonaire.

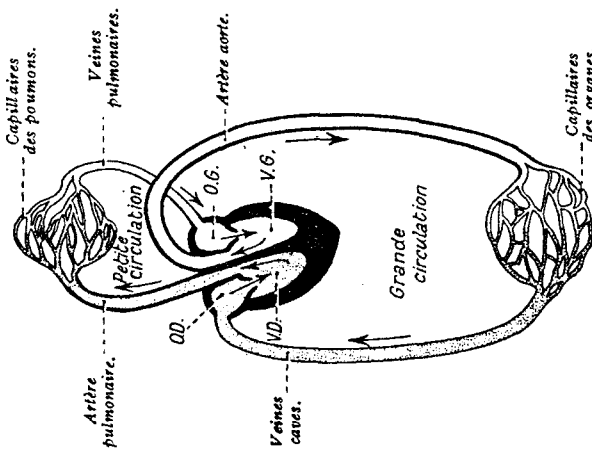


Fig. 81. — La circulation du sang chez l'homme.  
(Schéma très simplifié.)

L'appareil circulatoire comprend donc : le cœur, les artères, les capillaires, les veines.

## I. — LE CŒUR

Le cœur est un muscle creux, de la grosseur du poing ; il est placé dans la cage thoracique, entre les deux poumons ; il a la forme d'un cône dont la pointe, légèrement inclinée à gauche, vient reposer sur le diaphragme. Le cœur est formé de deux poches bien séparées : le cœur droit et le cœur gauche (fig. 82) ; chaque cœur comprend

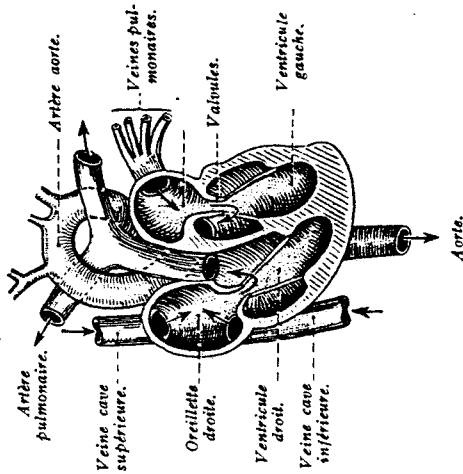


Fig. 82. — Le cœur et les gros vaisseaux.

une oreillette ; cette valvule est disposée de manière à permettre le passage du sang des oreillettes dans les ventricules, mais pas en sens inverse. La paroi des oreillettes est mince et molle ; celle des ventricules, et en particulier celle du ventricule gauche, est épaisse et très ferme.

Le cœur est enfermé dans une poche, le péricarde.

## II. — LES ARTÈRES

**I. Disposition.** — Les artères sont des tubes, ou vaisseaux, chargés de distribuer le sang dans tous les organes.

1° **L'artère aorte** part du *ventricule gauche* et se recourbe du côté gauche en formant une croise qui descend tout le long de la colonne vertébrale ; les ramifications de l'aorte distribuent le sang jusqu'au moindre de nos organes, comme le montre la figure 84.

2° **L'artère pulmonaire** est très courte ; elle part du *ventricule droit* et se divise en deux branches, une pour chaque poumon.

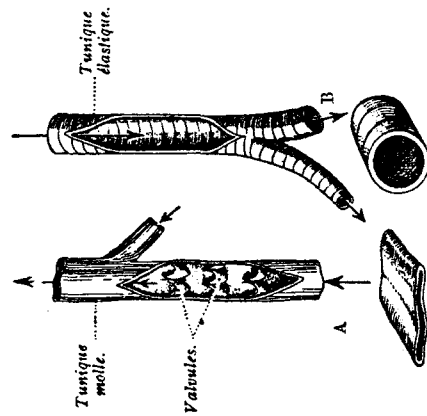


Fig. 83. — A. En haut, veine coupée en long ; en bas, veine coupée en travers. — B. En haut, artère coupée en long ; en bas, artère coupée en travers. Remarque que la section d'une veine s'aplatit et que celle d'une artère reste béante.

paisses couches musculaires ; cependant les artères des tempes et du poignet sont superficielles et leurs battements sont faciles à percevoir (pouls).

### III. — LES CAPILLAIRES

Les capillaires sont des vaisseaux très fins qui font suite aux petites ramifications des artères, ou artérioles ; ils sont tellement abondants que la moindre piqûre en blesse un grand nombre et que du sang peut s'écouler sous faible pression.

## IV. — LES VEINES

1. **Disposition.** — Les veines sont des tubes, ou vaisseaux, qui ramènent le sang des capillaires vers le cœur.

Dans l'oreillette gauche débouchent les quatre veines pulmonaires. Dans l'oreillette droite aboutissent les deux veines caves. La veine cave supérieure reçoit le sang de la tête et celui des membres supérieurs. La veine cave inférieure ramène au cœur le sang venant des membres inférieurs et des organes abdominaux (reins, foie, etc.).

2. **Structure des veines.** — La paroi des veines diffère de celle des artères par l'absence presque totale de tissu élastique ; il en résulte que, si l'on coupe accidentellement une veine, les deux bords de la plaie se rabattent l'un contre l'autre, et le sang s'écoule en nappe ; bientôt il se forme un caillot qui ferme la blessure.

Les veines des membres inférieurs présentent des valvules dont la concavité est tournée vers le cœur (fig. 83, A).

### III. — LA CIRCULATION SANGUINE

1. **Marche générale du sang dans l'organisme.** — Le sang rouge vermeil part du *ventricule gauche* par l'*artère aorte* ; il est réparti dans tout l'organisme et, au niveau des capillaires, il distribue les matières nutritives aux cellules vivantes : en particulier, il leur cède son oxygène, devient rouge foncé et se charge d'impuretés, notamment de gaz carbonique ; il est alors ramené à l'oreillette droite par les veines caves. Les veines caves reçoivent les substances nutritives venant de la digestion.

La veine cave inférieure reçoit aussi l'eau, les sels minéraux, du glucose, des albumines et des vitamines qui ont été préalablement contrôlés et régularisés par le foie.

La veine cave supérieure, comme nous le verrons (fig. 84),  
 Capillaires des organes (tête, bras).

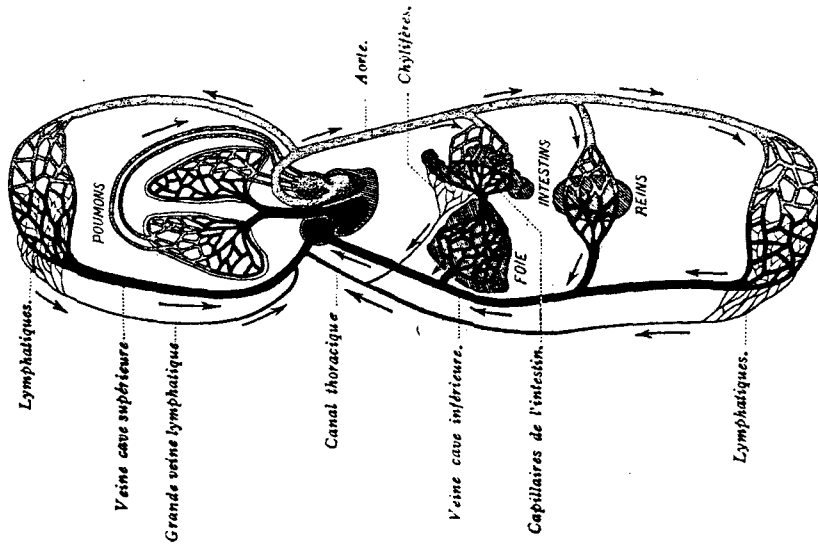


Fig. 84. — Schéma résumant les circulations sanguine et lymphatique.  
 Capillaires des organes (tronc, jambes).

reçoit, par le canal thoracique, de la lymphe et les graisses de la digestion.

Ce premier mouvement du sang porte le nom de *grande circulation* (fig. 84).

Le sang passe ensuite de l'*oreillette droite* dans le *ventricule*

*droit*, d'où il est envoyé aux *poumons* ; il abandonne son *gaz carbonique*, se charge d'*oxygène* et devient *rouge vermeil*, puis est ramené dans l'*oreillette gauche* par les *quatre veines pulmonaires*. Ce second mouvement du sang porte le nom de *petite circulation*.

**2. Rôle du cœur.** — Le cœur se contracte et se relâche alternativement soixante-dix fois par minute. Les *oreillettes* se remplissent d'abord de sang, puis elles se contractent simultanément pour lancer le sang dans les *ventricules* ; quand les *ventricules* sont remplis de sang, ils se contractent à leur tour et envoient le sang dans les *artères aorte et pulmonaire* ; le sang ne peut pas revenir en arrière, à cause des *valvules* qui garnissent l'entrée des *artères*. Enfin le cœur se repose avant de commencer un autre battement.

**3. Rôle des artères.** — A chaque *contraction*, le *ventricule gauche* lance, dans l'*artère aorte*, une *ondée sanguine* de 180 grammes ; l'*artère se dilate*, mais, comme elle est *élastique*, elle revient ensuite à son calibre normal et envoie le sang un peu plus loin. La colonne sanguine, contenue dans l'*arbre aortique*, reçoit un *choc* qui se propage rapidement sous forme d'*ondulations* ; ces ondulations se traduisent par une *légère dilatation* des artères, et, lorsqu'on applique le doigt sur l'*artère du poignet*, on reçoit, à chaque *dilatation de l'artère*, une petite impulsion appelée *pouls*.

L'*élasticité des artères* a l'*avantage de transformer le jet intermittent du sang, au départ, en un mouvement qui est continu dans les artérioles*.

**4. Rôle des capillaires.** — Les capillaires irriguent toutes les parties de nos organes ; la vitesse du sang y est très faible, et c'est à travers leurs parois, excessivement minces, que les cellules vivantes puisent, dans le plasma sanguin, les substances nutritives et abandonnent leurs déchets.

Dans les villosités intestinales, c'est à travers la paroi des capillaires que pénètrent les substances nutritives. Dans les

reins, c'est à travers les parois des capillaires que sortent les divers déchets qui formeront l'urine.

**5. Rôle des veines.** — Dans les veines de la tête, le sang progresse sous l'effet de la pesanteur, mais, dans les veines des membres inférieurs, la pesanteur contrarie le mouvement du sang. Le sang se déplace de bas en haut, sous l'influence de la pression provoquée par les ondes sanguines successives ; d'autre part, de nombreuses *valvules*, dont la concavité est tournée du côté du cœur, s'opposent au retour du sang en arrière. Les contractions musculaires et les mouvements respiratoires aident aussi au déplacement du sang veineux.

**Dans les veines, le mouvement du sang est continu, et il n'y a pas de poulx veineux.**

#### IV. — LA LYMPHE

**1. Composition de la lymphe.** — Le corps de l'homme renferme 16 litres d'un sang blanc, appelé *lymphe*. La lymphe est formée de plasma et de globules blancs.

**2. Origine de la lymphe.** — La lymphe baigne les *inter-  
valles entre les cellules* ; elle provient du plasma sanguin qui a filtré à travers les parois des capillaires et des globules blancs sortis des capillaires par leurs mouvements propres (fig. 78).

**3. Circulation de la lymphe.** — Après avoir nourri les cellules et s'être chargée de leurs déchets, la lymphe s'engage dans des *capillaires lymphatiques*, qui se réunissent en deux veines : la *grande veine lymphatique*, qui ramène la lymphe du bras droit et de la moitié droite de la tête, et qui se déverse dans la veine cave supérieure ; le *canal thoracique*, qui ramène la lymphe de tout le reste du corps et ramène aussi les émulsions graisseuses venant des tubes chylifères de l'intestin ; le canal thoracique se déverse également dans la veine cave supérieure et amène au sang veineux les graisses de la digestion.

### RÉSUMÉ

**La circulation est le mouvement du sang et de la lymphe à l'intérieur de l'organisme.**

I. LE SANG est formé de **plasma** et de **globules**.

1<sup>o</sup> Les globules sont de deux sortes : les **globules rouges**, qui sont chargés de transporter l'oxygène grâce à l'hémoglobine, et les **globules blancs**, qui défendent l'organisme contre les microbes.

2<sup>o</sup> Le **plasma** est un liquide formé du sérum et de la fibrine ; la fibrine a la propriété de faire coaguler le sang.

II. APPAREIL CIRCULATOIRE. — Il comprend quatre parties : le cœur, les artères, les capillaires et les veines.

1<sup>o</sup> Le cœur est situé dans la cage thoracique, entre les deux poumons, et comprend quatre cavités, deux oreillettes en haut, deux ventricules en bas.

2<sup>o</sup> Les artères sont des vaisseaux élastiques qui partent du cœur ; les plus importantes sont : l'aorte, qui part du ventricule gauche et porte le sang aux organes ; l'artère pulmonaire, qui se détache du ventricule droit et conduit le sang aux poumons.

3<sup>o</sup> Les veines ne sont pas élastiques et ramènent le sang au cœur ; elles comprennent : les deux veines caves, qui ramènent à l'oreillette droite le sang des divers organes, et les quatre veines pulmonaires, qui conduisent dans l'oreillette gauche le sang venant des poumons.

4<sup>o</sup> Les capillaires sont des vaisseaux très fins qui font communiquer les artères et les veines.

III. LA CIRCULATION SANGUINE. — Le cœur de l'homme bat environ soixante-dix fois par minute.

Le sang part du ventricule gauche, est distribué aux organes et revient à l'oreillette droite : c'est la grande circulation. Il part ensuite du ventricule droit, va dans les poumons et revient à l'oreillette gauche : c'est la petite circulation.

L'élasticité des artères transforme le jet intermittent du sang en un écoulement continu. A chaque contraction du cœur, un mouvement ondulatoire se propage dans les artères et les fait gonfler : c'est le poulx.

IV. LA LYMPHE. — La lymphe renferme du plasma et des globules blancs ; elle baigne d'abord directement les cellules, puis va se déverser dans le sang veineux.



**DOCUMENT 10**

## L'APPAREIL CIRCULATOIRE SANGUIN

Cet appareil comprend :

- un moteur, le cœur;
- un système de canalisations ou vaisseaux : artères, capillaires, veines.

### I. -- LE CŒUR.

#### § 1. Description du cœur.

Le cœur est un muscle creux, rouge, involontaire, de la grosseur du poing, pesant en moyenne, à l'âge adulte, environ 270 grammes. Il est logé dans la cage thoracique, entre les deux poumons, dans une sorte de sac à double paroi, le péricarde.

Il a grossièrement la forme d'un cône, sa base regardant en arrière et à droite, son sommet ou *pointe* regardant en avant et à gauche et touchant la cage thoracique dans l'intervalle compris entre la 4<sup>e</sup> et la 5<sup>e</sup> côte (sous le sein gauche).

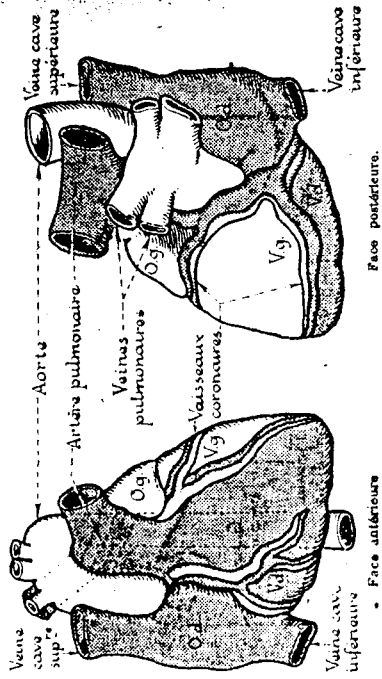


Fig. 130. — Le cœur.

Une coupe verticale du cœur montre qu'il est divisé par une cloison charnue en deux moitiés inégales : la partie gauche ou *cœur gauche* plus développée, et contenant du sang rouge; la partie droite ou *cœur droit*, contenant du sang noir. Ces deux moitiés ne communiquent pas.

Chaque moitié est elle-même divisée en deux parties : *oreillette* et *ventricule*. L'oreillette est située ~~à l'avant~~ du cœur : elle se prolonge par des diverticules dénommés *auricules*; ses parois sont minces.

Le ventricule, beaucoup plus développé, se reconnaît à ses parois épaisses, charnues. Sa surface interne est anfractueuse : elle dessine des crêtes longitudinales, des arcs-boutants ou des saillies coniques musculieuses, appelées *piliers*.

Oreillette et ventricule communiquent par un orifice appelé *auriculo-ventriculaire* muni d'une *valvule*, qu'on pourrait comparer à un entonnoir membraneux découpé en plusieurs valves. Chaque valve présente des *cordages*, qui la retiennent aux *pilliers*; à gauche, la valvule présente deux valves, on l'appelle la *valvule mitrale*; à droite, la valvule présente trois valves, on l'appelle *valvule tricuspide*.

Les valvules auriculo-ventriculaires fonctionnent comme des soupapes, qui s'ouvrent pour laisser passer le sang de l'oreillette au ventricule, mais s'opposent au passage inverse quand elles sont fermées.

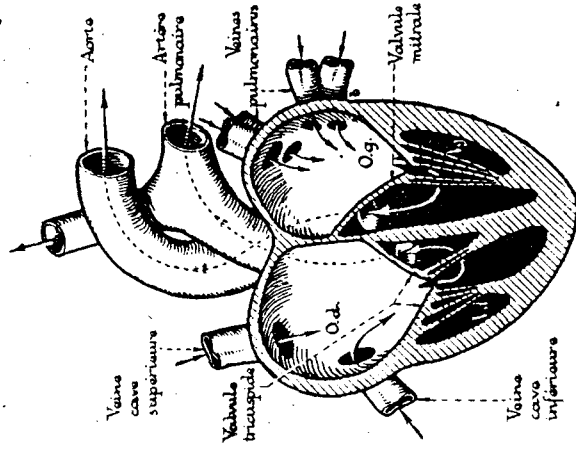


Fig. 131. Coupe de cœur.

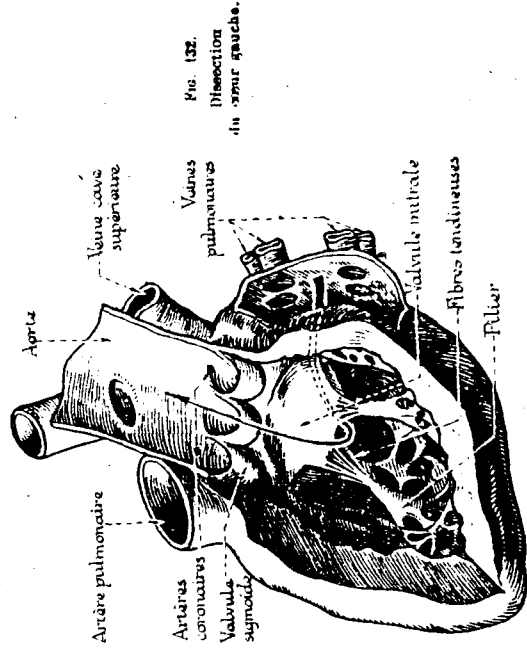


Fig. 132. Dissection du cœur gauche.

Tout le sang qui circule dans le corps passe obligatoirement par le cœur :

- Aux oreillettes arrivent les grosses veines du corps :
- A droite :
  - la veine cave supérieure, qui draine le sang de la tête et du corps;
  - la veine cave inférieure, qui draine le sang de l'abdomen et des membres inférieurs;
  - la grande veine coronaire, qui ramène le sang qui a circulé dans la paroi du cœur.
- A gauche :
  - les veines pulmonaires, au nombre de 4, qui ramènent le sang rouge vermeil des poumons.
- Des ventricules partent les deux grosses artères du corps :

- A droite :
  - l'artère pulmonaire, qui envoie le sang qui a traversé l'organisme dans les poumons.
- A gauche :
  - l'aorte, la plus grosse artère du corps, qui distribue le sang vermeil à tous les organes.

Ces deux artères présentent à l'origine trois valvules en nid de pigeon, appelées valvules sigmoïdes, qui laissent passer le sang du ventricule dans l'artère, mais s'opposent au passage inverse.

§ 2. Fonctionnement du cœur.

L'observation du cœur d'une grenouille, l'observation radioscopique du cœur de l'homme montrent que le cœur bat rythmiquement. On peut même, à l'aide de petites ampoules de caoutchouc (sondes cardiographiques), reliées à un tambour de Marey, portant un stylet se déplaçant sur un cylindre enregistreur qui tourne d'un mouvement uniforme, inscrire les mouvements du cœur (fig. 133). Les sondes sont introduites dans les cavités du cœur d'un cheval (animal qui se prête facilement à ce genre d'opération). La déformation des sondes est amplifiée par le tambour tandis que le stylet les inscrit sous forme d'ondulations sur un papier enduit de noir de fumée enveloppant le cylindre (fig. 134).

Le fonctionnement du cœur présente une série de phénomènes qui se répètent toujours dans le même ordre :

— d'abord, les oreillettes se contractent : c'est la systole auriculaire; cette contraction est faible et courte, elle ouvre les valvules auriculo-ventriculaires, et le sang des oreillettes est chassé dans les ventricules;

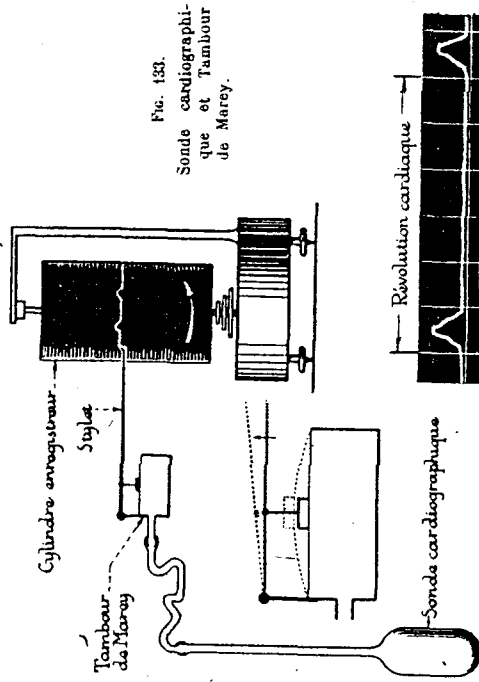


FIG. 133.  
Sonde cardiographique et Tambour de Marey.

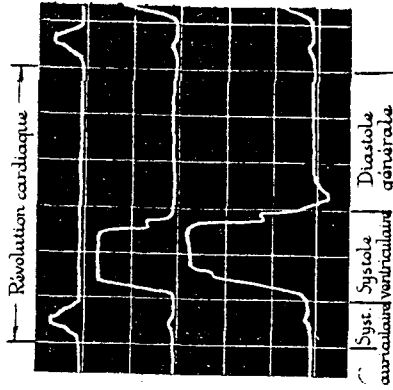


FIG. 134.  
Inscription graphique des mouvements du cœur.

— immédiatement après, les ventricules se contractent, c'est la systole ventriculaire; cette contraction est instantanée, puis sante, prolongée; elle ferme les valvules auriculo-ventriculaires, puis ouvre les valvules artérielles, chasse le sang dans l'artère aorte et dans l'artère pulmonaire encore pleines de sang de la contraction précédente; cette systole est donc primordiale, et les résistances à vaincre étant plus fortes à gauche qu'à droite, on conçoit que la paroi du ventricule gauche est plus épaisse que celle du ventricule droit;

— puis, le cœur tout entier se repose pendant un temps égal à celui de son travail : c'est le repos général du cœur ou diastole générale; les valvules artérielles se ferment, les valvules cardiaques s'ouvrent, le sang des veines caves et des veines pulmonaires est aspiré par le cœur, dont le ventricule vient de se vider : c'est le moment du remplissage du cœur.

L'ensemble des trois phénomènes qui se succèdent toujours dans le même ordre (systole auriculaire, systole ventriculaire, diastole générale) constitue une **révolution cardiaque** (ce qui correspond dans le langage courant à un **battement**). On en compte en moyenne 75 par minute, mais ce nombre peut augmenter (au cours des exercices musculaires et de la fièvre).

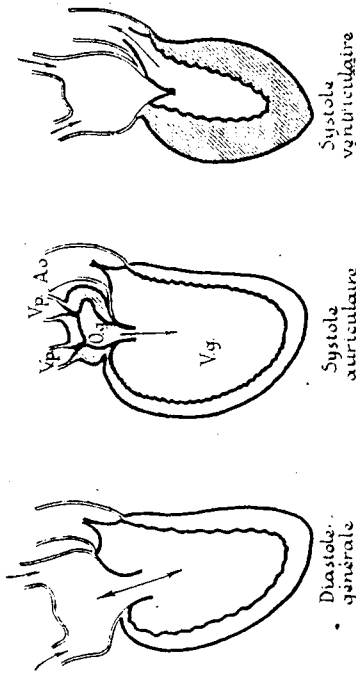


FIG. 135. — Les mouvements du cœur.

Le **rythme cardiaque** est réglé par le système nerveux : le bulbe le ralentit par l'intermédiaire du nerf pneumogastrique pendant le sommeil, le grand sympathique l'accélère par l'intermédiaire des nerfs cardiaques pendant les exercices musculaires, pour satisfaire aux besoins immédiats des muscles.

Ainsi, au cours d'une révolution cardiaque, le cœur se comporte comme une pompe aspirante et foulante : il aspire le sang contenu dans les veines aboutissant aux oreillettes, et le refoule dans les artères partant des ventricules.

Le cœur aspire et refoule à chaque révolution cardiaque, environ 70 cm<sup>3</sup> de sang, soit 7.360 litres en vingt-quatre heures.

§ 3. Signes extérieurs de la révolution cardiaque : choc et bruits du cœur.

Lorsqu'on place la main sous le sein gauche, au niveau de la pointe du cœur, on sent à chaque révolution un soulèvement accompagné d'un durcissement de la paroi thoracique, comme si cette paroi recevait un choc sur sa face interne : c'est le **choc du cœur**. Le changement de forme et le durcissement des ventricules pendant leur systole sont la cause du choc du cœur.

Lorsqu'on applique l'oreille sur la poitrine, dans la région cardiaque, on entend deux bruits à chaque battement du cœur :

— un premier bruit, grave et prolongé, coïncidant avec le début de la systole; il est dû à la fermeture des valvules auriculo-ventriculaires et au son produit par le ventricule en se contractant;

— un second bruit, bref, nettement frappé, plus aigu que le premier, coïncidant avec le début de la diastole générale; il est dû à la fermeture des valvules artérielles.

Ces bruits sont du plus haut intérêt pour le médecin : leur renforcement, leur affaiblissement, leur doublement, des bruits surajoutés, traduisent un mauvais fonctionnement du cœur. Ces anomalies peuvent être dues, soit à des insuffisances dans la fermeture des valvules artérielles ou auriculo-ventriculaires, soit à des rétrécissements des orifices auriculo-ventriculaires.

II. — LES VAISSEAUX SANGUINS.

Les artères.

§ 1. Description et distribution des artères.

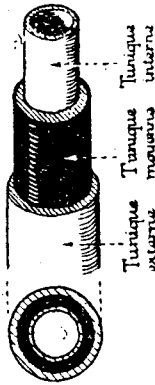


FIG. 136. — Structure d'une artère.

Les artères sont des vaisseaux qui amènent le sang du cœur aux organes : ce sont donc des **vaisseaux distributeurs**. En effet, la ligature d'une artère tarit l'apport de sang en aval de cette ligature.

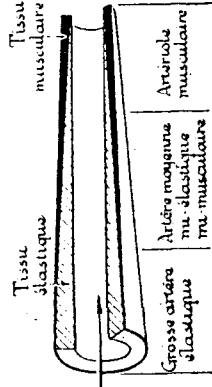


FIG. 137. — La tunique moyenne d'une artère.

Leur paroi est formée de fibres élastiques et de fibres musculaires lisses, mais la répartition de ces tissus se modifie au fur et à mesure qu'on s'éloigne du cœur. Les grosses artères sont surtout élastiques

(quand on les coupe, elles restent béantes; déformées, elles reprennent leur forme quand la cause de la déformation cesse d'agir). Dans les artères moyennes, les deux tissus sont également répartis; les artérioles sont surtout musculaires.

Les artères sont généralement profondes; par exception, l'artère *temporale*, l'artère *radiale*, sont superficielles.

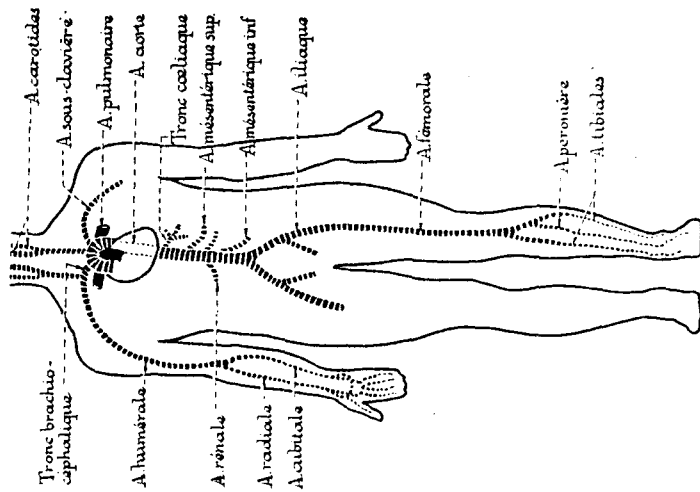


FIG. 138. — Système artériel.

La plupart distribuent du sang rouge vermeil, oxygéné, au niveau des poumons : c'est l'artère, avec toutes ses ramifications; le croquis ci-dessus donne une idée des ramifications de l'aorte; vous noterez l'importance des ramifications nées au niveau de la grosse artère.

Une seule artère distribue du sang noir, chargé de déchets : c'est l'artère pulmonaire, qui se rend aux poumons.

§ 2. La circulation artérielle.

Le sang circule dans les artères grâce à la force du cœur et à l'activité propre des artères.

1° Participation des artères. — Les artères ne sont pas des tubes passifs, mais des tubes qui, grâce à la constitution de leur paroi, participent de façon active à la distribution du sang. Envisageons, en effet, les conséquences résultant de leur élasticité et de leur musculature.

a) Conséquences de l'élasticité artérielle : uniformisation du débit sanguin, économie du travail du cœur. — La célèbre expérience de Marey démontre le rôle capital de l'élasticité artérielle.

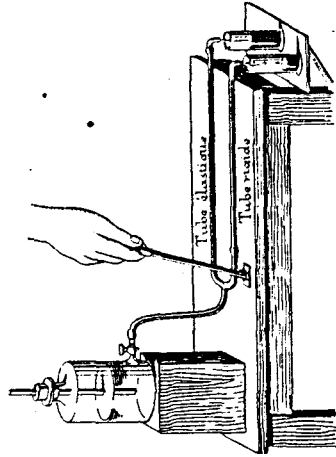


FIG. 139. — Expérience de Marey.

Un réservoir rempli d'eau (représentant le cœur) communique avec deux tubes de même calibre et de même longueur, l'un rigide (tube de verre), l'autre élastique (tube de caoutchouc). Grâce au jeu d'un robinet ou d'un levier, on fait arriver l'eau d'une façon discontinue dans les deux tubes; l'eau qui s'écoule est recueillie dans deux éprouvettes. On constate que :

- l'écoulement est discontinu dans le tube de verre et continu dans le tube de caoutchouc;
- la quantité d'eau qui s'écoule par le tube de verre est plus faible que celle qui s'écoule par le tube de caoutchouc.

Donc, grâce à l'élasticité artérielle, l'écoulement saccadé du cœur est transformé en écoulement continu.

In vivo, on peut se rendre compte de cette première conséquence en sectionnant une grosse artère, une artère moyenne, une artériole :

les jets sanguins saccadés de la grosse artère s'atténuent dans les moyennes et disparaissent dans les artérioles.

Par suite de cet écoulement régulier, les organes sont ravitaillés d'une façon continue.

En outre, grâce à l'élasticité artérielle, le débit est augmenté.

Si donc une artère perd son élasticité, le débit diminue à son extrémité, et pour que l'organe qu'elle dessert soit convenablement alimenté, elle devra augmenter le nombre et la force de ses battements : d'où fatigue du muscle cardiaque qui peut amener son hypertrophie.

b) *Conséquence de la musculature artérielle : variation de calibre des artérioles, d'où réglage de la distribution au niveau des organes.* — Les fibres musculaires lisses de la paroi peuvent se contracter; comme elles sont circulairement disposées, le calibre de l'artère se rétrécit, il arrive moins de sang dans l'organe; quand elles se décontractent, c'est l'inverse qui se produit. Ce sont les nerfs sympathiques qui, en agissant sur les muscles de la paroi, déclenchent les variations de calibre et, par suite, la vascularisation de l'organe.

2° *Dans les artères, le sang circule sous pression et à une certaine vitesse.* — Le sang est lancé dans l'aorte sous une pression de 13 centimètres de mercure; cette pression se transmet dans tous les sens et distend les artères fortement élastiques. Celles-ci résistent, mais exercent à leur tour sur le sang une pression égale. Plus la distension est forte, plus la pression exercée par la paroi est forte (comparez à la pression exercée par une jarretelle élastique sur la jambe et à la pression plus forte qu'elle exerce quand vous la faites glisser vers la cuisse).

Il est facile de se rendre compte de cette variation de pression : quand une grosse artère est coupée, le sang jaillit avec force par le trou qui reste béant, la pression diminue dans les artères moyennes et n'est plus que de 2 à 4 centimètres de mercure dans les capillaires.

Le médecin prend régulièrement la pression (ou tension artérielle) de ses malades et note cette pression. Elle s'exprime toujours par deux chiffres : le plus élevé mesure la tension dite maxima (au moment de la systole), et le moins élevé mesure la tension dite minima (au moment de la diastole).

Ainsi, au niveau de l'artère humérale, la maxima est en moyenne 13 et la minima 8.

La pression artérielle renseigne le médecin sur l'état du cœur ou de la paroi artérielle, tous deux responsables de cette pression; c'est ainsi que lorsqu'il y a défaillance cardiaque, les tensions ont tendance à se rapprocher.

Le sang circule dans les grosses artères à une vitesse de 40 à 50 centimètres par seconde. Comme la pression, cette vitesse diminue pro-

gressivement jusqu'aux capillaires, où elle n'atteint plus que 0,5 à 1 millimètre par seconde.

3° *Signes extérieurs de la circulation artérielle : le pouls artériel.* — Vous avez sans doute observé l'effet produit par une pierre qui tombe dans l'eau calme d'un bassin.

Il se forme à partir du point de chute une série d'ondes qui se propagent, formant des ronds concentriques, qui soulèvent les objets qui flottent, sans les entraîner.

Le cœur agit — au moment de la systole ventriculaire, c'est-à-dire quand il lance le sang dans les artères aorte et pulmonaire — comme la pierre. Il provoque, à ce moment, dans l'aorte et l'artère pulmonaire des ondes qui se propagent jusqu'aux extrémités des artères. Ces ondes soulèvent la paroi artérielle, et ce sont ces ondes de la paroi que le doigt, qui explore l'artère, perçoit comme un battement artériel.

C'est ce battement, contemporain du choc du cœur, qui constitue le pouls artériel.

Pour sentir le pouls, il faut opérer sur une artère superficielle reposant sur une surface osseuse (telle l'artère radiale, au niveau du poignet), la déformer en la comprimant légèrement avec les doigts (sauf le pouce).

#### Les capillaires.

Les artérioles se ramifient dans les organes en une infinité de vaisseaux extrêmement fins, élastiques et contractiles, donc actifs comme les artères, de 5 à 30  $\mu$  de diamètre, appelés *vaisseaux capillaires*. Leur paroi, formée d'une seule couche de cellules, est entourée d'une enveloppe discontinue contractile. Le sang y circule sous une faible pression (30 à 40 millimètres de mercure) et à faible vitesse (0,5 à 1 millimètre à la seconde).

Par leur nombre, les capillaires étalent le sang sur une énorme surface (7.300 m<sup>2</sup>).

Par la faible vitesse du sang qui les traverse (vitesse variable en raison de leur changement de calibre), par la minceur de leur paroi, nous concevons que le rôle fondamental des capillaires est d'assurer la nutrition des tissus.

C'est au niveau des capillaires que se font les échanges entre le sang et les organes.

À ce niveau, la lympho nourricière filtre et vient baigner les cellules. Le sang se charge des déchets; ailleurs pourtant (capillaires intestinaux), ils drainent les aliments assimilables provenant de la digestion; au niveau des poumons, le sang s'enrichit en oxygène et devient rouge vermeil.

### Les veines.

#### § 1. Description et distribution des veines.

Les capillaires conduisent en *veinules*, qui donnent les *veines*, conduits passifs; celles-ci ramènent le sang au cœur.

Leur paroi, pauvre en tissu élastique, est flasque; dans une veine coupée, les parois s'aplatissent.

Les veines des membres inférieurs portent des *valvules*, qui laissent passer le sang seulement en direction du cœur.

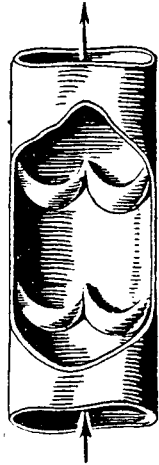


FIG. 140. — Les valvules des veines.

Les veines sont très souvent superficielles, on les aperçoit facilement sous la peau des membres; les plus importants sont profondes.

La plupart des veines ramènent le sang noir au cœur; ce sont :

- la *veine cave supérieure*, qui draine le sang de la tête, du cou et des membres supérieurs;
- la *veine cave inférieure*, qui draine le sang des membres inférieurs, de l'abdomen, du thorax;
- la *veine porte*, qui draine le sang de la rate, de l'intestin grêle et du gros intestin, l'amène au foie, d'où le sang passe ensuite par les *veines sus-hépatiques* dans la *veine cave inférieure*.

Seules, les *veines pulmonaires* ramènent du sang rouge vermeil au cœur.

#### § 2. La circulation veineuse.

La circulation dans les veines se fait sous faible pression (le sang ne jaillit pas d'une veine coupée) et qui reste toujours inférieure à celle de l'artère correspondante.

Dans les membres inférieurs où la circulation veineuse doit lutter contre la pesanteur, le sang a tendance à s'accumuler, donc à dilater les veines; les dilatations irrégulières qui font saillie sous la peau sont appelées *varices*.

La circulation veineuse se fait grâce à la contraction cardiaque. Le sang coule dans les veines parce qu'il est continuellement poussé par celui qui arrive des capillaires. L'aspiration du cœur, au moment de la diastole, la favorise aussi.

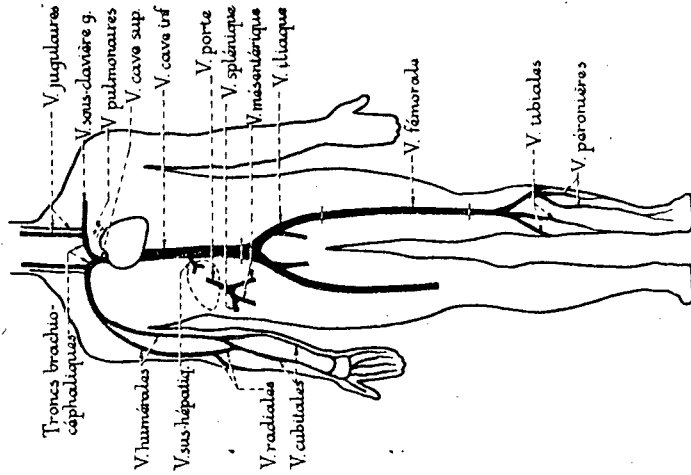


FIG. 141. — Système veineux.

### III. — CONCLUSION A LA CIRCULATION SANGUINE

Le croquis ci-après résume les connaissances acquises au cours de cette leçon. Il nous montre que le sang de l'organisme passe deux fois par le cœur : c'est ce que l'on traduit en disant que la *circulation est double*.

On distingue une *grande circulation* et une *petite circulation*. Chaque d'elles possède un moteur (cœur gauche ou cœur droit), un arbre artériel, un arbre veineux, reliés par un système de capillaires.



§ 1. La grande circulation.

Dans la **grande circulation**, ou **circulation générale**, ou **aortique**, le sang rouge oxygéné, propulsé par le ventricule gauche, est distribué

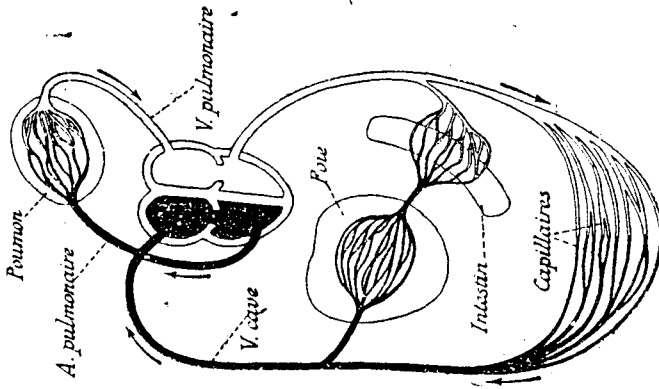


Fig. 142.  
La grande et la petite circulation.

à tous les organes par l'aorte et ses ramifications. Après avoir traversé les capillaires généraux, il revient à l'oreillette droite sous forme de sang noir par les veines.

§ 2. La petite circulation.

Dans la **petite circulation** ou **circulation pulmonaire**, le sang noir, chargé de déchets, est propulsé par le ventricule droit, distribué aux poumons, et après avoir traversé les capillaires pulmonaires, au niveau desquels il s'est chargé d'oxygène, revient à l'oreillette gauche.

L'APPAREIL LYMPHATIQUE

La lymphe, venue du sang et baignant les cellules, retourne au sang par l'appareil lymphatique branché sur l'appareil circulatoire sanguin. Cet appareil comporte :

- 1° des **capillaires lymphatiques**, plus gros que les capillaires sanguins et fermés à une extrémité : les **vaisseaux chylifères**;
- 2° des **vaisseaux lymphatiques** provenant de la réunion des capillaires lymphatiques.

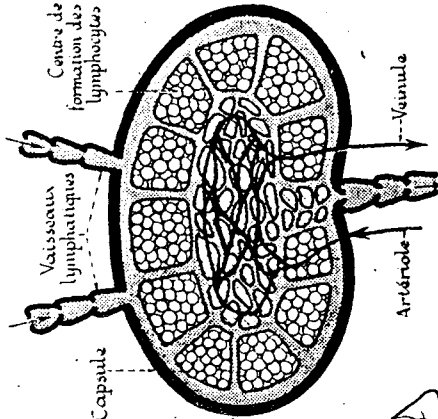


Fig. 143.

Structure d'un ganglion lymphatique.

Ce sont des vaisseaux fins, pas-sifs comme les veines, d'aspect noueux, munis de valvules à l'intérieur comme les veines des membres inférieurs; ils portent, sur leur trajet, des renflements appelés **gan-glions lymphatiques**, qui sont le siège de la formation des lymphocytes caractérisant la lymphe circu-lante, et que nous retrouvons dans le sang; ces ganglions sont nombreux au cou, à l'aisselle, au pli de l'aîne; ils deviennent douloureux, roulent sous le doigt comme des billes, lors de certaines maladies infectieuses;

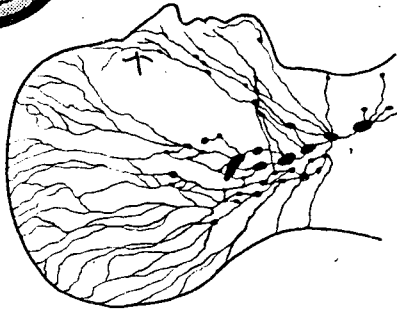


Fig. 144.

Les ganglions lymphatiques du cou.

3° des **trons collecteurs** :

- a) le **canal thoracique**, qui draine la lymphe des membres inférieurs, de l'abdomen, de la moitié gauche de la tête, du cou et du thorax et se jette dans la veine sous-clavière gauche;

b) la **grande veine lymphatique**, qui draine la lymphe du reste du corps et se jette dans la veine sous-clavière droite. Ainsi, la lymphe retourne au sang par l'intermédiaire des veines.

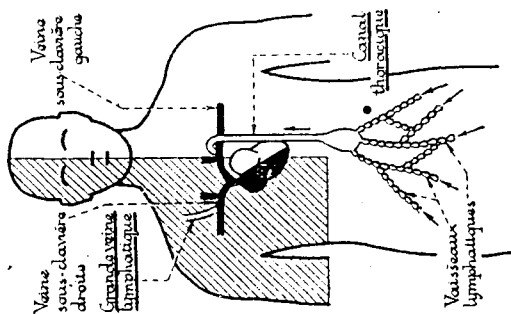


FIG. 135. — L'appareil lymphatique.

### CONCLUSION A L'APPAREIL CIRCULATOIRE

Tandis que la **circulation sanguine assure une distribution rapide, régulière, précise**, adéquate aux besoins immédiats des organes, grâce à l'action du système nerveux, la **circulation lymphatique est extrêmement lente**.

Les deux circulations sont comparables à la progression vive d'une rivière (sang) au milieu d'un marais plus ou moins stagnant (lymphe).

### RÉSUMÉ

#### LE SANG ET LA LYMPHE

Le sang est formé d'un liquide appelé plasma tenant en suspension des globules rouges et des globules blancs.

— Le plasma est un liquide jaunâtre de constitution complexe, ayant des constituants propres, en proportion extrêmement stable, condition indispensable à la vie des cellules; parmi ces constituants, citons le glucose (1 g par litre).

— Les globules rouges ou hématies, sont discoïdes, annelés, biconcaves; on en compte 5 millions par millimètre cube; ils doivent leur couleur et leurs propriétés à l'hémoglobine qui les imprègne.

— Grâce à l'hémoglobine, les globules rouges sont des transporteurs d'oxygène des poumons aux tissus.

Hémoglobine + Oxygène → Oxyhémoglobine.

L'hémoglobine transporte une partie du gaz carbonique des tissus vers les poumons, où il se dégage. L'hémoglobine se combine très facilement à l'oxyde de carbone et se transforme en hémoglobine oxycarbone qui supprime la fonction respiratoire des globules rouges.

— Les globules blancs, ou leucocytes, possèdent un noyau; on en compte 7.000 par millimètre cube. On distingue: des lymphocytes, des monocytes, des polynucléaires ou granulocytes. Ce sont des cellules mobiles capables de traverser les capillaires et de phagocyter les cellules mortes, les microbes.

— A sa sortie de l'organisme, le sang se prend en masse puis se sépare en deux parties: le caillot (fibrine + globules), le sérum (plasma moins fibrinogène); c'est là un phénomène de défense de l'organisme appelée coagulation.

— En cas d'hémorragies graves, la transfusion du sang s'impose: le choix du donneur de sang revêt alors une grande importance.

La lymphe ou sang blanc est formée de plasma sanguin auquel viennent s'ajouter des lymphocytes fabriqués par les ganglions lymphatiques.

### L'APPAREIL CIRCULATOIRE

L'appareil circulatoire sanguin comprend:

— le cœur; muscle creux, sorte de pompe aspirant le sang qui a circulé dans toutes les parties du corps, par les veines caves et les veines pulmonaires, et refoulant le sang dans les différentes parties du corps par les artères aorte et pulmonaire;

— les artères, conduits distributeurs à paroi élastique et musculaire, dans lesquels le sang circule sous pression;

— les capillaires, à paroi réduite à une couche de cellules, dont le rôle fondamental est d'assurer la nutrition des tissus;

— les veines, conduits passifs qui ramènent le sang au cœur.

La circulation du sang offre à considérer deux circuits: la grande circulation, ou circulation générale ou aortique, et la petite circulation, ou circulation pulmonaire, au cours de laquelle le sang noir, chargé de déchets, se purifie et s'enrichit en oxygène au niveau des poumons.

L'appareil lymphatique, branché en dérivation sur l'appareil circulatoire sanguin, comprend:

— des capillaires lymphatiques;

— des vaisseaux lymphatiques avec ganglions lymphatiques;

— des tissus lymphatiques qui déversent la lymphe dans l'appareil circulatoire sanguin.

La circulation sanguine est rapide, la circulation lymphatique extrêmement lente.

**DOCUMENT 11**

patte postérieure de l'animal, on peut voir au microscope, la circulation capillaire dans la membrane interdigitale. On peut voir aussi circuler le sang dans les capillaires de la queue d'un petit Poisson, examiné vivant sous le microscope, dans un verre de montre, à un faible grossissement.

5. Sur soi-même, ou sur un camarade, observation du pouls, du choc du cœur et des bruits du cœur. Rythme cardiaque.

naire, nourricière du cœur. Elle guidera les incisions à pratiquer. Observation des valvules auriculo-ventriculaires : mode d'attache, fonctionnement. Valvules sigmoïdes des artères, leur rôle. Comparer les épaisseurs des diverses cavités du cœur.

4. On peut voir battre le cœur mis à nu, d'une Grenouille anesthésiée. Observer les contractions des diverses parties, le repos du cœur.

En étalant sur un liège ajouré une

## II. — LEÇON

Vous vous êtes coupé : par la blessure le sang coule, puis durcit sur la plaie, formant croûte. Vous êtes tombé : votre peau présente une large éraflure. Elle se recouvre bientôt d'un liquide clair, la *lymphe*, qui devient, elle aussi, une croûte jaunâtre.

Ainsi, sang et lymphe sont présents en toutes régions du corps. C'est qu'ils assurent les échanges nutritifs entre nos cellules et le milieu extérieur. Dans cette leçon, nous allons étudier comment ils remplissent cette importante fonction.

### I. — Composition du sang et de la lymphe.

Avant d'aborder l'étude de ces liquides nourriciers, comprenons bien comment ils entrent en contact avec les cellules des organes.

1. Les cellules sont baignées par la lymphe. Dans les organes, le sang circule dans de très fins vaisseaux, appelés *vaisseaux capillaires*. Il n'est donc jamais en contact direct avec les cellules. C'est la *lymphe* qui baigne ces dernières. Sortie du sang, à travers les parois des capillaires, la lymphe est ensuite drainée par les *vaisseaux lymphatiques*, qui la ramènent dans le sang (fig. 1). C'est donc dans la lymphe que les cellules puisent leur nourriture, qu'elles déversent leurs déchets et leurs sécrétions. Mais, puisque la lymphe vient du sang et qu'elle y retourne, c'est en *définitive le sang qui ravitaile les tissus et les débarrasse des produits de déchet*.

1. Pour informations plus détaillées sur ces divers travaux pratiques : consulter « Exercices pratiques coordonnés de Sciences naturelles », t. II, par CHADREAU et RÉONIER, Delagrave édit.  
2. Emprisonner, sous un verre, la Grenouille avec un tampon imbibé d'éther (fig. 19, p. 174).



Une prise de tension artérielle. Le sujet porte un brassard creux, en caoutchouc, qui communique avec l'appareil de mesure. On y comprime de l'air jusqu'à disparition du pouls au poignet. On décomprime ensuite progressivement, en suivant les oscillations d'une aiguille de la boîte métallique. Ces oscillations indiquent à l'opérateur le moment où la pression doit être lue au manomètre.

## 6<sup>e</sup> LEÇON

# LE SANG ET LA LYMPHE, LIQUIDES NOURRICIERS DE L'ORGANISME

### I. — OBSERVATIONS

1. Observation du sang de Cheval. Recueillir le sang dans deux flacons, dont l'un renferme une pincée d'acide oxalique, pour éviter la coagulation. Voir la sédimentation des globules, c'est-à-dire leur séparation du plasma par dépôt, sous l'action de la pesanteur. Dans le vase sans acide oxalique, aspect du sang *coagulé* : *caillot* et *sérum*. Noter l'aspect du caillot après rétraction, et la couche superficielle blanchâtre riche en globules blancs (couenne du caillot).
2. Observation microscopique de sang. Prélever sur une lame de verre, par une piqûre au doigt faite aseptiquement (aiguille flambée, peau nettoyée à l'alcool), une goutte de sang. Étaler à l'aide d'une lamelle. Observer, à sec, les globules rouges. Pour observer les globules blancs, colorer la préparation par une goutte de bleu de méthylène.
3. Observation d'un cœur de Mouton : face ventrale, face dorsale, reconnaître les principales parties, les gros vaisseaux. Chercher l'artère coron...

1. On peut se procurer du sang de Cheval aux abattoirs.

2. Le sang est formé de plasma et de globules. Rouge, poisseux, d'une odeur fade caractéristique, il représente le 1/13<sup>e</sup> du poids du corps, soit 5 litres environ pour un Homme de 65 kilogrammes. Il est fait d'un liquide, le plasma, tenant en suspension des globules.

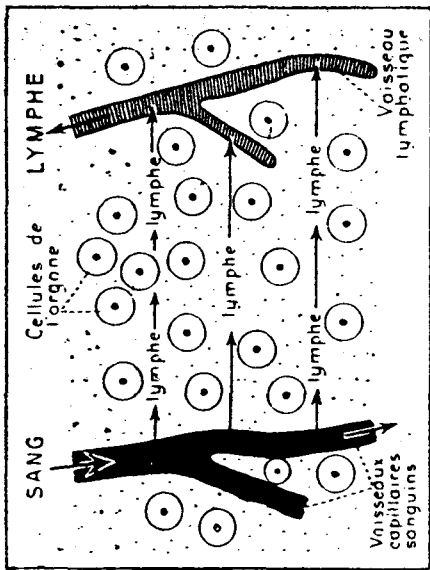


Fig. 1. — Rapports entre les cellules, le sang et le lymph dans l'organisme. Les flèches indiquent le trajet de la lymph qui baigne les cellules, entre les capillaires sanguins et les capillaires lymphatiques.

- a) des albuminoïdes<sup>1</sup> : le plasma en contient environ 90 grammes par litre.
- b) des sels minéraux; le plus abondant est le sel ordinaire, NaCl : 5 à 6 grammes par litre.
- c) du glucose : environ 1 gramme par litre. C'est un sucre, et il est destiné à la nutrition des organes.
- d) du gaz carbonique en dissolution. C'est un des déchets de la nutrition des organes.
- e) de l'urée,  $\text{CON}^2\text{H}^4$  : environ 1 décigramme par litre. C'est également un déchet de la nutrition.

B) Il y a des globules rouges et des globules blancs. — Tous sont microscopiques. Ce sont des cellules, en suspension dans le plasma. Les globules rouges (ou hématies<sup>2</sup>) sont de petits disques biconcaves de 7 millièmes de millimètre de diamètre (fig. 2). Leur nombre est prodigieux : plus de 5 millions par millimètre cube de sang. Ce sont des cellules sans noyau. Ils doivent leur couleur à un pigment rouge,

1. Matières organiques azotées, analogues au blanc d'œuf.  
2. Du grec, *haima* = sang. Ils donnent au sang sa couleur rouge.

l'hémoglobine. Ce pigment est un composé organique ferrugineux : il contient du fer.

Les globules blancs (ou leucocytes)<sup>1</sup> sont bien moins nombreux : 1 pour 650 globules rouges environ. Il en existe plusieurs catégories (fig. 2). Tous sont des cellules incolores, ayant l'aspect d'Amibes<sup>2</sup> : comme ces derniers, ils rampent en se déformant, par production de prolonge-

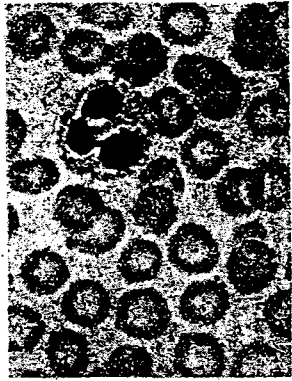


Photo de M. Jeanbel.

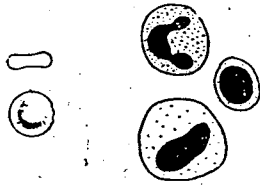


Fig. 2. — Les globules du sang, ou cellules sanguines. A gauche, en haut : schéma d'un globule rouge, vu de face et de profil. En dessous : globules blancs; remarquez qu'il y en a 9 sortes : les uns à noyau simple (mononucléaires, grands et petits), les autres à noyau en chapelet (polynucléaires).

A droite, photographie d'un frottis de sang (x 1000). Vous y voyez un seul globule blanc (polynucléaire), et de nombreux globules rouges. Ceux-ci n'ont pas de noyau, mais leur centre, moins épais que les bords, paraît plus clair.

ments appelés pseudopodes. Ils se déplacent ainsi sur la paroi des vaisseaux sanguins. Ils peuvent même traverser cette paroi, en la perforant, et émigrer de la sorte dans les tissus avoisinants (fig. 3). Contrairement aux globules rouges, ils ont toujours un noyau.

Les globules blancs peuvent englober entre leurs pseudopodes, et ensuite détruire en les digérant, les cellules mortes de l'organisme. C'est le phénomène de la phagocytose (fig. 3 et planche VI). Ils peuvent pareillement englober, phagocyter, les microbes qui s'attaquent à nos organes. Mais alors, ils ne parviennent pas toujours à les digérer. Il peut même arriver qu'au contraire ils soient tués, empoisonnés, par les microbes englobés. Néanmoins, en phagocytant les microbes, ils contribuent grandement à nous défendre contre ceux-ci. Nous y reviendrons plus tard.

Les globules ont une vie limitée. Ainsi, les globules rouges circulent deux ou trois semaines, puis sont détruits, les uns dans le sang, dévorés par les globules

1. Du grec, *leukos* = blanc et *kudos* = cellule.  
2. Amibes : Protozoaires sans cils ni fouets, qui rampent en se déformant. Vous avez étudié ces Animaux l'an passé.

blancs, les autres dans la rate et le foie. Ils sont remplacés au fur et à mesure par d'autres, formés dans la moelle rouge des os.  
Les globules blancs, eux, se forment les uns dans la moelle rouge des os, et les

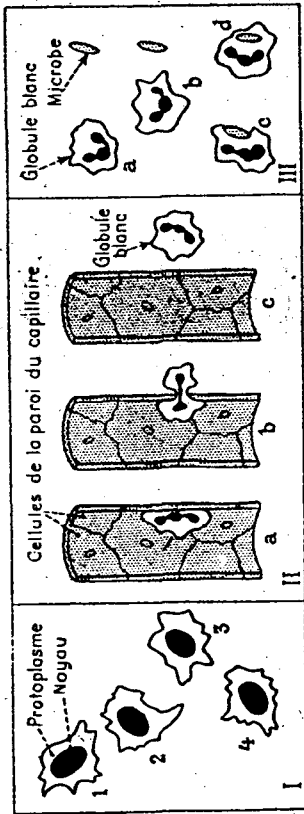


Fig. 3. — Les propriétés des globules blancs.  
I. Ils peuvent ramper, en déformant leur protoplasme, comme les Amibes.  
II. Ils peuvent traverser par effraction les vaisseaux capillaires.  
III. Ils peuvent capturer des particules étrangères ou des microbes (phagocytes).

autres dans les ganglions lymphatiques (voir p. 85). Tous sont destinés à sortir du sang, et à finir leur existence dans les tissus des organes. Ils ne sont que de passage dans le sang.

3. **Extrait des vaisseaux, le sang coagule.**

En quelques minutes, il se prend en une sorte de gelée, le caillot. Celui-ci est comme une éponge imbibée de liquide. Au bout d'une demi-heure, il se rétracte, et il en sort un liquide légèrement jaunâtre, le sérum (fig. 4).

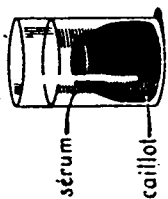
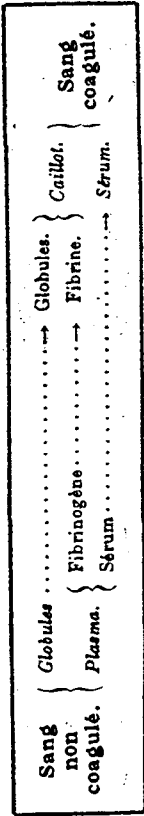


Fig. 4. — Sang coagulé.

Le sérum est ce qui reste du plasma, après que le fibrinogène s'en est ainsi séparé.

On a donc le schéma suivant :



La coagulation du sang joue un rôle important dans l'arrêt des hémorragies : la formation d'un caillot sanguin sur la plaie arrête l'écoulement du sang. Ensuite, sous le caillot, la plaie peu à peu se cicatrise.

4. **La lymphe est du sang privé de globules rouges.**  
Elle est formée de plasma, sorti des capillaires par filtration, et de globules blancs, sortis par effraction. L'absence de globules rouges explique sa couleur jaunée clair.

La lymphe possède donc toutes les propriétés du plasma sanguin et, entre autres, elle peut coaguler. Cependant elle renferme bien moins de matières albuminoïdes que le plasma sanguin. Elle est beaucoup plus pauvre en fibrinogène.

II. — **La circulation du sang et de la lymphe.**

1. **La circulation du sang est double : il circule alternativement dans les poumons (petite circulation) et dans les autres organes (grande circulation).**

Dans les poumons et dans les autres organes, vous avez déjà vu que le sang circule dans des vaisseaux capillaires, extrêmement fins, mais extrêmement nombreux. Vous savez aussi, sans doute, qu'il est mis en mouvement par les battements du cœur. Il va du cœur aux capillaires des poumons et des organes par les vaisseaux appelés artères, il retourne ensuite au cœur par d'autres vaisseaux, les veines.

La figure 5, schématisé sa double circulation. Vous y remarquerez d'abord que le cœur est formé

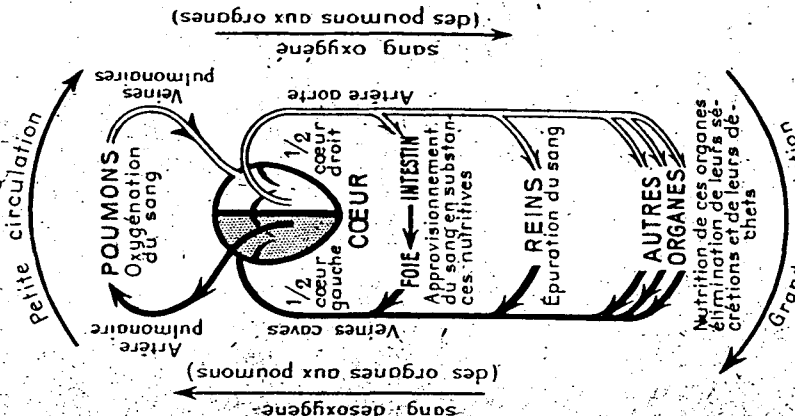


Fig. 5. — Schéma de la circulation du sang dans l'organisme.

de deux parties bien distinctes, sans communication directe entre elles, le *demi-cœur droit* et le *demi-cœur gauche*.

Le sang quitte le demi-cœur gauche par une grosse artère, l'*aorte*, qui le distribue aux divers organes autres que les poumons. Il en revient par des veines, dont la réunion forme les *deux veines caves*, qui le ramènent au demi-cœur droit. Ce trajet est la *grande circulation*.

Vous remarquerez que, dans la grande circulation, trois trajets possibles s'offrent au sang :

1<sup>o</sup> un *trajet passant par l'intestin et le foie*. Dans ces organes le sang s'enrichit en matériaux nutritifs, provenant de la digestion des aliments et des réserves accumulées dans le foie ;

2<sup>o</sup> un *trajet passant par les reins*. Le sang s'y débarrasse de substances de déchet, telles que l'urée, qui peu à peu empoisonneraient l'organisme si elles n'étaient éliminées ;

3<sup>o</sup> un *trajet passant par les autres organes*, sauf les poumons, et notamment par les *muscles*. Le sang apporte à ces organes leurs aliments, et se charge de leurs produits d'excrétion, et des déchets de leur nutrition.

Du demi-cœur droit, le sang gagne ensuite les *poumons* par l'*artère pulmonaire*. Puis, les *veines pulmonaires* le ramènent au demi-cœur gauche, point de départ de la grande circulation. Ce trajet pulmonaire est la *petite circulation*.

Ce double circuit qui ramène le sang à son point de départ est rapide : il ne dure pas une minute.

## 2. Le cœur est l'organe propulseur du sang.

A) **Description du cœur.** — C'est un organe musculeux, gros comme le poing. Il pèse environ 300 grammes. Il est logé dans le thorax, entre les deux poumons, et maintenu en place par les gros vaisseaux qui en partent (fig. 6 et 7). Une double membrane, le *péricarde*, le coiffe comme un bonnet de coton (fig. 9). Sa pointe, inclinée vers la gauche, appuie sur la paroi interne de la cage thoracique, entre la 5<sup>e</sup> et la 6<sup>e</sup> côtes.

Une coupe verticale pratiquée dans le cœur (fig. 8, A) montre qu'il est creusé de *quatre cavités*. Une cloison charnue sépare *complètement* celles de droite de celles de gauche : les deux demi-cœurs n'ont entre eux aucune communication.

De chaque côté, la cavité supérieure est l'*oreillette*. L'inférieure est le *ventricule*. Un *orifice* fait communiquer l'oreillette avec le ventricule. Cet orifice est garni de *valvules membraneuses*, qui permettent au sang de passer de l'oreillette dans le ventricule, mais s'opposent, en s'accolant, au passage en sens inverse.

1. Deux à gauche, trois à droite.

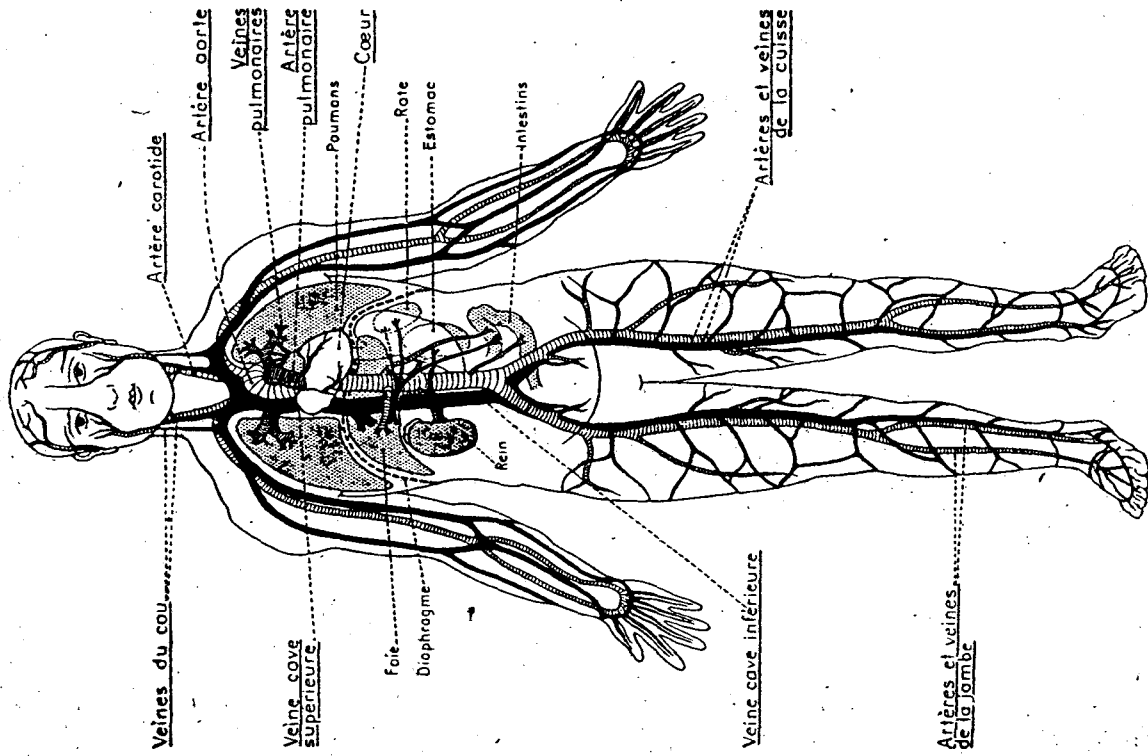


Fig. 6. — Schéma de l'appareil circulatoire de l'Homme. Les artères sont en noir, les veines en blanc.

De chaque ventricule part une grosse artère, ayant 2 centimètres de diamètre à sa base. Du ventricule gauche, l'artère qui part ainsi est l'aorte, chargée de distribuer le sang aux divers organes, sauf les poumons; ses ramifications pénètrent dans les organes, et y conduisent le sang. Du ventricule droit, c'est l'artère pulmonaire, qui mène le sang aux poumons. L'entrée de ces deux artères est garnie de *valvules*, qui permettent

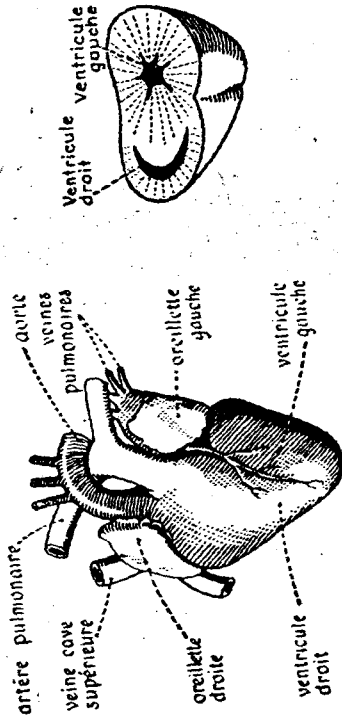


Fig. 7. — Le cœur.

A gauche, le cœur vu par sa face ventrale.  
A droite, coupe un peu au-dessus de la pointe du cœur. Notez combien les parois du ventricule gauche sont plus épaissies que celles du ventricule droit.

au sang de passer du cœur dans les artères, mais l'empêchent de refluer en sens inverse (fig. 8, B et C).

A chaque oreillette aboutissent des veines. A l'oreillette droite arrivent les deux veines caves (l'inférieure et la supérieure), par lesquelles le sang revient des organes autres que les poumons. Dans l'oreillette gauche débouchent les quatre veines pulmonaires, qui ramènent au cœur le sang des poumons.

B) Les contractions du cœur sont rythmées. — Vous vous en apercevrez en regardant battre le cœur d'une Grenouille: les oreillettes se contractent, puis le ventricule, puis le cœur semble se reposer un court instant et les mêmes phénomènes se reproduisent, toujours dans le même ordre.

Ces contractions rythmiques s'accompagnent d'un choc du cœur contre la cage thoracique: vous le percevrez en mettant votre main sur votre poitrine, au-dessous du sein gauche. Elles s'accompagnent aussi de bruits, qu'on entend en collant l'oreille au même endroit, pour ausculter le cœur (voyez les exercices pratiques).

Dans le détail, les choses se passent ainsi:  
a) Les oreillettes se remplissent de sang, amené par les veines, puis se contractent ensemble, chassant le sang dans les ventricules.

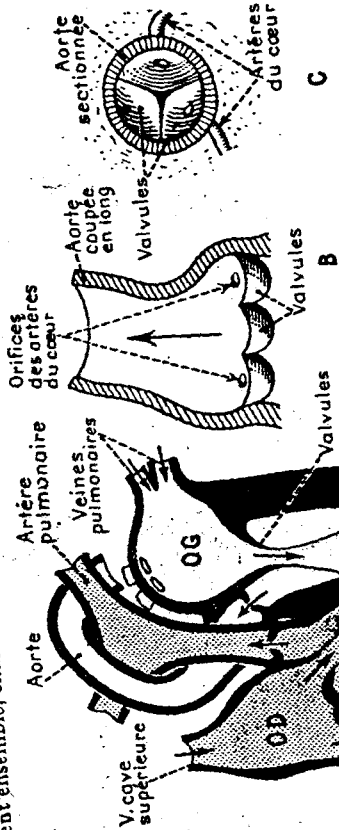


Fig. 8. — Organisation interne du cœur.  
A, Coupe en long, schématique. Les flèches indiquent le sens de circulation du sang (OD, oreillette droite; VD, ventricule droit; OG, oreillette gauche; VG, ventricule gauche). Elles ont été coupées en long. Elles empêchent le sang, qui circule dans le sens de la flèche, de refluer vers le cœur. Remarquez que c'est au niveau de deux d'entre elles que prennent naissance les artères nourricières du cœur.  
B, les 3 valvules, à l'orifice de l'artère aorte (pour les voir, on a coupé l'artère en long). Elles empêchent le sang, qui circule dans le sens de la flèche, de refluer vers le cœur. Remarquez que c'est au niveau de deux d'entre elles que prennent naissance les artères nourricières du cœur.  
C, les mêmes valvules, vues par en-dessus, et en place dans l'aorte coupée en travers.

b) Aussitôt, les ventricules se contractent à leur tour, également ensemble, chassant le sang dans les artères.  
c) Après quoi, le cœur se repose, pendant un temps égal à celui de son travail. La succession des trois phénomènes précédents constitue une révolution cardiaque. On en compte, en moyenne, 75 par minute.

Les ventricules, ayant à vaincre une plus grande pression (la pression artérielle) pour expulser leur contenu, sont plus puissants que les oreillettes. Leurs parois, surtout celle du ventricule gauche, sont plus épaissies. A chaque contraction, ce dernier chasse dans l'aorte 180 centimètres cubes de sang.

3. Les artères sont les vaisseaux par lesquels le sang, venant du cœur, gagne les organes.



Vous savez déjà que les deux *poumons* sont desservis par les deux branches de l'*artère pulmonaire*, venant du ventricule droit, et les autres organes, par les rameaux de l'*artère aorte*, venant du ventricule gauche (voyez la fig. 6). Remarquez que le cœur lui-même, comme tous les muscles, est nourri par deux petites artères branchées sur l'aorte.

A) **Les artères sont élastiques.** — C'est ce qui leur permet de régulariser le débit du sang. Les contractions du cœur étant rythmées, le sang est chassé par saccades dans les artères. Grâce à leur élasticité, elles transforment ce débit saccadé en un écoulement *régulier* et *continu*. Néanmoins, à chaque contraction du cœur, la pression du sang augmente dans toutes les artères, même les plus fines. C'est l'origine du *pouls*, que vous percevrez en plaçant vos doigts sur votre poignet, à la base du pouce (fig. 10). Vous sentirez ainsi battre l'artère radiale, au même rythme que le cœur. Chaque battement est une *pulsation*, due à une *augmentation* de la pression dans l'artère, quand le cœur vient de se contracter.

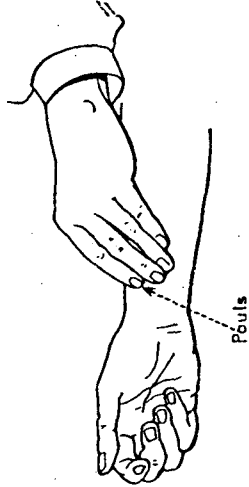


Fig. 10. — Comment on prend le pouls.

B) **Dans les artères, le sang circule sous pression.** — La *pression artérielle* résulte de la contraction des ventricules. Elle dépend donc de la puissance du cœur, et aussi de l'élasticité des vaisseaux. C'est pourquoi les médecins pratiquent sa mesure, qui les renseigne sur l'état de l'appareil circulatoire des malades (voyez la frise, en tête de la leçon).

A cause de cette pression du sang dans les artères, leurs blessures sont très dangereuses. Une artère est-elle percée : sous l'action de la pression, le trou s'élargit, et le sang jaillit (fig. 11).



Fig. 11. — Blessure d'artère. Le sang sort vermeil et en jet saccadé.

C) **Le calibre des petites artères peut se modifier.** — C'est que leur paroi contient des fibres musculaires. Des nerfs spéciaux agissent sur

ces fibres, dont la contraction modifie le calibre du vaisseau. Ces phénomènes régissent l'afflux du sang dans chaque organe : plus les artères desservant l'organe sont rétrécies, moins il reçoit de sang.

4. **Les artères les plus fines aboutissent, dans les organes, à des réseaux extrêmement serrés de très fins vaisseaux capillaires.**

Les artères qui pénètrent dans chaque organe se ramifient en de nombreuses *artérioles*, qui se ramifient à leur tour en *vaisseaux capillaires* (examinez la planche V). La paroi de ces vaisseaux est extrêmement mince. Elle est formée d'une seule couche de cellules aplaties. Le plasma et les globules blancs peuvent la traverser. Certains capillaires sont si fins que les globules rouges ont peine à y passer (fig. 12).

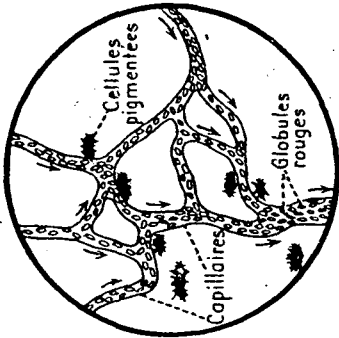


Fig. 12. — Observation microscopique de la circulation capillaire, dans une patte de Grenouille. Les flèches indiquent le sens de déplacement des globules rouges, facile à suivre sur la préparation.

C'est à travers la paroi des capillaires que les éléments de la lymphe sortent du sang, pour aller baigner et nourrir les cellules des organes. Revoyez à ce sujet les figures 1 et 3. Il en résulte que *les capillaires jouent un rôle de premier ordre dans l'organisme : c'est à leur niveau que le sang nourrit les organes.*

D'autre part, dans un organe donné, les capillaires ne sont généralement pas tous à la fois en service. Certains sont pleins de sang, mais d'autres par contre sont contractés, à tel point que le sang n'y peut pas circuler. Plus il y a de capillaires en service, et plus l'organe contient de sang. Ainsi, lorsque votre peau rougit au soleil, c'est parce qu'un plus grand nombre de ses capillaires se remplissent de sang.

5. **Les veines ramènent le sang au cœur.** Vous savez déjà que le sang, des poumons retourne à l'oreillette gauche du cœur par les *4 veines pulmonaires*. Celui des autres organes

1. Du latin, *capillus* = cheveu. Ils sont plus fins que des cheveux.

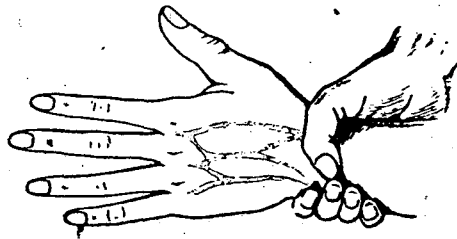


Fig. 13. — Les veines de la main. On les rend saillantes en serrant le poignet, parce qu'alors on gêne la circulation de retour. C'est la preuve que dans les veines de la main le sang circule de l'extrémité des doigts vers le cœur.

retourne à l'oreillette gauche par les deux *veines caves*. La *veine cave supérieure* amène le sang de la tête, des épaules et des bras; la *veine cave inférieure* amène celui du reste du tronc, et des jambes (voyez la fig. 6).



Fig. 14. — Biversion de veine. Le sang noir s'écoule de la blessure calmement, sans jaillir.

Situées plus superficiellement que les artères, les veines sont visibles sous la peau, en bien des endroits, notamment sur les mains.

On les rend encore plus visibles en y gênant la circulation du sang par compression (fig. 13).

Contrairement aux artères, les veines ne sont pas élastiques; elles sont flasques. Et le sang n'y est pas sous pression; si on coupe ou perce une veine, le sang s'écoule tranquillement, au lieu de jaillir. Par suite, les blessures des veines sont moins graves que celles des artères (fig. 14).

Dans les veines des jambes et de la partie inférieure du tronc, des *valvules* permettent la remontée du sang vers le cœur, et s'opposent à sa redescente vers les pieds, sous l'action de la pesanteur (fig. 15). Malgré cela, la circulation du sang dans les veines des jambes est un peu pénible. Le sang a donc tendance à s'y accumuler et à les dilater. Pour peu que ces veines aient une paroi trop faible, il se forme ainsi sur leur parcours des dilatations irrégulières, qui font saillie sous la peau. Ce sont les *varices*.

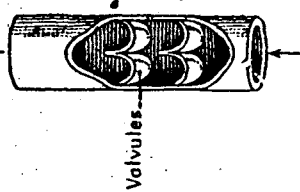


Fig. 15. — Tronçon d'une veine des jambes.

On l'a découpé pour montrer les valvules qui facilitent la montée du sang vers le cœur.

6. Après avoir baigné librement les cellules, la lymphé circule dans des vaisseaux qui la déversent dans le sang.

Vous savez déjà comment la lymphé, qui baigne les cellules des tissus, dérive du sang, au niveau des capillaires sanguins (revoquez la fig. 1). Après avoir nourri les cellules, elle pénètre dans des *capillaires lymphatiques*, dont la réunion forme des *vaisseaux lymphatiques*. Ceux-ci se réunissent à leur tour, et finissent par aboutir aux rameaux de la veine cave supérieure. Ainsi, issue du sang, la lymphé fait retour au sang.

Comme les veines des jambes, les vaisseaux lymphatiques renferment des *valvules*, qui leur donnent un aspect noueux. Mais ils sont toujours plus fins que les veines. Sur leur trajet s'observent les *ganglions lymphatiques*.

tiques, qui sont le siège de la formation de certains globules blancs (fig. 16 et 17). Ils sont particulièrement abondants dans le cou, sous les aisselles et aux plis de l'aîne. Dans certaines maladies infectieuses,

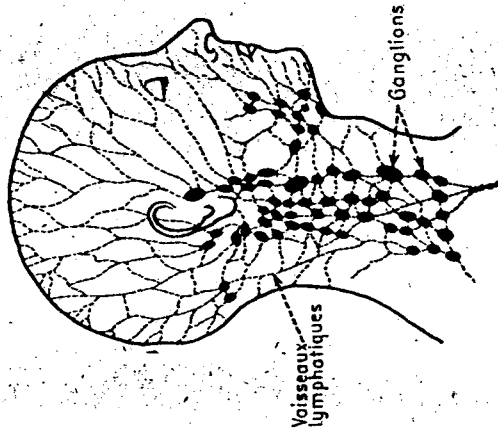


Fig. 16. — Appareil lymphatique de la tête.

Remarquez l'abondance des ganglions au niveau du cou.

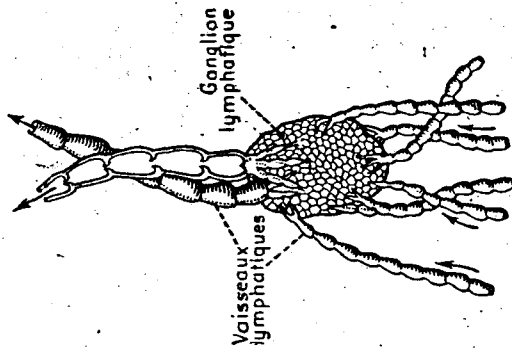
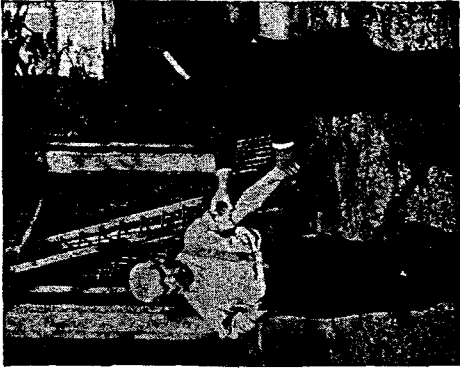


Fig. 17.

L'un de ces ganglions lymphatiques, grossi. Les vaisseaux lymphatiques semblent noueux parce qu'ils sont garnis intérieurement de valvules.

leur inflammation les rend durs et douloureux. Les prétendues « glandes du cou » sont de tels ganglions enflammés.

**DOCUMENT 12**



Arrêt des hémorragies du bras. A gauche, compression de l'artère sous-clavière dans la région du cou; à droite, garrot sur le bras.

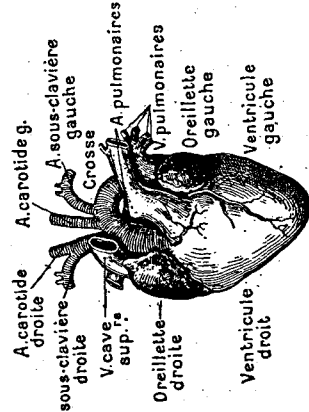
## LA CIRCULATION

### I. — L'appareil circulatoire.

**LES ARTÈRES. Le réseau artériel.** Le réseau artériel comprend l'aorte, qui sort du cœur, et les ramifications qu'elle envoie dans chaque organe. — Le sang circule dans des tubes, les *vaisseaux sanguins*, qui sont des *artères*, qui l'emmènent du cœur, et des *veines*, qui l'y ramènent.

Du cœur sort l'*aorte*, artère qui se dirige vers la tête, mais bientôt

se recourbe en *crosse* et descend le long de la colonne vertébrale. Dès son origine, il s'en détache des *artères nourricières du cœur et des poumons*; de la *crosse* partent les *artères carotides et sous-clavières* (de la tête et des bras). De là partie descendante, se détachent successivement, au-dessus du diaphragme, les *artères de l'œsophage*, et, dorsalement,



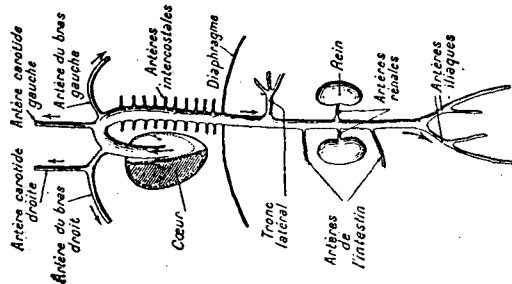
Cœur vu d'en avant.

les artères *intercostales* qui se ramifient dans les muscles du dos; au-dessous du diaphragme, l'aorte donne naissance à un *tronc latéral* court et gros, qui se divise en trois branches, qui sont les artères de l'estomac, de la *rate* et du *foie*; ensuite, se détachent les artères de l'intestin et les deux artères *rénales*: après quoi l'aorte se divise en deux branches, les artères *iliaques*, qui irriguent le bassin et les membres inférieurs.

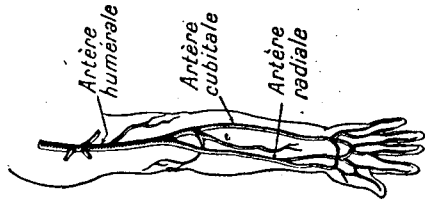
**Disposition.** Les artères sont généralement profondes; elles suivent les os dont, en général, on leur donne le nom (artères *humérale, radiale, cubitale*, etc.). En certains points seulement, les artères sont superficielles: telles sont l'artère radiale, au poignet, et l'artère temporale, à la tempe; on les sent battre alors sous la peau; ce batttement s'appelle le *pouls* (même sens que « pulsation »). Les branches des grosses artères sont assez souvent reliées par des branches de communication latérales: si on en fait une ligature, le sang peut passer par les autres, et la circulation n'est pas arrêtée.

**Rôle.** Les artères sont des vaisseaux à parois très résistantes et élastiques, contenant du sang rouge sous forte pression qu'elles conduisent du cœur aux organes. — Si une grosse artère se trouve coupée accidentellement, un jet de sang rouge en jaillit par sa cadés avec une grande violence (à plusieurs mètres de distance pour les carotides lors d'une décapitation), et le patient, saigné à blanc, meurt très rapidement. Les artères contiennent donc du sang sous forte pression.

C'est du bout de l'artère située du côté du cœur que sort ce jet de sang. S'il s'agit d'une blessure d'un membre, on peut arrêter l'hémorragie en le ligaturant entre la blessure et le tronc avec une bande solide et élastique, ou,



Principales artères.



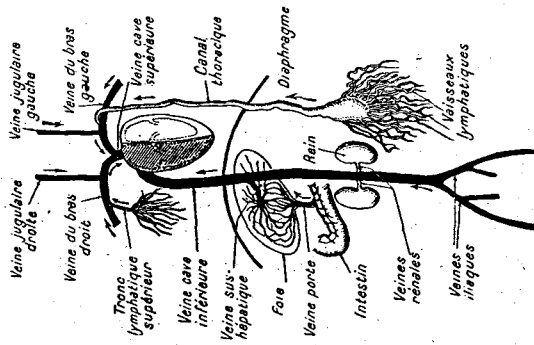
Artères du bras.

faute de mieux, avec une fiole qu'on tord avec une baguette (*garrot*). Le sang est donc lancé à partir du cœur, et les saccades du jet correspondent aux battements du cœur. Sur les animaux, on peut pratiquer expérimentalement sur les artères des sections qui montrent que le jet vient toujours du cœur; on l'arrête en pinçant le bout de l'artère située du côté du cœur avec des pinces spéciales. Enfin, on peut poser sur les artères des ligatures et constater que l'artère se gonfle toujours du côté du cœur, que les battements du pouls correspondent aux battements du cœur, et qu'ils cessent au delà de la ligature.

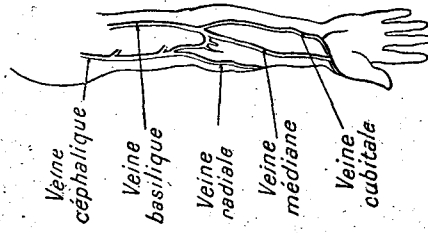
**LES VEINES. Le réseau veineux.** Les veines naissent dans tous les organes et se rassemblent en deux grosses veines caves qui se jettent dans le cœur. — Côte à côte avec les artères s'observent des veines: elles naissent dans tous les organes et se rassemblent en veines de plus en plus grosses. Celles des membres supérieurs se réunissent aux veines du cou en une veine générale qu'on appelle la veine cave supérieure, qui se jette dans le cœur. Celles des membres inférieurs se réunissent de même en formant une veine générale, la veine cave inférieure, qui reçoit les veines des reins et les veines du foie (ou veines *sus-hépatiques*), et se jette aussi dans le cœur.

Les veines de l'estomac, des intestins et de la rate se réunissent en sortant de ces organes et forment la veine porte, qui, au lieu de se jeter dans la veine cave inférieure, se ramifie à nouveau et se perd dans le foie.

Enfin, les veines nourricières des poumons, et les veines intercostales, qui amènent le sang de la musculature dorsale, se jettent,



Principales veines et vaisseaux lymphatiques.



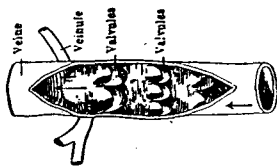
Veines superficielles du bras.

non dans la veine cave inférieure, mais dans des veines latérales dites *veines azygos*, qui se réunissent et se jettent à leur tour dans la veine cave supérieure. Dans le cœur droit se jettent directement les *veines nourricières du cœur*.

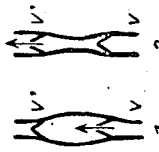
**Disposition.** Les veines sont les unes profondes, les autres superficielles; elles forment des réseaux veineux. — Le système veineux est donc beaucoup plus compliqué que le système artériel. De plus, outre les veines profondes qui courent auprès des artères, généralement à raison de deux veines pour une artère, il y a de très nombreuses *veines superficielles*. Enfin, les veines communiquent entre elles par des branches latérales très nombreuses et forment de véritables *réseaux veineux* à nombreuses mailles.

**Rôle.** Les veines sont des vaisseaux à paroi flasque et très dilatable, présentant souvent des valvules: elles contiennent du sang noir sous pression faible, qu'elles ramènent des organes au cœur. — La paroi des veines est flasque et très dilatable. Beaucoup présentent des *valvules*, formées par des replis de la paroi dont les bords libres, *toujours dirigés vers le cœur*, peuvent s'écarter ou s'appliquer l'un contre l'autre. Après la mort, les veines sont dilatées et remplies de sang noir. Si on les sectionne sur un animal vivant, le sang s'écoule lentement, sans saccades, du bout de la veine que la section a séparée du cœur, ce qui montre que la pression est faible dans les veines; ce sang se coagule sur place, et les coupures accidentelles des veines superficielles, qui sont très fréquentes, sont vite fermées par le caillot. Si on *ligature* une veine d'un animal, elle se gonfle du côté opposé au cœur, mais le sang passe immédiatement par les voisines. Enfin, si on se ligature le poignet, on voit immédiatement se gonfler les veines de la main. Il en résulte que les veines ramènent le sang noir des organes au cœur.

Les *valvules des veines ascendantes* déterminent aussi la circulation vers le cœur. — C'est toujours vers le cœur que sont tournées les valvules: aussi le sang, en revenant au cœur, en écarte-t-il les lames; mais s'il tend, par son poids, par exemple dans les veines de la jambe, à refluer en sens inverse, il applique les lames l'une contre l'autre et referme les valvules: chaque valvule



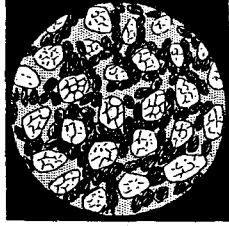
Veine ouverte montrant les *valvules*.



Segment de veine entre deux valvules V et V'; 1, se dilatant; 2, se vidant.

fonctionne ainsi comme une soupape qui ne s'ouvre que dans le sens unique de la circulation.

**LES VAISSEAUX CAPILLAIRES.** Le sang passe des artères aux veines par des vaisseaux capillaires. — Chaque organe reçoit donc du sang rouge par une artère qui s'y ramifie en artérioles de plus en plus fines; il en sort du sang noir par des veinules très ténues, qui se réunissent les unes aux autres et constituent la veine de l'organe, qui ramène le sang vers le cœur. La façon dont le sang passe des artérioles aux veinules ne s'observe qu'au moyen du microscope: il permet de cons-



Circulation du sang dans les capillaires du poumon de la grenouille.

tater que tous les organes sont parcourus par des réseaux très serrés de vaisseaux si fins qu'on les a comparés à des cheveux et appelés *vaisseaux capillaires*; leur diamètre n'est que de 1/100 de millimètre, et leur paroi est extrêmement mince. Dans la palmure des pattes de la grenouille, dans la queue de ses têtards, dans la mince membrane qui rattache l'intestin au péritoine chez le lapin, dans l'aile des chauves-souris, et, sur l'homme, dans les plis de la base des ongles, on peut facilement observer la circulation capillaire: le sang contient, en effet, de petits corpuscules appelés *globules*, qu'on voit passer dans les vaisseaux à peu près en file indienne. La vitesse du courant est en moyenne de 1 millimètre par seconde.

**LA CIRCULATION DU SANG.** La grande circulation. La grande circulation est le trajet du sang du cœur au cœur en passant par les organes; le sang, de rouge, y devient noir. — Le sang du cœur, lancé par l'aorte, passe donc dans des artères et des artérioles de plus en plus petites, puis dans les capillaires, puis dans des veinules de plus en plus grosses et, enfin, dans l'une des deux veines caves, qui le ramènent au cœur. En traversant les capillaires des organes, le sang perd sa pression et change de couleur, puisque, rouge dans les artères, il est noir dans les veines. C'est la grande circulation (de *circulus*, cercle, circuit fermé).

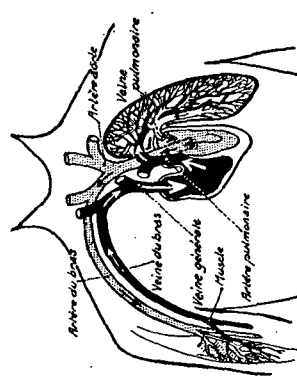
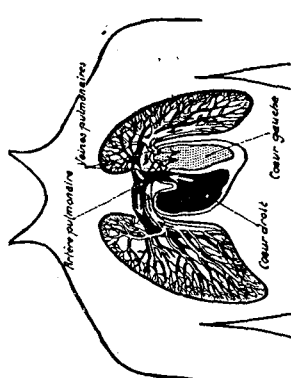
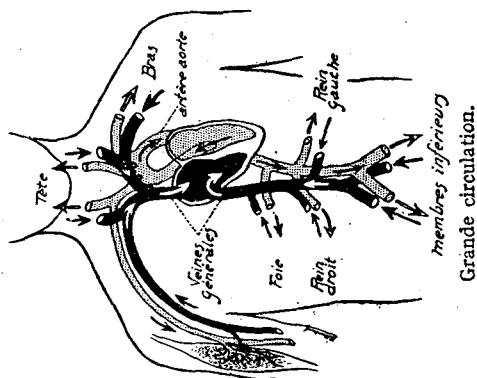
**La petite circulation.** La petite circulation, ou circulation pulmonaire, est le trajet du sang du cœur au cœur en passant par les poumons; le sang, de noir, y devient rouge. — Mais, du cœur part une autre artère qui se bifurque et conduit aux poumons le sang noir sous pression: on l'appelle l'artère pulmo-

naire. Dans les poumons, le sang traverse un très riche réseau capillaire. De noir il y devient rouge, perd sa pression et est ramené au cœur par quatre veines pulmonaires, deux par poumon. Ce trajet, analogue au précédent, mais plus court et avec changement de couleur inverse du sang, s'appelle la *petite circulation*.

Il faut bien remarquer que, dans la *grande circulation*, le sang rouge est toujours dans les artères, ce qui a fait prendre l'habitude de l'appeler « sang artériel », et le sang noir est dans les veines, d'où son nom de « sang veineux ». Mais, dans la *petite circulation*, le sang noir est dans les artères pulmonaires et le sang rouge dans les veines pulmonaires.

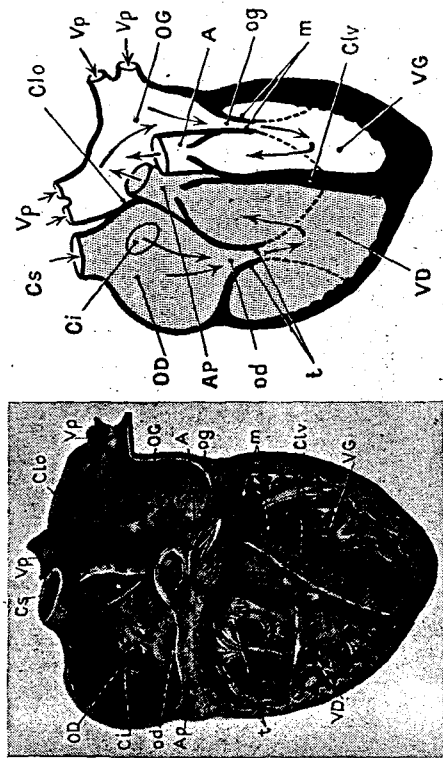
**Ensemble de la circulation.**  
La circulation du sang est l'ensemble de la grande et de la petite circulation. — La grande circulation prend au cœur du sang rouge et l'y ramène noir; la petite circulation reprend au cœur du sang noir et l'y ramène rouge. Mais c'est toujours le même sang qui circule et qui passe successivement dans la grande et la petite circulation. C'est ce cycle complet, ensemble des deux circuits précédents, qui constitue la *circulation du sang*.

**LE CŒUR. Cœur droit et cœur gauche.** Le cœur est divisé en deux parties : le cœur droit, contenant du sang noir;



Ensemble de la circulation.

le cœur gauche, contenant du sang rouge. — Le cœur a la forme générale d'un cône très émoussé, dont la pointe serait tournée en bas, à gauche et en avant. Il mesure 10 centimètres de long, est un peu moins large; il pèse en moyenne 280 grammes. Il est entouré d'une séreuse, le *péricarde*. Il est marqué, dans le sens de la longueur, d'un *sillon*, très visible à sa surface, dans lequel circulent ses *vaisseaux nourriciers*. Son aspect est celui d'un muscle; mais il est creux à l'intérieur, et le sillon longitudinal correspond à une *cloison* interne qui divise sa cavité en deux parties, sans aucune



Cavités du cœur.

A, aorte et, AP, artère pulmonaire, avec leurs valvules de base; C, Cs, veines caves inférieure et supérieure; Clo, cloisons séparant les oreillettes; Clb, cloisons séparant les ventricules; m, valvule à deux lames; OD, OG, oreillettes droite et gauche; od, orifice de communication de l'oreillette avec le ventricule droit; og, orifice de communication de l'oreillette avec le ventricule gauche; t, valvule à trois lames; VD, VG, ventricules droit et gauche; Vp, veines pulmonaires.

communication entre elles. Ces deux cavités sont le *cœur droit*, qui contient du sang noir, et le *cœur gauche*, qui contient du sang rouge. La cloison de séparation n'étant pas parallèle au plan de symétrie du corps, le cœur droit est, dans l'ensemble, en avant du cœur gauche.

**Oreillettes et ventricules.** Le cœur droit et le cœur gauche comprennent chacun une oreillette mince, où arrivent les veines, et un ventricule épais, d'où part l'artère. — D'autres sillons, analogues aux précédents, mais transversaux, correspondent à une division de chaque cœur en deux compartiments qui com-

muniquent l'un avec l'autre : le supérieur s'appelle l'*oreillette*, l'inférieur, le *ventricule*.

L'*oreillette droite* reçoit les *deux veines caves* et a comme elles une paroi mince; du *ventricule droit*, qui est très épais, part l'*artère pulmonaire*. A l'*oreillette gauche*, également mince, arrivent les *quatre veines pulmonaires*; du *ventricule gauche*, dont la paroi est trois fois plus épaisse que celle du ventricule droit, part l'*artère aorte*.

**Valvules.** Les *valvules du cœur y déterminent un sens unique de circulation*. — Chaque oreillette communique avec le ventricule situé au-dessous d'elle par un orifice dont les bords se prolongent vers le bas en longs replis lamelleux, qui peuvent s'écarter ou s'affronter, en formant une *valvule*. De minces *cordons blancs* fixent les bords libres des valvules à la paroi des ventricules et les empêchent de se retourner vers l'oreillette. Il y a trois lames à la valvule du cœur droit, deux à celle du cœur gauche.

Au départ de l'artère aorte et de l'artère pulmonaire se trouvent d'autres valvules plus petites, formées chacune de trois lames en forme de croissant.

Ces valvules ne permettent, comme celles des veines, la circulation du sang que dans un sens et arrêtent immédiatement toute tentative de reflux. Le sang noir des veines caves passe ainsi de l'*oreillette droite* dans le *ventricule droit* par la valvule à trois lames, puis dans l'*artère pulmonaire* par la valvule de la base de cette artère; le cœur droit assure ainsi la petite circulation. Le sang rouge des veines pulmonaires passe de l'oreillette gauche dans le *ventricule gauche* par la valvule à deux lames, puis dans l'*artère aorte* par la valvule de la base de cette artère. Le cœur gauche assure ainsi la grande circulation.

La capacité du ventricule gauche est de 180 centimètres cubes : c'est la quantité de sang qui est lancée chaque fois dans la grande circulation.

**Paroi.** La principale couche de la paroi du cœur est une épaisse couche musculaire. — Sous le péricarde dont elle est revêtue extérieurement, la paroi du cœur est constituée surtout par une couche musculaire qui se prolonge à l'intérieur du cœur par des colonnes charnues, saillantes, et même par des cordons musculaires qui le traversent.

#### FONCTIONNEMENT DU CŒUR. Fréquence des battements.

Le nombre des battements varie avec l'âge et l'espèce considérée.

— Le fonctionnement du cœur consiste en battements périodiques,

dont le nombre est d'autant plus faible que l'animal est de plus grande taille : 700 par minute chez la souris; 260 chez le lapin, 90 chez le chien, 70 chez l'homme, 40 chez le cheval, 30 chez l'éléphant. Comme la taille, il varie avec l'âge : chez un enfant de moins d'un an, il est en effet de 135; chez l'adolescent, de 85; chez un homme adulte, de 70.

**Ordre de succession des contractions des parties du cœur.** Les contractions des oreillettes sont simultanées et alternent avec les contractions simultanées des ventricules. — Si l'on regarde battre le cœur d'un animal dont on a ouvert le thorax, ce qui est facile pour la grenouille et possible pour les mammifères, on voit que les deux ventricules se contractent en même temps, que les deux oreillettes se contractent en même temps, et que les ventricules se contractent pendant le repos des oreillettes.

Chaque ventricule est une poche comprise entre une grande valvule à deux ou trois lames et une valvule à trois lames située à la base de l'artère. Il est ainsi comparable à une pompe foulante, dont les soupapes sont disposées de même. C'est le piston qui fait varier le volume occupé par l'eau dans le corps de pompe; ici, c'est la paroi musculaire, en se contractant périodiquement, qui fait varier ce volume. Son épaisseur est en rapport avec l'effort à fournir. La première observation montre donc que les deux pompes ventriculaires fonctionnent simultanément.

Chaque oreillette est aussi une poche comprise entre les orifices des veines et une grande valvule à trois ou deux lames; les orifices des veines ne sont pas munis de valvules, mais les valvules des veines ascendantes et le poids du sang des veines descendantes, qui empêchent le retour du sang en arrière, en tiennent lieu, si bien que chaque oreillette fonctionne aussi comme une pompe foulante. Sa paroi musculaire se contracte aussi d'elle-même périodiquement, mais moins puissamment que celle du ventricule, car son rôle se borne à remplir le ventricule contigu; ces pompes gauche et droite fonctionnent aussi simultanément.

L'*oreillette et le ventricule d'un même côté* ont une valvule commune, qui est fermée par la contraction du ventricule; la contraction de l'oreillette, moins puissante que celle du ventricule, ne peut donc être efficace pour l'ouvrir que pendant le repos du ventricule : oreillettes et ventricules ne peuvent se contracter qu'alternativement.

**BRUITS DU CŒUR.** Les bruits du cœur sont dus à la fermeture des valvules. — Si l'on écoute battre le cœur, on entend, à



chaque contraction, deux bruits distincts : les moments où ils se produisent montrent qu'ils sont dus aux lames des valvules qui claquent les unes contre les autres en se refermant. L'un des bruits correspond à la fermeture simultanée des grandes valvules à deux et trois lames, l'autre à la fermeture simultanée des valvules de la base des artères ; le premier est plus sourd que le second. Ces bruits renseignent le médecin sur l'état des valvules.

**CHOC DU CŒUR.** Le choc du cœur est dû à l'augmentation de dureté et de longueur de l'organe. — La main peut percevoir à chaque battement, à travers la paroi thoracique, le choc du cœur. Cette impression de choc tient à deux causes : au moment de la contraction, la pointe du cœur devient plus dure et, en même temps, le cœur s'allonge légèrement et s'appuie davantage contre la paroi.

## II. — Le sang.

**QUANTITÉ ET ASPECT.** Le corps humain renferme environ 5 litres de sang. — On détermine la quantité de sang contenue dans un animal en le saignant à blanc. Elle est comprise entre le dixième et le vingtième du poids du corps.

Chez l'homme, on admet que la proportion est d'environ 1/14, ce qui correspond à 5 litres pour un adulte de 70 kilogrammes.

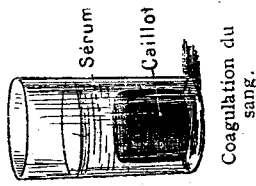
Le sang est un liquide trouble, formé de globules en suspension dans le plasma. —

Le sang, examiné au microscope immédiatement à sa sortie de l'organisme, se montre formé d'un liquide clair, le plasma, et de globules, les uns rouges, en forme de disques, les autres blancs et irréguliers, qui, en suspension dans ce plasma, le rendent trouble. Le sang conserve cette constitution si, après l'avoir brusquement refroidi, on le conserve à une température de 0°.

**LA COAGULATION DU SANG.** Le sang, par coagulation, se prend en un caillot formé de fibrine et de globules, d'où suit le sérum qui est du plasma défibriné. — Si l'on observe au microscope une goutte de sang non refroidi, on voit, à mesure qu'elle se caille, se former spontanément dans le plasma des filaments d'une substance appelée la fibrine, qui forment bientôt un réseau dans lequel les globules sont pris comme des poissons au filet.

Le sang reçu, à la température ordinaire, dans un vase de verre bien lavé à l'eau salée, se prend en quelques minutes en une masse tremblotante, le caillot, qui lentement se contracte en expulsant un liquide incolore et transparent, le sérum.

Cette propriété est très précieuse, car les caillots bouchent les blessures qui, sans eux, détermineraient presque toujours une saignée à blanc mortelle.



Le sang battu, formé de globules et de sérum, s'obtient en battant le sang avec un balai de plumes à mesure que la coagulation se produit, ce qui enlève les filaments de fibrine par adhérence au balai : privé de fibrine, il ne peut plus coaguler.

**LES GLOBULES ROUGES. Nombre et aspect.** Le sang contient environ 25 trillions de globules rouges, qui ont la forme de disques de 8 microns de diamètre. — Les globules rouges ont la forme de minuscules disques circulaires plats, plus minces en leur centre ; leur diamètre est de 8 microns (millièmes de millimètre), leur épaisseur au centre de 2 microns. Comme ils sont très minces, ils paraissent à peine teintés quand on les observe au microscope ; ils adhèrent facilement les uns aux autres et se mettent en piles ; dans les capillaires, ils se plient sur l'arête des bifurcations, et prennent souvent des formes allongées, ce qui montre qu'ils sont très élastiques.

Ils sont si nombreux que, pour les compter, il faut diluer le sang avec de l'eau salée à 9/1000, dans une proportion connue, et déterminer au microscope leur nombre dans un volume déterminé. Il y a environ 5 milliards de globules rouges par centimètre cube de sang, soit en tout 25 trillions. On a calculé que leur surface totale, par laquelle ils sont en contact avec le plasma, est d'environ 1/3 d'hectare. Quand leur nombre diminue de 1/5, il y a anémie. Chacun d'eux est formé d'une matière incolore, imprégnée d'une matière colorante rouge, l'hémoglobine.



Globules du sang.  
r, globules rouges ; m, globule blanc à noyau rond ; p, globule blanc à noyau en chapelet.

**L'HÉMOGLOBINE.** L'hémoglobine des globules forme avec l'oxygène une combinaison dissociable, l'oxyhémoglobine : les globules rouges sont des transporteurs d'oxygène. — Si l'on fait barboter dans le sang un courant d'air ou d'oxygène, il devient

rouge vif; si l'on y fait passer longtemps du gaz carbonique, qui chasse l'oxygène, il devient noir, et l'on peut ainsi le faire changer indéfiniment de couleur. C'est que l'hémoglobine, plus abondante dans le sang noir, se transforme au contact de l'oxygène en une autre matière, l'*oxyhémoglobine*, qui, si l'oxygène est chassé, redevient hémoglobine. On appelle *dissociation* une telle combinaison capable de se faire ou de se défaire ainsi d'elle-même suivant les proportions des corps en présence.

Quand le sang devient rouge dans les poumons, c'est donc que l'hémoglobine s'y transforme en oxyhémoglobine en absorbant de l'oxygène; quand il devient noir dans les organes, c'est donc que l'oxyhémoglobine s'y transforme en hémoglobine en cédant de l'oxygène aux organes. C'est cette propriété qui permet aux globules rouges de transporter sans cesse de l'oxygène des poumons aux organes.

**LES GLOBULES BLANCS.** Les globules blancs, sans hémoglobine, ont une taille souvent un peu supérieure à celle de globules rouges et sont 700 fois moins nombreux. — Les globules blancs existent dans le sang à raison d'un globe blanc pour 700 rouges. Il y en a ainsi 7 millions par centimètre cube. Ils se font rapidement transporter dans



Action de l'air et du gaz carbonique sur le sang.

les vaisseaux par son courant rapide, sous forme de petites sphères visqueuses. Mais dès qu'ils se trouvent au contact d'une surface, ils s'aplatissent et y adhèrent; si l'on étale

une goutte de sang sur une plaque de verre et qu'on la lave à l'eau salée, les globules rouges sont entraînés, non les blancs. Dans la matière gélatineuse qui les constitue se trouve un petit corps plus brillant, en forme de sphère ou de chapelet, le *noyau*.

**MOUVEMENT.** Les globules blancs sont doués de mouvements amiboïdes. — Dans une goutte de sang frais maintenue à une température voisine de celle du corps, on voit ces divers globules blancs se déplacer vers le pourtour des préparations, ou autour des bulles d'air, attirés par l'oxygène. Ils sont doués en-

effet de *mouvements amiboïdes*: ils émettent un ou plusieurs prolongements, qui grossissent de plus en plus; finalement, quand tout le contenu du globe s'est écoulé dans un des prolongements en y entraînant le noyau, le globe s'est déplacé d'autant, comme les amibes. C'est ainsi que les globules blancs sortent des capillaires sanguins et circulent librement dans toutes les parties des organes.



Migration des globules blancs.

**PHAGOCYTOSE.** Les globules blancs défendent l'organisme en phagocytant les corps étrangers et les microbes. —

Le rôle de ces globules blancs est de s'attaquer aux corps étrangers qui pénètrent dans l'organisme: on voit au microscope des granules de vermillon broyé, mis en présence des globules blancs, se coller à la paroi visqueuse de ces globules et pénétrer à leur intérieur dans une vacuole. Ils s'attaquent de même aux microbes, petits organismes microscopiques très simples, généralement sphériques ou cylindriques, qui envahissent souvent notre organisme, comme on le verra plus tard.



Phagocytose.

1, 2, 3, capture d'un corps étranger, et, 4, d'une bactérie (microbe de forme cylindrique) par un globule blanc.

**DOCUMENT 13**

## SIXIÈME LEÇON

### LE SANG ET L'APPAREIL CIRCULATOIRE

#### I. — Le sang.

Les aliments, une fois digérés, traversent la paroi de l'intestin et passent dans le sang qui est chargé à son tour de les distribuer dans tous les organes vivants en parcourant tout un ensemble de petits conduits que l'on appelle les *vaisseaux sanguins*.

§ 1. **Les deux parties constituantes du sang.** — Le sang, tel qu'il s'échappe d'une blessure, est *liquide*; mais si on en examine une goutte au microscope, on reconnaît qu'il est formé de deux parties bien distinctes: un liquide légèrement jaunâtre, appelé le *plasma*, dans lequel se trouvent en suspension une multitude de petits grains rouges ou *globules sanguins*.

§ 2. **Le plasma.** — Le plasma est un liquide formé surtout par de l'eau *légèrement salée* (8 gr. de sel par litre) et contenant toutes les substances digérées qui ont pénétré dans le sang en traversant la paroi de l'intestin, à savoir: le sucre de *glucose*, les *graisses* sous forme de très fines gouttelettes microscopiques et enfin les matières azotées sous forme d'*albumine*.

En circulant dans le corps, il imprègne tous les tissus et leur cède ainsi les matières nutritives dont ils ont besoin.

§ 3. **Les globules sanguins.** — Ils sont de deux sortes, les *globules blancs* et les *rouges*.

1° Les globules blancs sont de petits grains d'aspect argenté, dont la plupart ne mesurent pas plus de 5 millèmes de millimètre ou 5 microns; ils sont formés d'une petite masse de matière vivante, d'aspect gélatineux, appelée le *protoplasme*, dans l'intérieur de laquelle se trouve une sorte de *noyau* plus foncé, d'une seule pièce ou étran-glé en plusieurs tronçons (fig. 22 et 23).

Parmi ces globules, il en est qui poussent à leur surface

des sortes de petits tentacules allant dans toutes les directions, qu'ils ramènent ensuite dans l'intérieur du globe, ce qui fait que leur forme est constamment changeante (fig. 22). Nous verrons plus tard que ces tentacules ou *pseudopodes* englobent les microbes de certaines maladies comme le croup ou la tuberculose, puis les ramènent dans l'intérieur du globe blanc, qui les détruit finalement en les digérant. Ils jouent ainsi un rôle très important dans l'évolution des maladies microbiennes.



Fig. 22. — Globule blanc absorbant des microbes.

2° Les globules rouges sont 7 à 800 fois plus nombreux que les blancs, et ce sont eux qui donnent au sang sa couleur. Ils ont la forme de petites pièces de monnaie qui seraient creuses en leur milieu et mesurent seulement sept microns de diamètre (sept millièmes de millimètre). Ils sont d'une telle minceur qu'il faudrait en empiler environ 500 pour faire un millimètre de hauteur. On n'en compte pas moins de cinq millions par millimètre cube de sang. La substance qui les teint en rouge s'appelle l'hémoglobine. Nous verrons plus loin que leur rôle est de prendre l'oxygène de l'air dans les poumons et de le distribuer ensuite dans tous les tissus pour leur respiration.

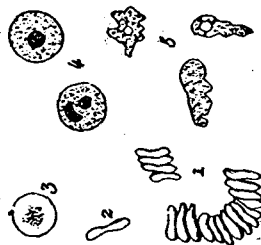


Fig. 23. — Globules sanguins.

1, globules rouges empilés; — 2, 3, un globule vu de profil et de face; — 4, globules blancs arrondis; 5, globules blancs avec pseudopodes.

§ 4. **Coagulation du sang.** — Le sang ne reste liquide que dans le corps. Dès qu'il en est sorti et reçu dans un récipient quelconque, il se décompose et se divise en deux parties : une masse rouge et tremblotante ressemblant à de la gelée de groscilles foncée et appelée le *caillot*; puis un liquide un peu rosé, le *sérum*. On dit que le sang *s'est coagulé* (fig. 24).

Cela provient de ce qu'il y a dans le sang une substance particulière, la *fibrine*, qui ne reste dissoute que lorsque le sang est dans le corps; dès qu'il en est sorti, cette fibrine prend la forme de petits filaments qui tombent peu à peu au fond du flacon en entraînant presque tous les globules rouges, avec lesquels ils forment le *caillot*.

A l'orifice d'une blessure, il faut faire coaguler le sang rapidement pour qu'il s'y forme un *caillot* qui servira de bouchon; on y arrive avec du perchlore de fer, de l'antipyrine ou de l'eau oxygénée.

Au contraire, on peut garder du sang liquide en le mettant dans une glacière ou en l'additionnant d'un peu de bicarbonate de soude.

Les charcutiers conservent le sang liquide en l'agitant dans des baquets avec un balai : les filaments de *fibrine* se déposent sur les brindilles du balai et en retirant ce dernier on débarrasse ainsi le sang de sa fibrine qui l'aurait fait coaguler, de sorte qu'il reste liquide.

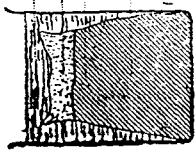


Fig. 24. — Sang coagulé.

1 caillot; — 4 sérum.

§ 5. **Le sang artériel.** — Sa formation dans les poumons. — Dans un petit flacon plein d'oxygène, ajoutons un quart ou un cinquième de sang liquide et agitions fortement. Ce sang prend rapidement la teinte d'un beau rouge vil, due à la matière colorante des globules rouges qui s'est combinée avec l'oxygène.

Il en existe de tout pareil dans le corps, où on l'appelle le *sang artériel* parce qu'il circule dans des conduits portant le nom d'*artères*, qui le distribuent dans tout le corps. Ce sang artériel se forme dans les poumons, qui sont de véritables éponges à cavités remplies d'air; ses globules rouges se combinent avec l'oxygène de cet air et à sa sortie des poumons, il est d'un beau rouge vermeil.

§ 6. **Le sang veineux.** — Prenons maintenant un second flacon rempli de gaz carbonique et versons-y une petite quantité de sang liquide. En agitant fortement, on voit ce sang perdre sa belle couleur rouge et devenir d'un rouge brun foncé; c'est le gaz carbonique qui l'a fait ainsi changer de teinte.

Du sang foncé analogue se forme aussi dans nos organes; ceux-ci engendrent constamment du gaz carbonique, comme nous le démontrâmes plus loin; à mesure que ce gaz se forme, il passe dans le sang et lui donne la même teinte foncée qu'à celui de notre flacon de tout à l'heure. Pour le distinguer du sang artériel, on le qualifie de sang veineux, parce que les conduits dans lesquels il circule s'appellent les veines.

Tout organe reçoit du sang artériel rouge vermeil et laisse sortir du sang veineux par ses veines.

## II. — L'appareil circulatoire.

Cet appareil comprend les organes chargés de distribuer le sang dans toutes les parties du corps pour leur apporter les éléments nutritifs dont ils ont besoin. Il se compose de quatre parties : le cœur, les artères, les capillaires et les veines.

§ 1. Le cœur. — C'est un gros organe rouge situé à peu près au milieu de la cavité thoracique, entre les deux poumons (fig. 25); sa forme est à peu près celle d'un cône dont la pointe, dirigée vers le bas et légèrement inclinée à gauche, repose sur le diaphragme (fig. 1).

Il est formé d'une masse musculaire rappelant un peu la chair du bifteck,

Fig. 25. — Le cœur.

mais moins grossière, et comprend deux moitiés accolées et creuses. Chaque moitié comprend en haut une oreillette épaisse, surtout le ventricule gauche; chaque oreillette communique avec le ventricule du même côté par un

orifice bordé de valvules pendantes dans le ventricule et qui empêche le sang, une fois dans ce dernier, de remonter dans l'oreillette.

§ 2. Les artères. — Ce sont des conduits qui partent des ventricules et qui se rendent dans les organes en s'y ramifiant pour y distribuer le sang. Il y a deux gros troncs :

1° *L'aorte* (1 et 2 fig. 26) qui part du ventricule gauche, décrit une crosse au-dessus du cœur et se recourbe vers le bas et du côté gauche pour envoyer ensuite des ramifications dans tous les organes. C'est elle qui distribue le sang artériel dans tout le corps.

2° *L'artère pulmonaire* (13, fig. 26), qui part du ventricule droit et se divise en deux branches se rendant chacune dans un poumon. Son sang est veineux et va se changer en sang artériel dans les poumons.

Toutes les artères sont jaunâtres, très élastiques et restent béantes quand on les coupe, d'où les hémorragies graves qui résultent de l'ouverture d'une artère.

§ 3. Les veines. — Ce sont des conduits qui sortent des organes et qui ramènent le sang au cœur; toutes débouchent dans les oreillettes. Les principales sont :

1° *La veine cave supérieure* (11, fig. 26), qui ramène dans l'oreillette droite le sang veineux venant de la tête et des membres.

2° *La veine cave inférieure* (8, fig. 26), qui ramène dans la même oreillette droite tout le sang veineux qui a circulé dans les autres organes.

3° *Les veines pulmonaires* (14, fig. 26), qui sortent deux par deux de chaque poumon où leur sang a pris de l'oxygène qui l'a rendu artériel; elles le ramènent dans l'oreillette gauche.

§ 4. — Les vaisseaux capillaires. — Ce sont de petits tubes (fig. 26 et 27) extrêmement fins, n'ayant pas plus de 5 à 10 microns de diamètre, et parcourant l'intérieur de tous les organes en y formant un très riche réseau.

Ils sont formés tout simplement par les artères qui après avoir pénétré dans un organe quelconque, s'y subdivisent en de très nombreuses ramifications de plus en plus fines.

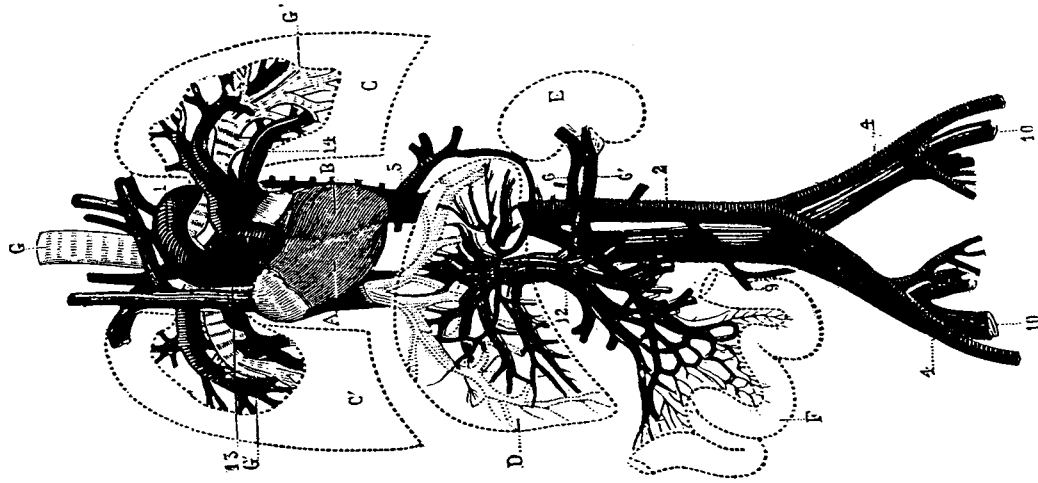


Figure 26

Ensemble de l'Appareil circulatoire.

A. Cœur droit. - B. Cœur gauche. - C. C. Poumons. - D. Foie. - E. Rein. - G. et C. Trachée avec ses ramifications. 1 et 2. Aorte avec ses ramifications. 4. allant dans les jambes; 5. sa ramification dans le foie; 6. dans le rein; 9. dans l'intestin. - 8. veine cave inférieure. - 12. veine porte pénétrant dans le foie. - 13. Artère pulmonaire et ses ramifications. - 14. veines pulmonaires.

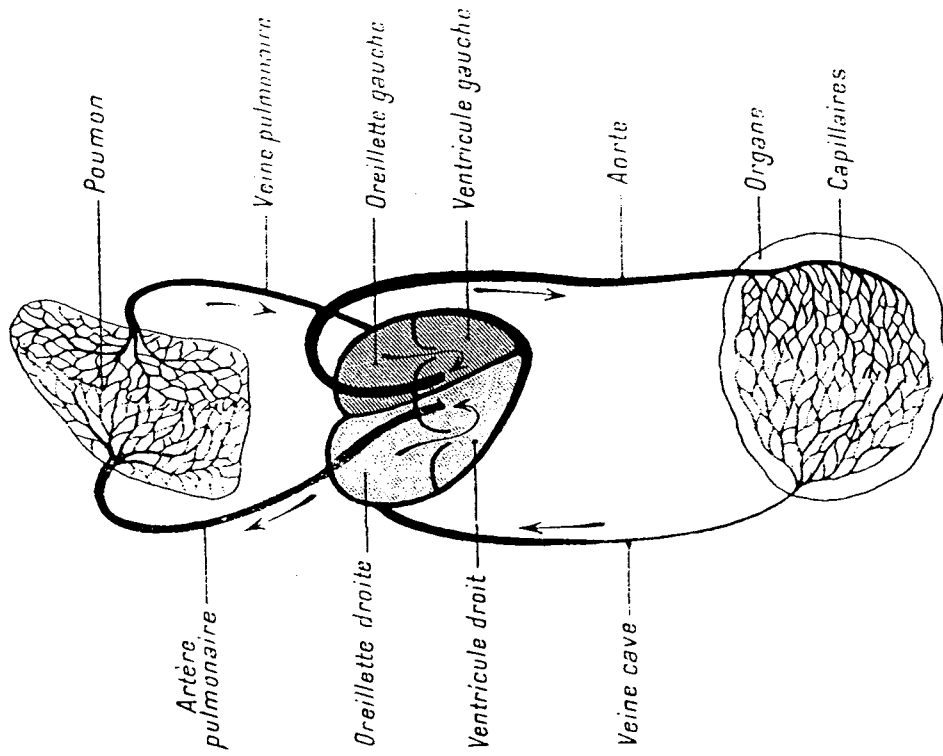


Figure 27

Marche générale du sang dans l'organisme.

Puis avant de sortir de l'organe, tous ces petits vaisseaux se réunissent de nouveau en un ou deux troncs pour former les veines.

C'est au moyen de ces capillaires que se fait la distribution des matières alimentaires transportées par le sang ; leurs parois, extrêmement minces, laissent filtrer dans les tissus les substances nutritives, sucre, graisses et matières azotées contenues dans le sang.

§ 5. **Marche du sang dans l'organisme.** — Le cœur bat environ 70 fois par minute, en contractant fortement et rapidement ses parois musculaires; on peut compter ses battements soit en appuyant la main sur la poitrine un peu du côté gauche, soit en prenant le pouls, en posant le pouce sur l'artère du poignet du côté du pouce: à chaque battement du cœur, on perçoit sous le doigt un soulèvement de cette artère. Il y a lieu de considérer la grande et la petite circulation.

§ 6. **La grande circulation (fig. 27).** — A chaque battement du cœur, le ventricule gauche, qui est rempli de sang artériel, se contracte brusquement et chasse son contenu dans l'aorte, qui le distribue à son tour dans tout le corps par ses différentes ramifications. Dans chaque organe le sang devient veineux en cédant une partie de son oxygène aux tissus et en prenant du gaz carbonique; puis ce sang veineux sort de l'organe par une veine qui le ramène plus ou moins directement dans l'oreillette droite du cœur.

Parti du ventricule gauche et revenu à l'oreillette droite, le sang a ainsi décrit un cercle complet, qu'on appelle le cercle de la grande circulation. Il ne met pas plus de 23 secondes pour effectuer ce trajet, c'est-à-dire pour aller aux pieds et en revenir.

§ 7. **La petite circulation ou circulation pulmonaire (fig. 27).** — Le sang veineux, une fois revenu dans l'oreillette droite, passe dans le ventricule du même côté qui, à son tour, au moment où le cœur bat, le chasse dans les poumons par l'artère pulmonaire partant de ce ventricule.

Ce sang veineux prend alors de l'oxygène dans les poumons en même temps qu'il rejette un peu de son gaz carbonique et redevient ainsi du sang artériel. Il sort ensuite du poumon par les veines pulmonaires qui le ramènent dans

l'oreillette gauche, d'où il passe dans le ventricule gauche qui le renvoie de nouveau dans le grand cercle de la circulation.

Le petit circuit fourni par le cœur, les artères pulmonaires entrant dans les poumons et les veines pulmonaires qui en sortent, s'appelle le petit cercle de la circulation ou la circulation pulmonaire.

Remarquer que dans ce petit cercle les artères renferment du sang veineux allant aux poumons, tandis que les veines pulmonaires qui en sortent renferment du sang artériel; cela tient au rôle particulier des poumons qui ne sont pas des organes comme les autres, mais de simples réservoirs d'air où le sang veineux vient refaire sa provision d'oxygène et se retransforme en sang artériel qui prendra ensuite le chemin de la grande circulation.

## RESUME

I. — Le sang se compose de deux parties, les globules sanguins et le plasma, liquide formé de 850 parties d'eau sur 1.000 et des matières alimentaires digérées.

Il y a deux sortes de globules sanguins, les blancs ou leucocytes et les rouges.

Les blancs ont un aspect argenté; certains forment des prolongements qui englobent les bactéries déterminant certaines maladies comme la tuberculose, la typhoïde, etc.; puis ils les détruisent en les digérant.

Les globules rouges, 7 à 800 fois plus nombreux que les blancs, ont la forme de petits disques aplatis teintés en rouge par l'hémoglobine.

Le sang abandonné dans un récipient se coagule; il se forme une masse gélatineuse rouge, le caillot, et un liquide légèrement rouge, le sérum.

Le sang artériel est du sang qui a pris une teinte rouge vermeil en se combinant avec l'oxygène de l'air à son passage dans les poumons; il est distribué dans tout le corps par des conduits jaunâtres et très élastiques qu'on appelle les artères.

Le sang veineux est un sang brun foncé qui doit sa teinte à une certaine quantité de gaz carbonique qu'il a pris en traversant les organes, auxquels il a abandonné en même temps une partie de son oxygène. Il circule dans des conduits à parois minces et rouges appelés les veines.



II. — L'appareil circulatoire comprend le cœur, les artères, les capillaires et les veines.

Le cœur est un gros muscle rouge creusé de quatre cavités, les deux oreillettes situées à la partie supérieure, et les deux ventricules épais et formant presque toute la masse de l'organe.

Les artères sont des conduits qui partent des ventricules pour distribuer le sang dans les divers organes ; il existe deux gros troncs : l'aorte qui part du ventricule gauche et distribue le sang artériel dans tout le corps, puis l'artère pulmonaire qui part du ventricule droit et conduit le sang veineux aux deux poumons.

Les veines sont les conduits qui sortent des différents organes et qui ramènent le sang au cœur ; elles débouchent toujours dans les oreillettes. Toutes renferment du sang veineux, excepté celles qui sortent des poumons (veines pulmonaires), où leur sang s'est artérialisé.

Les capillaires sont de petits tubes extrêmement fins, de 5 à 10 microns de diamètre, s'ouvrant les uns dans les autres en formant un réseau ; ils établissent la liaison entre les artères et les veines.

III. — Dans la grande circulation, le sang artériel part du ventricule gauche, se répand dans tous les organes, puis est ramené par les veines dans l'oreillette droite.

Dans la petite circulation, le sang veineux sort du ventricule droit par l'artère pulmonaire qui le conduit aux poumons, où il reprend de l'oxygène et abandonne du gaz carbonique ; puis il revient dans l'oreillette gauche et de là dans le ventricule gauche, d'où il reprend le chemin de la grande circulation.

EXERCICES D'OBSERVATION

- I. Sur le sang. — 1° Flacon à moitié plein de sang qu'on a laissé coaguler.
- 2° Autre flacon dans lequel on a mis une pincée de bicarbonate de soude qui a empêché le sang de se coaguler.
- 3° Autre flacon renfermant un peu de sang liquide qui a été fouetté à l'abattoir.
- 4° Une poignée de fibrine venant de l'abattoir.
- 5° Verser un peu de sang dans un flacon d'oxygène, agiter et constater la couleur rouge du sang artériel.

6° Autre flacon rempli de gaz carbonique ; y verser un peu de sang, agiter et constater la couleur foncée du sang veineux.

II. Sur le cœur et les vaisseaux. — Sur un cœur de mouton reconnaître :

- 1° Les deux oreillettes et les deux ventricules.
- 2° Les gros troncs artériels béants de couleur paille.
- 3° Ouvrir la moitié droite du cœur de bas en haut en incisant les parois du ventricule et de l'oreillette correspondante. Autant sur la moitié gauche.

Constater l'épaisseur relative des ventricules et des oreillettes ; — distinguer les veines, rouges, minces et affaissées, des artères plus épaisses, plus claires et béantes.

Examiner les valves entre l'oreillette et le ventricule correspondant, et celles qui se trouvent à l'orifice de l'aorte et de l'artère pulmonaire.

**DOCUMENT 14**

## CHAPITRE II

### CIRCULATION

**Définition de la circulation.** — Le va-et-vient continu, qu'exécute le sang pour nourrir les cellules et les débarrasser de leurs déchets, constitue la **circulation**. L'ensemble des tubes ou **vaisseaux** dans lesquels le sang circule, forme l'**appareil circulatoire**.

Par conséquent, pour connaître la circulation, nous avons à étudier :

- 1° La composition du sang;
- 2° La disposition de l'appareil circulatoire;
- 3° Le mécanisme de la circulation.

#### I. — LE SANG

**Composition du sang.** — Chez l'homme et chez tous les Vertébrés, le sang est un liquide rouge qui, examiné au microscope, se montre composé de deux parties :

- 1° Une partie liquide appelée *plasma*;
- 2° Une partie solide, formée de *globules* extrêmement nombreux, en suspension dans le plasma (fig. 4).

**Le plasma.** — Il est formé, en grande partie d'eau, tenant en dissolution des sels minéraux (*chlorure de sodium*, principalement : le sang a un goût salé), mais surtout une substance albuminoïde extrêmement importante, le *fibrinogène*, qui se transforme en

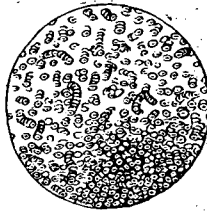


Fig. 4. — UNE COURTE VUE AU MICROSCOPE DE SANG (VUE AU MICROSCOPE).

*Fibrine* solide lorsque le sang est extravasé, c'est-à-dire dès qu'il est sorti des vaisseaux.

Si, en effet, nous abandonnons du sang frais à l'air, dans un vase à large ouverture, on voit bientôt la masse sanguine se séparer en deux parties : 1<sup>o</sup> une partie solide, qui tombe au fond du vase et qu'on nomme un *caillot* (C, fig. 5); 2<sup>o</sup> une partie liquide, qui a reçu le nom de *sérum* (S).

Voici ce qui s'est passé : dès que le sang est sorti des vaisseaux, le fibrinogène, qui était soluble, se transforme en *fibrine* qui ne l'est pas.

La fibrine insoluble se précipite donc

en se *coagulant*, c'est-à-dire que, devenue solide, elle tombe au fond du vase en entraînant avec elle tous les globules.

C'est la masse formée par la fibrine coagulée et les globules entraînés qu'on nomme le *caillot*.

Quant à la partie liquide, de couleur jaunâtre, qui reste au-dessus du caillot, c'est le plasma privé de sa fibrine; on lui donne le nom de *sérum*. Le sérum n'est donc pas autre chose que du *plasma défibriné*.

La propriété qu'a le sang de se coaguler lorsqu'il est sorti des vaisseaux est très précieuse, car c'est grâce à elle que, en cas de blessure, l'hémorragie s'arrête. Il se forme, en effet, sur la blessure, un caillot qui la ferme.

**Les globules.** — Les globules en suspension dans le plasma sont de deux sortes : les *globules rouges* (fig. 4 et 6) et les *globules blancs* (fig. 7).

*Globules rouges.* — Chez l'Homme, les globules rouges ont

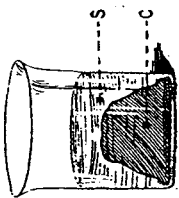


Fig. 5. — FORMATION DU CAILLOT (C, Caillot. — S, Sérum).

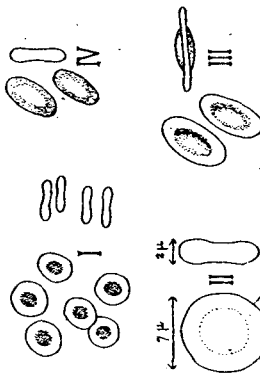


Fig. 6. — FORME DES GLOBULES ROUGES TRÈS GROSSIS (I, Globules rouges de l'Homme, du diamètre de 7 microns en grandeur naturelle. — II, Les mêmes, vue de profil, larges de 2 microns en grandeur naturelle. — III, Globules rouges des Oiseaux. — IV, Globules rouges du Chamois).

la forme de disques (fig. 6, I); vu de profil, ils ressemblent à de petits bâtonnets amincis en leur milieu (fig. 6, II); il faudrait 500 de ces globules superposés pour atteindre une épaisseur d'un millimètre.

Les globules rouges sont des cellules dont le protoplasma est coloré en rouge par une substance, l'*hémoglobine* qui est précieuse car elle est *très oxydable*, c'est-à-dire qu'elle s'empare facilement de l'oxygène, et devient ainsi de l'*oxyhémoglobine*.

On comprend alors ce qui se produit quand le sang passe par les poumons qui sont pleins d'air<sup>1</sup>. L'hémoglobine des globules rouges s'empare de l'oxygène et va le porter à toutes les cellules du corps qui en ont besoin pour respirer.

*Les globules rouges du sang sont donc des commissionnaires chargés d'aller chercher l'oxygène dans les poumons afin de le transporter dans toutes les parties de l'organisme.* Leur nombre est considérable : on l'estime à 5 millions par millimètre cube.

Les personnes dont le sang est pauvre en globules rouges sont dites *anémiques*, leurs cellules respirent mal, puisque les commissionnaires chargés de les approvisionner en oxygène sont en petit nombre.

L'hémoglobine est de couleur rouge sombre. L'oxyhémoglobine est rouge vermeil. C'est pour cela

que le sang qui entre pauvre en oxygène, dans les poumons est presque noir, tandis que le sang qui en sort est d'un beau rouge.

**Globules blancs.** — Les globules blancs (fig. 7) sont incolores; ils sont plus gros et beaucoup moins nombreux que les globules rouges; ils peuvent se déformer et se déplacer lentement à la façon des *Amibes*<sup>2</sup>, par de véritables mouvements de reptation; on exprime ce fait en disant qu'ils exécutent des *mouvements amiboïdes*. En outre,



Fig. 7. — GLOBULES BLANCS TRÈS GROSSIS, de 8 microns de diamètre en grandeur naturelle. (Les globules de droite émettent des prolongements nommés *pseudopodes*).

1. Se reporter à la figure 3 (p. 6).

2. Animaux très inférieurs, formés d'une gouttelette de protoplasma et qui rampent sur la vase des marais en se déformant.

les globules blancs peuvent sortir des capillaires en traversant leurs parois et pénétrer dans les tissus environnants; ils deviennent alors des *cellules migratrices*.

Nous verrons plus loin (p. 414) le rôle des globules blancs. On trouve généralement, dans le sang normal, 1 globule blanc contre 850 à 900 globules rouges.

## II. — APPAREIL CIRCULATOIRE

**Coup d'œil d'ensemble sur l'appareil circulatoire.** — Considérons le sang au moment où il sort d'une poche musculaire, placée dans la poitrine et que l'on nomme *ventricule gauche* (VC, fig. 8); il s'échappe du ventricule par un large vaisseau, l'*artère aorte* (Ao), qui monte d'abord vers la tête, puis se recourbe en *croix*, pour descendre ensuite vers les parties inférieures du corps.

Chemin faisant, l'aorte envoie à droite et à gauche des ramifications *artérielles* (AH, AM, AR, etc.) qui se rendent dans les différents organes.

Examinons de plus près l'une quelconque (A) de ces ramifications, celle qui se rend dans l'organe O, par exemple.

En pénétrant dans l'organe (O) auquel elle apporte le sang, on la voit se diviser en vaisseaux de plus en plus petits, mais aussi de plus en plus nombreux, qui finissent par devenir fins comme des cheveux : on nomme *vaisseaux capillaires* ces ramifications dernières de l'artère. Ces capillaires forment un réseau très serré dans les mailles duquel se trouvent les cellules de l'organe.

Le sang contenu dans les capillaires abandonne aux cellules son oxygène et ses principes nutritifs et prend, en échange, aux mêmes cellules, les déchets de leur nutrition (*gaz carbonique et urée*).

Les capillaires se réunissent alors deux à deux, trois à trois, formant des vaisseaux, nommés *veines*, de plus en plus gros. De sorte que le sang, ayant accompli son rôle dans l'organe, le quitte par une *veine* (V) qui se jette dans une grosse veine, la *veine cave* (VC).

Cette veine cave recolle ainsi toutes les veines (VR, VH, etc.) qui sortent de tous les organes du corps. On voit donc que

la *veine cave* (VC), peut être considérée comme la *collectrice* de tout le sang impur qui sort des organes.

La veine cave ainsi chargée de tout le sang désoxygéné qui sort des différents organes, se déverse dans l'*oreillette droite* (OD), poche musculaire qui se trouve en haut et à droite du ventricule gauche que nous avons pris comme point de départ.

L'oreillette droite, en contractant ses parois musculaires, envoie le sang dans le *ventricule droit* (VD), placé immédiatement au-dessous d'elle.

Du ventricule droit part une artère, l'*artère pulmonaire* (AP). En se contractant vigoureusement, le ventricule droit pousse le sang dans cette artère et l'envoie ainsi dans les poumons (Po) où, par un mécanisme que nous apprendrons bientôt à connaître, le sang se débarrasse du gaz carbonique qu'il contient et reprend de l'oxygène.

Le sang qui est entré noir et chargé d'acide carbonique dans les poumons, en sort donc rouge et oxygéné; on dit qu'il est *hématosé*.

Au sortir du poumon, le sang hématosé se rend par les *veines pulmonaires* (VP) dans une quatrième et dernière poche

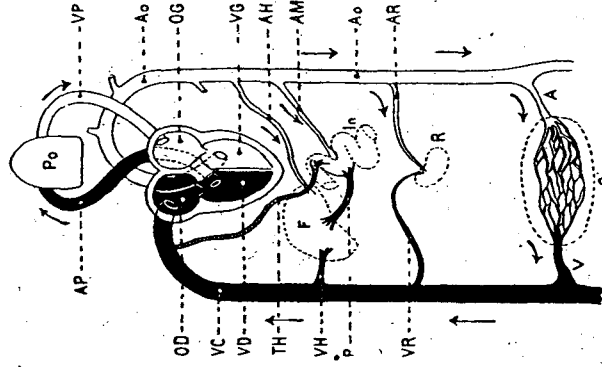


Fig. 8. — FIGURE THÉORIQUE MONTRANT LA DISPOSITION GÉNÉRALE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE (OD, Oreillette droite. — VD, Ventricule droit. — OG, Oreillette gauche. — VG, Ventricule gauche. — Ao, Artère aorte. — AH, Artère hépatique. — AM, Artère mésentérique. — AR, Artère rénale. — A, Artère se rendant dans l'organe O. — V, Veine sortant de l'organe O. — VR, Veine rénale. — P, Veine porte. — VH, Veine sus-hépatique. — VC, Veine cave. — AP, Artère pulmonaire. — VP, Veine pulmonaire. — Po, Poumons. — F, Foie. — In, Tube digestif. — TH, Canal thoracique. — R, Rein).

musculaire, l'*oreillette gauche* (OG), d'où il revient au ventricule gauche (VG) et le même circuit recommence.

L'organe constitué par l'ensemble des deux oreillettes et des deux ventricules se nomme le *cœur*. On remarquera qu'il y a, en réalité, deux *cœurs*, le *cœur droit*, plein de *sang noir*, et le *cœur gauche* rempli de *sang rouge*, et que chaque cœur est formé d'une oreillette et d'un ventricule.

Ces deux cœurs sont accolés l'un à l'autre dans la poitrine et un peu inclinés vers la gauche. Leurs parois musculaires sont *contractiles*. C'est en contractant leurs parois que les oreillettes envoient le sang qu'elles contiennent dans les ventricules situés au-dessous et avec lesquels elles communiquent par des orifices munis de soupapes ou *valvules*; et c'est aussi en se contractant que les ventricules envoient le sang dans les artères et, par suite, dans toutes les parties du corps.

Telle est, dans ses grandes lignes, la route que suit le sang à l'intérieur du corps. Il nous reste à apprendre comment le sang retrouve les principes nutritifs qu'il a abandonnés aux cellules des organes et comment il se débarrasse de l'urée qu'il leur a prise.

Où le sang reprend ses principes nutritifs. — L'artère aorte émet, avons-nous dit, un grand nombre de ramifications artérielles (fig. 8, p. 13).

Suivons l'une de ces artères, l'*artère mésentérique* (AM) qui se rend au tube digestif (In).

Remarquons que deux sortes de vaisseaux (Th) et (P) sortent du tube digestif (In). La *veine thoracique* (Th) ne contient pas de sang, mais de la *lymphe*, liquide incolore qu'elle déverse dans la veine cave, tout près du cœur.

L'autre vaisseau (P), la *veine porte*, se rend au foie (F) auquel elle amène du sang qui, après avoir arrosé le foie, en sort par la *veine sus-hépatique* (VH) qui se jette dans la veine cave. Donc, quand le sang arrive à l'oreillette droite, il a récupéré par ces deux voies tous les principes nutritifs qu'il avait perdus; et comme il va ensuite reprendre de l'oxygène et se débarrasser du gaz carbonique dans les poumons, on voit que lorsqu'il revient à l'oreillette gauche (OG) (fig. 9) par les *veines pulmonaires* (VP), il est à la fois oxygéné et nutritif.

Quand nous aurons ajouté que l'artère rénale (AR), celle qui conduit le sang au rein, est très grosse, de façon que la

quantité de sang qui passe par le rein, dans un temps très court, soit énorme; que le rein pour fonction d'éliminer les substances qu'il nous aurons complétement éliminées, le schéma de la circulation artères, veines. — Il suffit de jeter un coup d'œil sur le schéma de la circulation pour voir qu'on trouve une artère tout vaisseau qui donne le sang au cœur et un autre tout vaisseau qui ramène le sang vers le cœur. Il y a entre les deux catégories de vaisseaux une différence résultant de leur structure.

Les artères, la paroi des artères est élastique; si l'une d'elles vient à être coupée, l'écoulement de la section restebéant, comme si l'artère était en bouchon, et le sang peut continuer à couler continuellement.

Fig. 9. — PRINCIPAUX VAISSEAUX DU SYSTÈME ARTERIEL. (OG, Oreillette gauche. — VG, Ventricule gauche. — Ao, Aorte. — AP, Artère pulmonaire. — Cr, Crosse de l'aorte. — Sd et Sg, Sous-clavières droite et gauche. — Cd et Cg, Carotides droite et gauche. — I, Intercostales. — Tr, Tronc cœliaque. — Sp, Artère splénique. — St, Artère stomacale. — Il, Artère hépatique. — M, Artère mésentérique. — Ar, Artère rénale. — Id, et Ig, Artères iliaques droite et gauche. — D, Diaphragme. — F, Foie. — E, Estomac. — In, Intestin. — R, Rein. — Rg, Rate).

les artères contiennent du sang artériel. Il est donc bien préférable de désigner par leur coloration les deux sortes de sang et de dire : *sang noir* au lieu de *sang veineux* et : *sang rouge* au lieu de : *sang artériel*.

Il faut également faire une ligature, lier l'artère de façon à empêcher l'écoulement du sang.

La paroi des veines n'est pas élastique comme celle des artères; si elles viennent à être coupées, leurs parois s'affaissent et la section ne reste pas béante; il en résulte que la bles-sure des veines est beaucoup moins dangereuse que celle des artères.

Les artères sont, en général, situées profondément dans les tissus; il n'y a guère qu'aux articulations qu'elles deviennent superficielles.

Les veines sont profondes ou superficielles, et l'on trouve ordinairement deux veines pour chaque artère.

**Système lymphatique.** — Accompagnant les artères et les veines, il existe encore dans l'organisme un grand nombre de petits canaux irréguliers, à parois minces, à l'intérieur desquels circule un liquide incolore appelé *lymphe*; ces petits canaux sont les *vaisseaux lymphatiques* (fig. 10).

On trouve des vaisseaux lymphatiques dans toutes les parties du corps; sur leur trajet, on observe des renflements que l'on appelle des *ganglions lymphatiques*. Tous les canaux lymphatiques convergent vers deux gros vaisseaux: le *canal thoracique* (TH, fig. 8) et la *grande veine lymphatique*, qui viennent à déverser leur contenu dans les veines, à une petite distance du cœur.

**Lymphhe.** — La lymphhe, liquide incolore qui circule dans les vaisseaux lymphatiques, est formée, comme le sang, d'une partie liquide, le *plasma*, très semblable au plasma sanguin, et de globules en suspension dans le plasma; mais les globules de la lymphhe sont uniquement des globules blancs. Elle ne contient aucun globule rouge.

La lymphhe provient du plasma du sang, qui filtre à travers la paroi des vaisseaux capillaires dans lesquels le sang circule, et tombe dans les lacunes voisines. Comme les vais-



Fig. 10. — CANAUX LYMPHATIQUES ET GANGLIONS DU BRAS.

1. On nomme *lacunes* les intervalles qui existent entre les cellules quand celles-ci ne sont pas très serrées les unes contre les autres.

seaux lymphatiques prennent naissance dans ces lacunes, on voit que la lymphhe n'est pas autre chose que le plasma du sang qui s'est échappé des capillaires sanguins; le plasma de la lymphhe doit donc renfermer tout ce que contient le plasma sanguin. Il est, cependant moins riche en fibrinogène, et c'est ce qui fait que, en cas de lymphorragie, la lymphhe se coagule moins rapidement que le sang.

La lymphhe renferme aussi de nombreux globules blancs qui sont sortis des capillaires en même temps que le plasma. La lymphhe, c'est donc, en quelque sorte, du sang privé de globules rouges.

**Utilité du système lymphatique.** — Cette fuite de la lymphhe à travers les parois des capillaires d'un organe a pour effet de faire baigner complètement les cellules de cet organe dans le milieu nutritif.

La nutrition des cellules, ainsi que l'expulsion de leurs déchets, sont donc mieux assurés que si chaque cellule ne communiquait avec le milieu nutritif que par l'étroit point de contact qu'elle peut avoir avec un capillaire sanguin.

En somme, le système lymphatique est une doublure du système veineux: toute la partie du sang qui ne revient pas au cœur par les veines, y revient par les vaisseaux lymphatiques (fig. 11).

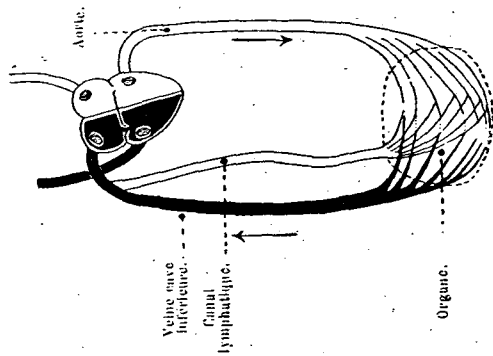


Fig. 11. — RELATION DE LA CIRCULATION SANGUINE ET DE LA CIRCULATION LYMPHATIQUE.

**DOCUMENT 15**



## LA CIRCULATION.

comme des pièces de monnaie, ils sont très petits, leur diamètre est environ de 7 millièmes de millimètre, mais ils sont très nombreux; on en compte environ 5 millions dans un millimètre cube de sang. Leur nombre paraît augmenter par le séjour sur les hautes montagnes; il diminue dans l'anémie.

Ces globules sont colorés; vus au microscope, ils sont d'un jaune très pâle, mais en masse, ils donnent au sang sa couleur rouge caractéristique. La matière qui les colore est l'hémoglobine; sa couleur est rouge foncé. C'est la couleur du sang à sa sortie immédiate d'une blessure légère. Mais, si on expose du sang à l'air en l'étalant par exemple sur la paroi d'un flacon plein d'air, la couleur change et passe au rouge vermeil; c'est la couleur que prend le sang quelque temps après sa sortie d'une blessure. Ce changement de couleur tient à ce que l'hémoglobine a pris l'oxygène<sup>1</sup> de l'air, s'est combinée à lui pour donner une substance nouvelle l'oxyhémoglobine qui est rouge vermeil. Mais, en l'absence d'oxygène, l'oxyhémoglobine revient facilement à son état d'hémoglobine: en effet, du sang rouge vermeil étalé sur les parois d'un flacon rempli d'un gaz autre que l'oxygène, du gaz carbonique<sup>2</sup>, par exemple, ne tarde pas à reprendre la couleur rouge foncé de l'hémoglobine. Ainsi, à l'air les globules rouges prennent de l'oxygène: le sang devient rouge vermeil; en l'absence d'air, les globules perdent de l'oxygène: le sang devient rouge foncé. On peut dire que le sang vermeil contient beaucoup d'oxygène, et le sang rouge foncé, ou « sang noir » comme on dit par exagération, en contient peu. Comme nous le verrons bientôt, ces faits ont une grande importance dans la respiration.

Les globules blancs ou leucocytes. — Les globules blancs sont

1. L'oxygène est un gaz qui se trouve dans l'air dans la proportion de 21/100 environ. C'est lui qui entretient la combustion des corps qui brûlent: charbon, bois, alcool, essence, etc. Une allumette enflammée plongée dans l'oxygène y brûle avec un grand éclat; elle s'éteint, au contraire, si on l'introduit dans une atmosphère privée d'oxygène.

2. On obtient le gaz carbonique en versant sur de la craie de l'acide chlorhydrique étendu d'eau.

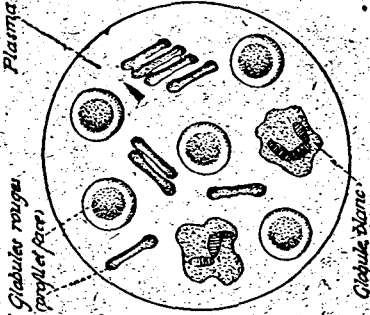


Fig. 17. — Goutte de sang vue au microscope (grossi 1000 fois).

## IV. — LA CIRCULATION

Son but. — Les os ne peuvent se former ni croître sans recevoir les matériaux nécessaires; les muscles ne peuvent produire du travail sans le puiser à quelque source; tous les organes du corps ont besoin d'être nourris: ils le sont par l'intermédiaire du sang et de la lymphe qui circulent entre eux.

## Le sang.

Le sang est ce liquide rouge, épais, visqueux, qui s'échappe du corps à la suite d'une blessure. Il y en a environ 5 litres dans le corps de l'Homme. Dans une goutte de sang observée au microscope (fig. 17), on distingue de nombreux petits globules en suspension dans un liquide, le plasma. Les globules sont de deux sortes: les globules rouges ou hématies et les globules blancs ou leucocytes.

Les globules rouges ou hématies. — Les globules rouges ont la forme de disques biconcaves et apparaissent comme amilés

un peu plus gros que les globules rouges, mais ils sont moins nombreux; on n'en compte guère que 8 000 par millimètre cube. Ils ne sont pas colorés, mais leur aspect est brillant, d'où le nom de *leucocytes* (du grec : *leucos*, brillant, et *cytos* : cellule) qu'on leur a donné. Au centre de leur masse est un *noyau*, simplement arrondi ou rappelant un chapelet. Ils ont des propriétés curieuses. Tout d'abord, leur forme n'est pas fixe; leur contour change constamment; parfois sphérique, il est le plus souvent festonné, lobé, et ces lobes s'allongent ou se rétractent; les leucocytes se déplacent en se déformant. Ils peuvent même quitter les vaisseaux où ils se trouvent (fig. 18) en pratiquant d'étroites fissures dans leurs parois, fissures qui se referment après leur passage, et on peut ainsi les trouver en dehors du sang dans le corps. Ils sont sensibles, diverses substances les attirent, par exemple l'oxygène, et ils se dirigent vers elles; d'autres les repoussent, comme les acides, et ils s'en éloignent.

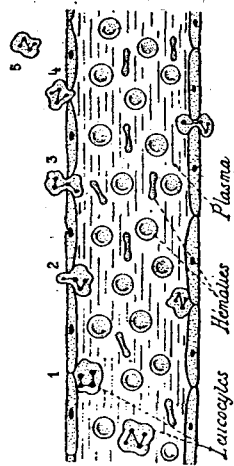


Fig. 18. — Traversée de la paroi des capillaires par les leucocytes. En 1, 2, 3, 4, 5, on voit les phases successives de cette traversée.

Ils ont la propriété de débarrasser le corps des éléments morts ou étrangers. Si l'on introduit dans le sang d'un animal des poudres colorées, carmin, vermillon, les leucocytes s'en emparent (fig. 19). Pour cela, ils poussent des prolongements vers les particules colo-

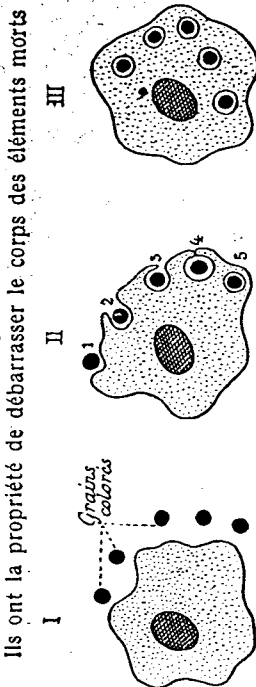


Fig. 19. — Absorption des poudres colorées par des leucocytes. I. — Des dépressions se forment en face des grains de poudre. II. — Phases successives de l'englobement d'un grain. III. — Tous les grains sont englobés.

rées, les débordent, progressivement, et finissent par les englober dans leur masse. Ils précèdent de même pour les éléments morts qu'ils peuvent rencontrer : de vieux globules rouges hors d'usage sont englobés et ensuite dissous, digérés. Ils nettoient ainsi le corps de tous ses éléments usés ou morts : ce sont les *fossoyeurs de l'organisme*. Enfin, ils capturent et digèrent de même les microbes qui ont pu s'introduire en nous. Ainsi que nous le verrons plus loin en détail, ce sont les *défenseurs de l'organisme*.

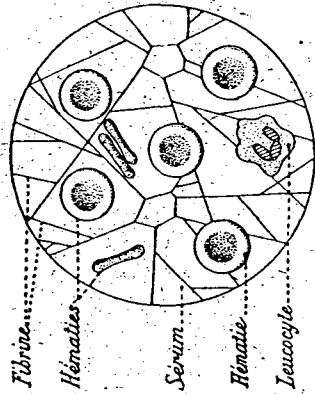


Fig. 20.

Goutte de sang caillé vue au microscope. Entre les globules s'est formé un délicat réseau de fibrine.

**Le plasma.** — Observons à nouveau au microscope après quelque temps, la goutte de sang déjà préparée. On constate (fig. 20) qu'il est apparu, entre les globules, des fibres très fines d'une substance que l'on nomme, à cause de son aspect, la *fibrine*. Le liquide restant est le *sérum*. Le plasma est donc formé du sérum et de la matière qui a fourni la fibrine, le *fibrinogène*.

Cette séparation de la fibrine s'observe plus nettement si on reçoit du sang dans un verre (fig. 21). Au bout de quelques minutes, il se prend en masse et ressemble alors à de la gelée.

Puis, après quelques heures, cette gelée paraît se contracter et expose un liquide ambré, le *sérum*; la gelée elle-même, ainsi réduite, est le *caillot*. Le caillot est formé d'un réseau de fibrine qui retient dans ses mailles les globules rouges et les globules blancs.

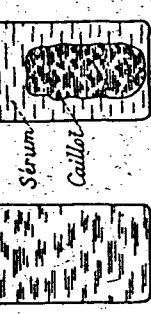


Fig. 21. — Coagulation du sang. En A, le sang est coagulé en masse; en B, le caillot s'est séparé du sérum.

Pour retirer la fibrine du sang, on bat du sang à l'air avec un petit balai de joncs; la fibrine se fixe aux brins du balai, et il reste du sang *dé-fibriné* qui ne caille plus. La coagulation du sang est fort utile, car le caillot qui se forme ferme la blessure et arrête l'hémorragie.

Dans certaines maladies, le sang n'a plus le pouvoir de coaguler : les moindres blessures sont alors dangereuses. D'autres fois, au contraire, le sang peut se coaguler dans les vaisseaux, les caillots arrêtent alors la circulation du sang, de là des accidents parfois mortels, comme dans l'embolie. Certaines substances comme le sel, le sucre, etc., empêchent la coagulation; d'autres comme l'alcool, le chlorure de fer, l'ouate, la favorisent.

**Le sérum.** — On prépare le sérum en faisant cailler du sang, et on décante avec précaution le liquide qui se sépare du caillot. Il

Le sérum est un liquide transparent, légèrement ambré. Il contient du sel (5 p. 1000), de l'albumine analogue au blanc d'œuf (80 p. 1000) et qui comme lui se coagule quand on la chauffe : en chauffant du sang de Porc convenablement assaisonné et introduit dans des fragments d'intestin, on le transforme en boudin. Le sérum contient aussi les produits de la digestion, notamment du glucose, des graisses. Il contient encore tous les déchets résultant du travail des organes. En somme, c'est le principal véhicule des éléments nutritifs et des matières usées de l'organisme.

### L'appareil circulatoire sanguin.

Le sang ne demeurant pas immobile, il circule perpétuellement dans une canalisation spéciale comprenant le cœur et les vaisseaux (fig. 22).

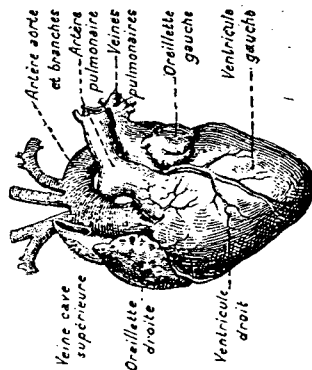


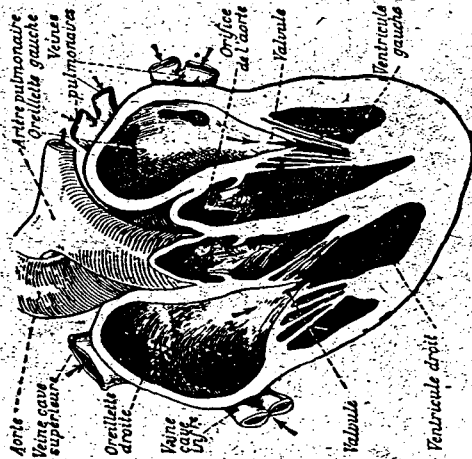
Fig. 22. — Le cœur vu en avant et l'origine des gros vaisseaux.

La séparation des deux ventricules est assez bien marquée à l'extérieur par la branche principale des petits vaisseaux qui se ramifient à leur surface.

correspondant par un large orifice muni d'une valvule formée par des lames élastiques solidement rattachées par de fins tendons à des saillies de la paroi des ventricules; ces lames sont

### LA CIRCULATION.

disposés de façon à permettre au sang de passer de l'oreillette dans le ventricule, mais elles s'opposent au passage inverse. Un muscle puissant forme la paroi du cœur. Très épais sur le ventricule gauche, il l'est moins sur le ventricule droit et encore moins sur les oreillettes. Le cœur est entouré par une enveloppe, le péricarde.



#### Les vaisseaux.

Des ventricules partent des vaisseaux qui distribuent le sang au corps. Du ventricule gauche naît l'artère aorte, conduite maitresse qui se recourbe en

crosse, descend le long de la colonne

vertébrale, et, dé-

tache des artères

qui se rendent dans

la tête, dans les

membres et dans

les divers organes : estomac, foie, rein, etc. Arrivée à l'organe

qu'elle doit irriguer, un muscle par exemple, l'artère se divise

en conduits de plus en plus fins ou artérioles et finalement en

vaisseaux si étroits qu'on les a nommés vaisseaux capillaires (du

latin : *capillus*, cheveu); ils sont d'ailleurs plus fins que des che-

veux. Toute la masse du muscle en est pénétrée, et ils sont si nom-

breux qu'on ne peut piquer un muscle avec une aiguille sans en

percer quelques-uns. Puis, les vaisseaux capillaires se réunissent

en vaisseaux plus gros, comme le feraient des ruisseaux pour

former des rivières, et ainsi naissent des conduits de plus en plus

gros, les veines. Toutes les veines venant des diverses parties du

corps se réunissent finalement en deux troncs, la veine cave supé-

rieure et la veine cave inférieure qui se jettent dans l'oreillette

droite (fig. 24).

Du ventricule droit se détache une grosse artère pulmonaire qui

Fig. 23. — Conformation intérieure du cœur.

Dans cette coupe du cœur, on remarquera les filaments blancs qui fixent les bords des Valvules à de gros piliers charnus des ventricules. Les flèches indiquent le trajet du sang dans le cœur.

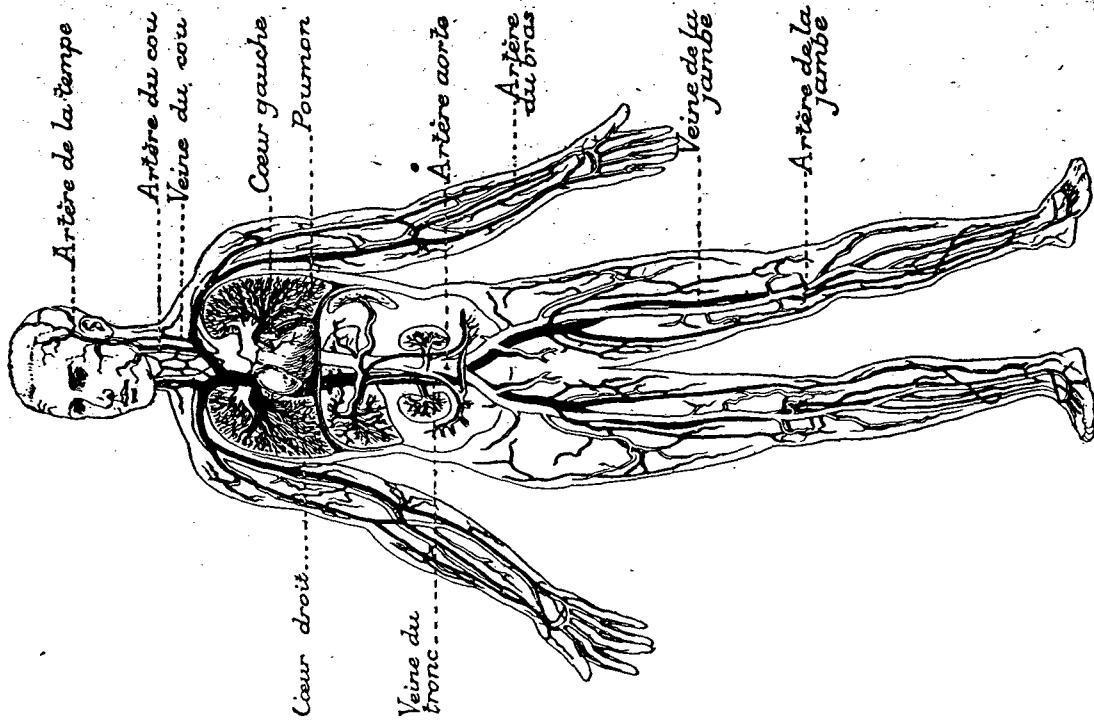


Fig. 24. — Les principaux vaisseaux du corps de l'Homme. Dans cette figure qui montre bien l'importance et l'étendue de la canalisation nutritive, les veines sont représentées en noir, les artères sont laissées en blanc; les capillaires, trop fins, ne sont pas représentés.

se divise bientôt en deux branches pénétrant chacune dans un poumon où elles se réduisent aussi en capillaires. Puis ces capillaires se réunissent et forment deux veines pour chaque poumon; ces quatre *veines pulmonaires* aboutissent à l'oreillette gauche. Les orifices des artères aorte et pulmonaire sont garnis de trois lames en forme de gousset qui s'opposent au reflux du sang des artères vers le cœur (fig. 23).



Fig. 25. — Veine ouverte montrant les valvules v.

**Structure comparée des artères, veines et capillaires.** — Au toucher, les artères sont fermes, les veines sont molles. La paroi des artères est en effet *élastique*: l'artère peut se gonfler. La paroi est aussi *musculaire*; elle contient des fibres musculaires lisses disposées en anneaux; si ces fibres se contractent, le calibre de l'artère diminue. Les veines sont résistantes mais peu élastiques; leur paroi interne est fréquemment garnie de valvules en forme de gousset dont la concavité est tournée vers le cœur (fig. 25).

La paroi des capillaires est formée d'une seule couche de cellules plates, elle est d'une minceur extrême.

### • Mécanisme de la circulation.

**Rôle du cœur.** — Le sang circule dans les vaisseaux: en observant au microscope la queue transparente d'un têtard, on voit le sang couler en ruisselets dans les plus fins capillaires, en rivières dans les plus larges.

— Il est mis en mouvement par le cœur qui agit comme une pompe. Ainsi qu'on peut le voir par divers procédés, à intervalles réguliers, 70 fois par minute environ, il se contracte, puis se relâche. Dans ces mouvements, on distingue trois phases:

I. Les deux oreillettes se contractent simultanément, refoulant le sang qu'elles contiennent dans les ventricules, puis elles se relâchent.

II. Les deux ventricules, ainsi remplis de sang, se contractent simultanément à leur tour; le sang, pressé, ne peut revenir dans les oreillettes, car les lèvres des valvules s'appliquent l'une contre l'autre et ferment l'orifice; il s'engage alors dans les artères aorte et pulmonaire.

III. Les ventricules se relâchent, tout le cœur se repose. Un nouvel afflux de sang venu des veines remplit les oreillettes. Le cœur agit en somme comme ces pompes qui aspirent puis refoulent l'eau.

Lors de la contraction des ventricules, le cœur pousse légèrement la paroi de la poitrine qu'il parait « battre ». On perçoit facilement ce battement en appliquant le doigt dans la région du cœur, entre les 5<sup>e</sup> et 6<sup>e</sup> côtes gauches.

Chez l'Homme adulte, au repos, le cœur bat ainsi 70 fois par minute, davantage dans la fièvre ou après un violent exercice musculaire; chez l'enfant, les battements sont plus fréquents que chez l'adulte, et on en compte ordinairement 135 par minute.

**Rôle des artères.** — Le sang est sous pression dans les artères : en effet, d'une artère coupée sort un jet de sang. Cette pression artérielle augmente brusquement à chaque contraction des ventricules qui envoie dans les artères une nouvelle masse de sang (60 grammes environ). Cette augmentation est sensible au doigt pressant une artère : c'est la *pulsation* ou *pouls*. On « tâte le pouls » au poignet sur l'artère correspondant au radius. On peut ainsi compter les battements du cœur.

L'élasticité des artères transforme le jet intermittent du sang qui sort du cœur, en un écoulement continu. On le vérifie par l'expérience suivante (fig. 26). A la base d'un vase plein d'eau, ou au robinet d'une fontaine, on adapte deux tubes de même grosseur, l'un en verre V, l'autre en caoutchouc C. Si l'on ouvre et ferme alternativement et rapidement le robinet, l'eau s'échappe par jets intermittents du tube de verre qui est rigide, son écoulement est continu par le tube de caoutchouc qui est élastique.

Fig. 26. — Expérience montrant le rôle de l'élasticité des artères.

muscleuse, les artères peuvent changer de grosseur et par suite modifier la distribution du sang aux organes. Elles se resserrent quand les organes où elles se rendent sont au repos, elles se dilatent quand ils fonctionnent. La rougeur du visage est due à un afflux de sang déterminé par la dilatation des artères, la pâleur à un

rétrait du sang dû à leur resserrement. Cette canalisation artérielle est donc aussi parfaite que possible.

**Rôle des capillaires.** — Le sang circule très lentement dans les capillaires et les échanges nutritifs peuvent se faire aisément à travers leur mince paroi. C'est là que le sang abandonne les éléments nutritifs qu'il transporte et se charge des déchets des organes.

**Rôle des veines.** — La pression est à peu près nulle dans les veines; aussi, pour empêcher le sang de refluer en arrière, les veines ascendantes sont-elles garnies de valves en gousset.

**Accidents des vaisseaux.** — La section d'une artère est toujours dangereuse : les deux bouts coupés se séparent, la section reste béante par suite de l'élasticité artérielle, le caillot ne peut se former à cause de la pression sanguine. On reconnaît qu'une artère a été

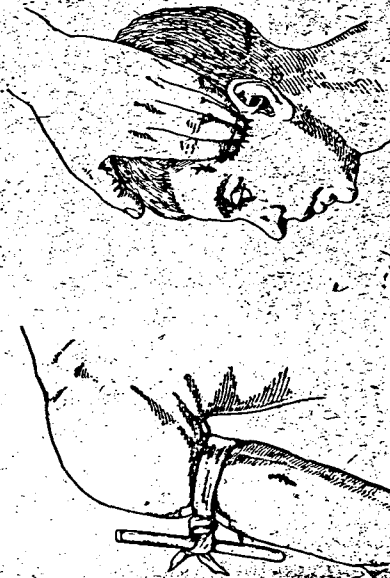


Fig. 27. — Arrêt d'une hémorragie par le garrot. — Arrêt d'une hémorragie par la compression.

coupée quand de la plaie sort un jet de sang rouge vermeil animé de saccades.

Une artère sectionnée doit être liée, ligaturée par un médecin. En attendant son intervention et pour éviter une abondante hémorragie, on prendra les soins suivants. Si l'artère coupée appartient à un membre, on a recours au *garrot* (fig. 27) : on entoure le membre blessé au-dessus de la plaie d'un lien formé avec un mouchoir ou une serviette tordus. On glisse entre le lien et la peau un

bâton, et on tord le lien jusqu'à ce que le sang ne coule plus; on a pour éviter de pincer et de déchirer la peau. Si l'artère coupée appartient à la tête, au cou, ou au tronc, on pratique la *compression* (fig. 28) : avec les doigts ou à l'aide d'un bouchon, on comprime l'artère dans le voisinage de la plaie jusqu'à ce que l'hémorragie cesse.

### Circulation lymphatique.

**La lymphé.** — Outre le sang, un autre liquide, la *lymphe*, assure les échanges nutritifs. Mais, alors que le sang est endigué dans des vaisseaux, une grande partie de la lymphé imprègne directement les organes, comme de l'eau imprègne une éponge. La lymphé est formée des mêmes éléments que le sang, sauf qu'elle ne contient pas de globules rouges : c'est du sang incolore; elle est réduite au plasma et aux leucocytes. Elle provient en partie du sang : dans la traversée des capillaires, une partie du plasma sanguin filtre à travers la paroi de ces vaisseaux; les leucocytes par leurs mouvements propres traversent aussi la paroi des capillaires (fig. 18). La lymphé ainsi constituée baigne les organes et participe à leur nutrition; les leucocytes sortis des vaisseaux se répandent partout dans le corps et y accomplissent leur rôle de nettoyeurs et de défenseurs.

**Circulation de la lymphé.** — Cette lymphé ne saurait demeurer immobile et stagnante : elle circule. Elle pénètre dans des *capillaires lymphatiques* qui se réunissent pour former des *vaisseaux lymphatiques* munis de nombreuses valvules. Sur le trajet de ces vaisseaux, principalement au cou, à l'aisselle, à l'aîne, sont de petits renflements, sensibles au doigt, les *ganglions lymphatiques*, où les leucocytes se multiplient rapidement. La plupart de ces vaisseaux se réunissent pour former le *canal thoracique* qui remonte le long de la colonne vertébrale, et vient se jeter dans une ramification de la veine cave supérieure. Ainsi la lymphé revient au sang. Les faits relatifs à la circulation sont résumés dans les tableaux suivants :

## LA CIRCULATION.

### Circulation sanguine.

#### A. — Le sang.

**Les globules.** — Disques biconcaves colorés en rouge sombre par l'*hémoglobine* qui, en fixant de l'oxygène, devient l'*oxyhémoglobine* rouge vermeil.

**Le plasma.** — Cellules incolores; mobiles, sensibles, capables de capturer et de digérer les éléments morts ou les microbes.

**Fibrinogène.** — Matière qui, en se transformant en *fibrine*, fait cailler le sang.

**Sérum.** — Liquide qui se sépare du sang caillé. Il contient de l'eau, des sels, de l'albumine, des produits de la digestion, des déchets de l'organisme.

#### B. — L'appareil circulatoire.

**Le cœur.** — Muscle entourant 4 cavités : 2 *oreillettes* en haut, 2 *ventricules* en bas communiquant par des *valvules*.

**Les vaisseaux.** — Les artères partent des ventricules et distribuent le sang aux organes, leur paroi est élastique et musculeuse.

Les veines ramènent le sang aux oreillettes, leur paroi, peu élastique et musculeuse, a souvent des valvules.

Les capillaires réunissent les artères aux veines; leur paroi est très mince.

#### C. — Mécanisme de la circulation.

**Rôle du cœur.** — Par ses contractions (70 par minute), il refoule le sang dans toutes les parties du corps.

**Rôle des artères.** — L'élasticité de leur paroi maintient le sang sous pression et régularise son cours.

**Rôle des capillaires.** — Les muscles de leur paroi règlent l'afflux du sang dans les organes.

**Rôle des veines.** — Elles ramènent le sang au cœur.

#### Composition.

Elle baigne directement les organes.

Elle est formée de plasma et de leucocytes.

**Origine.** — Elle provient pour la plus grande partie du plasma sanguin qui filtre à travers les capillaires, et des leucocytes qui en traversent les parois.

**Circulation.** — Elle revient ensuite au cœur par des *vaisseaux lymphatiques* qui traversent parfois des *ganglions lymphatiques*.

**DOCUMENT 16**

3° Les *veines*, qui sont des canaux ramenant le sang des différents organes au cœur. On donne quelquefois aux veines, comme aux artères, le nom de *vaisseaux sanguins*;

4° Les *capillaires*, qui sont des vaisseaux très étroits reliant les artères aux veines.

## CHAPITRE IV

### CIRCULATION

**36. Utilité de la circulation.** — L'étude de la digestion nous a montré comment les aliments dont nous faisons notre nourriture sont transformés, absorbés par les papilles intestinales et vont se mêler au sang. Mais nous n'avons pas encore examiné comment chaque partie de notre corps peut profiter du résultat de la digestion et utiliser, pour réparer ses pertes, le liquide nutritif absorbé par l'intestin. Nous allons voir dans l'étude de la circulation que le sang, après avoir puisé dans l'intestin les matières utiles à la nutrition, va les transporter dans toutes les parties du corps. C'est ainsi que la circulation du sang complète l'œuvre de la digestion.

Dans l'étude de la circulation du sang, nous examinerons successivement :

1° L'*appareil circulatoire*, c'est-à-dire l'ensemble des organes qui renferment le sang, et le *mécanisme de la circulation*, c'est-à-dire la façon dont s'effectue le mouvement continu du sang à l'intérieur de l'appareil circulatoire;

2° Le *sang* lui-même et les modifications qu'il subit.

**37. Appareil circulatoire.** — L'appareil circulatoire, formé par un ensemble d'organes creux qui renferment le sang, se compose des parties suivantes :

1° Le *cœur*, qui est la partie la plus importante de l'appareil circulatoire et qui sert à lancer le sang dans toutes les parties du corps;

2° Les *artères*, qui sont des canaux conduisant le sang depuis le cœur jusque dans les différents organes;

**38. Cœur.** — Le cœur (fig. 48) est un organe charnu un peu plus gros que le poing. Il est situé en avant et dans la

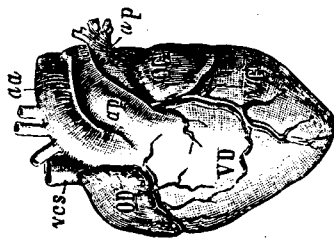


Fig. 48. — Cœur de l'homme, vu par devant : OD, oreillette droite ; OG, oreillette gauche ; VD, ventricule droit ; VG, ventricule gauche ; ves, veine cave supérieure ; aa, artère aorte ; ap, artère pulmonaire. (Réduit au quart de la grandeur naturelle.)

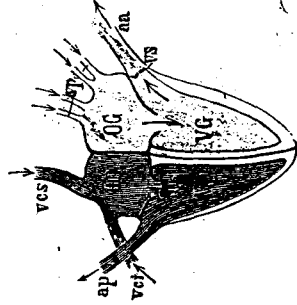


Fig. 49. — Figure théorique du cœur. OG, oreillette gauche ; VG, ventricule gauche ; OD, oreillette droite ; VD, ventricule droit ; ves, veines pulmonaires ; aa, artère aorte ; ves, veine cave supérieure ; vd, veine cave inférieure ; ap, artère pulmonaire ; ss, deux des valvules sigmoïdes.

partie supérieure de la poitrine, il se termine par une pointe tournée en bas et inclinée à gauche. Le cœur est maintenu dans cette position par une double membrane appelée *péricarde* qui l'entoure et le relie aux parois du corps.

Quand on coupe le cœur de haut en bas (fig. 49), on voit qu'il se compose de deux parties distinctes, l'une à droite, l'autre à gauche. Chacune de ces parties comprend deux cavités qui communiquent entre elles. Les deux cavités supérieures de chaque côté (OD et OG, fig. 48 et 49) sont les *oreillettes* et les inférieures (VD et VG, fig. 48 et 49) sont les *ventricules*. Il y a donc deux oreillettes sans communication entre elles, une



à droite et une à gauche, et, de même, deux ventricules sans communication entre eux et séparés l'un de l'autre par une cloison.

On appelle ordinairement *cœur gauche* l'ensemble de l'oreillette gauche et du ventricule gauche, et *cœur droit* l'ensemble de l'oreillette droite et du ventricule droit.

Chaque oreillette communique avec le ventricule correspondant par une soupape appelée *valvule*; celle qui fait communiquer l'oreillette droite avec le ventricule droit s'appelle la *valvule tricuspidale*, et celle qui fait communiquer l'oreillette gauche avec le ventricule gauche s'appelle la *valvule mitrale*.

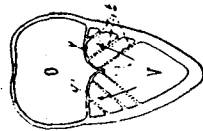
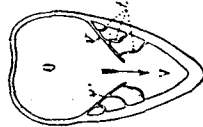


Fig. 50 et 51. — Figures théoriques montrant le fonctionnement des valvules du cœur. — Dans la figure 50, l'oreillette se contracte, la valvule s'ouvre et le sang passe dans le ventricule. Dans la figure 51, le ventricule se contracte et la valvule se ferme.

Chacune des quatre cavités du cœur est d'ailleurs en communication avec des vaisseaux sanguins qui permettent au sang d'entrer ou de sortir.

### 39. Mouvements du sang dans le cœur gauche.

— Le sang part du cœur et revient au cœur, après avoir parcouru les différentes parties du corps; nous allons le suivre dans ce trajet en décrivant les différentes régions de l'appareil circulatoire qu'il traverse successivement. Pour cela, examinons d'abord le mécanisme des mouvements du sang dans le cœur gauche, c'est-à-dire la façon dont le sang passe de l'oreillette dans le ventricule et du ventricule gauche dans les artères.

L'oreillette gauche se contracte d'abord (fig. 50) et refoule le sang dans le ventricule par la valvule mitrale, puis le ventricule se contracte à son tour et chasse le sang dans l'artère

aorte (§ 40). Les contractions de l'oreillette et du ventricule sont donc successives.

Le sang va de l'oreillette dans le ventricule, mais ne peut jamais revenir du ventricule dans l'oreillette. Cela tient à la disposition des valvules. Les valvules du cœur sont en effet formées de plusieurs membranes (v, v', fig. 50 et 51) qui s'écartent l'une de l'autre et s'appliquent contre la paroi du cœur lorsque le sang arrive poussé par les contractions de l'oreillette O (fig. 50). Au contraire, lorsque le ventricule V se contracte, les membranes se rapprochent l'une de l'autre sous la pression du sang et ferment complètement l'orifice de la valvule (fig. 51). Ce mouvement des valvules peut se comparer à celui d'une fenêtre qui s'ouvre vers l'intérieur d'une chambre: si on pousse les battants par l'extérieur, on ouvre la fenêtre; si on les pousse par l'intérieur, on la ferme.

Il est facile de compter le nombre des contractions du cœur; en effet, chaque fois que le ventricule se contracte, la pointe du cœur se relève et vient frapper contre la poitrine. Ce choc est très sensible lorsqu'on met la main sur le côté gauche de la poitrine; c'est ce qu'on appelle un battement du cœur. Le nombre des battements indique donc le nombre des contractions du ventricule. On constate ainsi qu'en général le nombre des battements est de 60 à 70 par minute chez un homme adulte; ce nombre est plus considérable chez les enfants et les vieillards et augmente notablement pendant la fièvre.

**40. Artères.** — Les contractions du ventricule gauche chassent le sang dans une grosse artère appelée *artère aorte* (AO, fig. 52) qui se recourbe bientôt en forme de crosse du côté gauche du corps et redescend vers la partie inférieure.

Le ventricule devant faire parvenir le sang dans toutes les parties du corps, on conçoit que ses parois soient beaucoup plus épaisses que celles de l'oreillette qui doit seulement faire passer le sang dans le ventricule.

Le sang qui a passé du ventricule gauche dans l'aorte ne peut revenir dans le ventricule. A l'entrée de l'aorte, on voit, en effet, trois membranes appelées *valvules sigmoïdes* (voyez vs, fig. 49), qui ont pour rôle d'empêcher ce retour. Lorsque le

courant du sang est dirigé du ventricule vers l'aorte, les val-

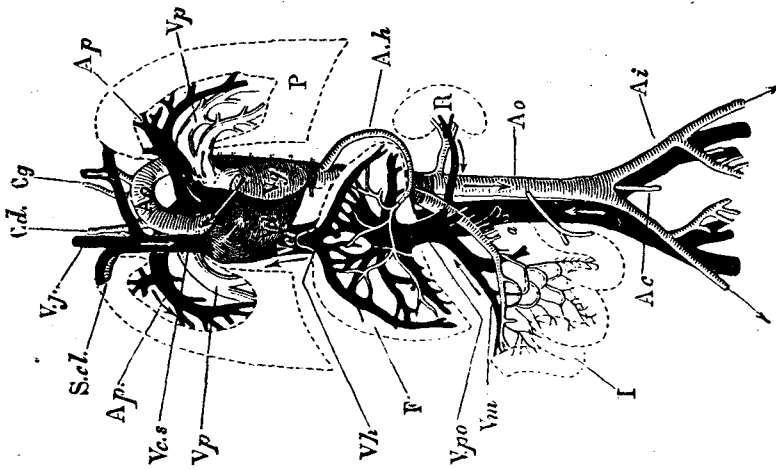


Fig. 52. — Cœur et principaux vaisseaux : Vp, ventricule gauche; Vd, ventricule droit; Ao, artère aorte; S.cl, artère sous-clavière droite; Ca, artères carotides, droite et gauche; A, artère mésentérique; A.h, artère du foie (artère hépatique); Ai, une des deux artères iliaques; Ac, artère coecygienne; Vc.s, veine cave supérieure; Vc.i, veine cave inférieure; Vj, veine jugulaire droite; Vh, veine hépatique; Vm, veine mésentérique supérieure; Ap, artères pulmonaires, contenant du sang noir; Vp, veines pulmonaires contenant du sang rouge; V.po, veine porte, qui relie l'intestin au foie; F, foie; P, poumon; I, intestin; R, rein gauche.

lules s'appliquent contre les parois de l'aorte, et laissent passer le sang; si, au contraire, le courant se trouvait renversé, les

valvules s'écarteraient des parois de l'aorte et s'appliqueraient l'une contre l'autre, de façon à barrer le passage au sang. Ce mécanisme est analogue à celui qui a été décrit pour les valvules du cœur.

L'aorte émet un grand nombre de ramifications qui se rendent dans toutes les parties du corps (fig. 52). Chaque organe reçoit le sang par une artère spéciale qui se détache de l'aorte. Chacune de ces artères se ramifie à son tour un grand nombre de fois, de façon à porter le sang dans toutes les parties de chaque organe.

Citons les principales artères :

Les artères *carotïde droite Cd* (fig. 52) et *carotïde gauche Cg* qui se ramifient dans la moitié droite et la moitié gauche de la tête;

Les artères *sous-clavière droite S.cl* et *sous-clavière gauche* qui se rendent dans le bras droit et dans le bras gauche; L'*artère hépatique A.h* qui va au foie.

L'*artère mésentérique a*, (fig. 52) qui va se ramifier dans le péritoine et sur l'intestin.

Les deux artères *iliaques Ai* (fig. 52) qui se rendent dans les jambes.

#### 4.1. Mouvements du sang dans les artères; pouls.

— Les contractions du ventricule se produisant seulement à certains intervalles, le sang arrive dans l'aorte par saccades. Le courant du sang dans les artères n'est donc pas continu, mais présenté comme une série d'ondulations correspondant chacune à une contraction du ventricule.

Chaque fois que le ventricule gauche se contracte, le sang afflue dans l'aorte, et les parois artérielles se dilatent grâce à leur élasticité. Dans l'intervalle de deux contractions, le sang n'est plus projeté dans l'aorte, et les parois artérielles se contractent. Les mouvements du ventricule gauche déterminent donc une série de dilatations et de contractions qui se propagent le long de l'aorte. Mais on comprend qu'à mesure qu'on s'éloigne du cœur, ces contractions et ces dilatations s'affaiblissent et que les saccades du courant sanguin soient moins fortes dans les petites artères des organes que dans l'aorte elle-même.

On peut d'ailleurs apprécier facilement dans certaines artères la force et le nombre de ces saccades. L'une des artères du poignet, par exemple, passe sur un os à une faible distance de la peau. En appliquant le doigt sur l'os, on comprime l'artère entre le doigt et l'os. On peut alors compter facilement le nombre des dilatations de l'artère ou, comme on dit, des *pulsations*. C'est de cette façon que, dans la pratique, on compte le nombre des contractions du cœur; c'est ce qu'on appelle « tâter le pouls », dans le langage ordinaire.

**42. Capillaires généraux du corps.** — Chaque artère, avons-nous dit, se divise en un grand nombre de branches qui se ramifient à leur tour jusqu'à former de petits vaisseaux excessivement étroits que nous avons appelés *capillaires*



Fig. 53. — Réseau de capillaires

(fig. 53). Le nombre de ces vaisseaux est si grand qu'on ne peut faire une piqure, même très légère, en un point quelconque du corps sans en briser quelques-uns et provoquer un léger saignement.

Pendant son passage dans les vaisseaux capillaires, le sang abandonne les matières nutritives qui sont utiles à chaque partie du corps, et reprend les résidus devenus inutiles. C'est à travers les parois des vaisseaux capillaires que se fait cet échange de matières.

Ces modifications que subit le sang en traversant les capillaires se manifestent par un changement de couleur; avant d'entrer dans les capillaires, le sang était d'un rouge vif; en sortant des capillaires il est d'un rouge foncé, presque noir. On appelle ordinairement *sang rouge* le sang coloré en rouge vif qui n'a pas encore traversé les capillaires du corps, et *sang noir* le sang qui est devenu noir en traversant les capillaires.

**43. Veines générales du corps.** — Après que le sang a servi à nourrir toutes les parties du corps, il faut qu'il revienne au cœur; ce sont les veines qui l'y ramènent. Les capillaires se réunissant entre eux, forment de petites veines qui se fusionnent à leur tour pour se réunir en une veine plus considérable. Finalement, toutes les veines d'un même organe se réunissent en une seule veine correspondant à l'artère qui a amené le sang rouge dans cet organe.

L'artère et la veine d'un même organe cheminent ordinairement côte à côte et portent souvent le même nom. Citons: les veines *jugulaires* qui sont dans la tête; les veines *sous-clavières* qui se rendent dans les bras, les veines *iliaques* qui ramènent le sang des jambes, etc. (Voy. fig. 52).

Les veines venant des différents organes se réunissent ensuite les unes aux autres et finissent par ne plus former que deux gros vaisseaux qui sont les *veines caves*. La *veine cave supérieure* (Vc. s., fig. 52) reçoit le sang des veines de la tête, des bras et de la partie supérieure du corps et la *veine cave inférieure* recueille le sang qui vient des jambes et des parties inférieures et moyennes du corps. Les deux veines caves viennent déboucher ensemble dans l'oreillette droite

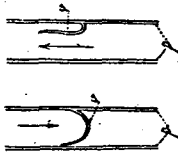


Fig. 54. — Fonctionnement des valves dans les veines p. — A droite, la valve laisse passer le sang qui va au cœur. — A gauche, la valve arrête le sang qui tend à s'éloigner du cœur.

**44. Mouvements du sang dans les veines.** — Le sang qui circule dans les veines n'est pas, comme dans les artères, poussé directement par les contractions du cœur; aussi, pour que le courant du sang noir se dirige toujours vers le cœur, trouve-t-on à l'intérieur des veines des valves comparables aux valves sygmoides. Ces valves sont constituées par de petites membranes en forme de nid de pigeon qui s'appliquent contre la paroi des veines lorsque le sang se dirige vers le cœur (fig. 54, à droite), et s'écartent de façon à obstruer la cavité de la veine si le sang tendait à revenir (fig. 54, à gauche). Les veines de la tête et de la partie supérieure du corps ne pré-

sentent pas de valves ; on conçoit, en effet, que dans ce cas le sang, circulant de haut en bas, chemine toujours vers le cœur. Le courant du sang dans les veines est continu et non saccadé,

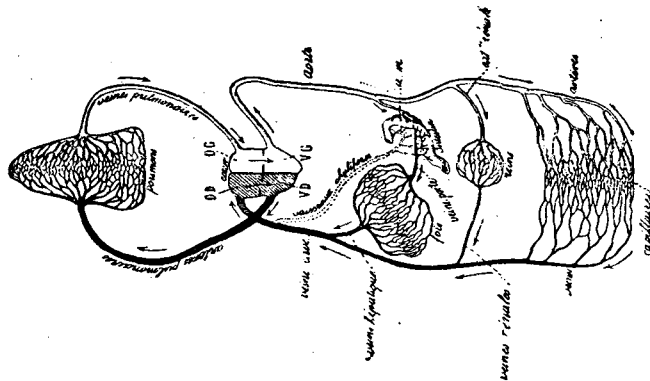


Fig. 53. — Figure théorique montrant la marche du sang dans l'appareil circulatoire de l'homme : OG, oreille gauche ; VG, ventricule gauche ; OD, oreille droite ; VD, ventricule droit ; a. m. artère mésentérique.

comme dans les artères. Lorsqu'on ouvre un vaisseau sanguin, la marche du sang dans ce vaisseau est indiquée d'une façon nette par la façon dont le sang s'écoule ; si c'est une veine qu'on a coupée, le jet de sang est régulier ; si, au contraire, c'est une artère, le jet est irrégulier et présente des saccades correspondant aux contractions du cœur.

**45. Cœur droit.** — Le sang arrive donc par les veines caves dans l'oreille droite (OD, fig. 55) ; de là, il est chassé

par les contractions de l'oreille dans le ventricule droit (VD, fig. 52) ; le ventricule droit, à son tour, se contracte et pousse le sang dans une artère spéciale (ap, fig. 48) appelée *artère pulmonaire*, qui se dirige vers les poumons.

Le mécanisme du mouvement du sang dans le cœur droit est exactement le même que dans le cœur gauche. L'oreille droite se contracte en même temps que l'oreille gauche, et le ventricule droit se contracte en même temps que le ventricule gauche ; seulement, le ventricule droit devant lancer le sang moins loin que le ventricule gauche, ses parois sont moins épaisses (VD, fig. 49), et ses contractions moins fortes.

**46. Artère pulmonaire.** — L'artère pulmonaire se divise en deux branches (Ap, Ap, fig. 52) qui se rendent chacune dans un poumon. Nous verrons plus tard comment, dans les poumons, le sang reprend au contact de l'air l'oxygène qu'il a perdu en devenant noir dans les capillaires des organes. Pour amener le sang au contact de l'air, les branches de l'artère pulmonaire se divisent en un grand nombre de ramifications très fines que nous appellerons *capillaires du poumon*. Ces capillaires arrivent au contact de l'air dans la cavité du poumon, et leurs parois sont assez minces pour que le sang noir redevienne rouge comme s'il était exposé à l'air.

**47. Veines pulmonaires.** — Au sortir des capillaires pulmonaires, le sang est recueilli par des vaisseaux plus grands, qui sont les *veines pulmonaires* (fig. 49). Les veines pulmonaires se réunissent et forment finalement quatre grosses veines (Vp, Vp, fig. 52), qui sortent des poumons et ramènent le sang à l'oreille gauche (1). De là, le sang passe dans le ventricule gauche, puis dans l'aorte, d'où nous l'avons suivi dans le reste du corps.

**48. Différences entre les veines et les artères.** — Il est très facile de distinguer une veine d'une artère. Les parois

(1) Remarquons que les artères pulmonaires renferment du sang noir et les veines pulmonaires, du sang rouge. C'est donc à tort qu'on appelle quelquefois le sang rouge, sang artériel et le sang noir, sang veineux.

des artères sont résistantes et élastiques, les parois des veines sont molles et flasques. Une artère vide conserve sa forme; au contraire, une veine qui ne renferme plus de sang s'aplatit complètement. Si, par suite d'un accident, une artère vient à être coupée, l'ouverture reste béante, le sang s'écoule en abondance et la mort peut survenir immédiatement (1). La déchirure d'une artère se produit d'ailleurs rarement, car les artères sont situés dans les tissus, à une assez grande distance de la peau. Beaucoup de veines, au contraire, sont superficielles; aussi, les blessures des veines sont-elles plus fréquentes, mais sans gravité, car elles se cicatrisent rapidement (2).

Cette différence de propriétés entre les veines et les artères tient à une différence dans la structure. Les parois des artères renferment une grande quantité de fibres spéciales qui rendent les artères résistantes et élastiques. Les veines, au contraire, ne renferment presque pas de ces fibres.

**49. Composition du sang.** — Le sang présente l'aspect d'un liquide rouge homogène; mais, au microscope, on voit que la couleur rouge est due à la présence d'un très grand nombre de petits corpuscules rouges en forme de disques aplatis, qu'on appelle les *globules rouges* du sang (R, fig. 56).

Ces globules sont plongés dans un liquide incolore ou jaunâtre appelé le *plasma*. Outre les globules rouges, on trouve dans le sang de petits corps incolores de forme irrégulière B qu'on appelle *globules blancs*.

Examinons successivement ces différents éléments du sang.



Fig. 56. — Globules du sang : R, globules rouges; B, globules blancs. (Grossi 300 fois.)

(1) La pression du sang à l'intérieur des artères peut occasionner une dilatation des parois; la rupture de ces dilatations constitue l'accident connu sous le nom de rupture d'un anévrisme; cet accident est ordinairement mortel.

(2) Les veines, surtout celles des membres inférieurs, sont quelquefois dilatées par le sang qui s'y accumule. On empêche la rupture de ces veines dilatées ou varices en comprimant légèrement avec des appareils spéciaux les parties malades.

Les globules rouges ont la forme de disques, creusés sur leurs deux faces comme une lentille biconcave. Ils sont constitués par une matière albuminoïde incolore imprégnée d'une matière colorante azotée appelée *hémoglobine*. Si on laisse reposer le sang à l'abri des organismes qui pourraient amener la putréfaction, l'hémoglobine se sépare de la substance des globules et cristallise; l'hémoglobine est donc une substance azotée cristallisable qui colore les globules en rouge. Cette substance joue un rôle capital dans la nutrition en fixant l'oxygène de l'air; elle renferme toujours du fer.

Les globules blancs sont aussi formés de matières albuminoïdes, mais ne renferment pas d'hémoglobine; leur forme est variable et le nombre bien moindre que celui des globules rouges; pour un globule blanc, il y a environ quatre cents globules rouges.

Le plasma est un liquide jaunâtre formé surtout d'eau et renfermant en dissolution un grand nombre de substances.

**50. Coagulation du sang.** — Lorsque le sang extrait des vaisseaux est abandonné à lui-même, il se sépare en deux parties (fig. 57). En haut, est un liquide clair, jaunâtre *s*; en bas, est une masse rouge de consistance gélatineuse *c*; c'est à cette transformation qu'on donne le nom de *coagulation du sang*.

La partie solide ou *caillot c* est formée par les globules agglutinés au milieu de filaments d'une matière qui est la *fibrine*. La fibrine était dissoute dans le plasma et s'est précipitée lorsque le sang est sorti des vaisseaux. La couche

liquide *s* qui est au-dessus du caillot est formée par le plasma dépourvu de la fibrine; on a donné le nom de *sérum* à ce liquide. On peut donc dire pour résumer ce qui précède:

Sang { Plasma contenant la fibrine | Caillot = globules + fibrine,  
          dissoute + globules,           Sérum = plasma - fibrine.

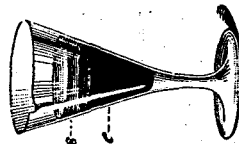


Fig. 57. — Verre dans lequel on a laissé du sang se coaguler : *s*, sérum, *c*, caillot.

## 51. Modification du sang dans l'appareil circu-

**latoire.** — En parcourant l'appareil circulatoire, le sang subit de nombreuses modifications.

Les unes sont relatives aux gaz contenus dans le sang ; dans les capillaires du corps, le sang cède, en effet, de l'oxygène à l'organisme et se charge de gaz carbonique, tandis que dans les capillaires des poumons, le sang dégage du gaz carbonique et absorbe de l'oxygène.

D'autres modifications se rapportent aux substances liquides ou solides en dissolution dans le plasma.

Dans les capillaires du corps, le sang s'appauvrit continuellement en cédant à l'organisme les substances nutritives qui lui sont nécessaires ; il faut donc que le sang se reconstitue en recevant les produits de la digestion absorbés dans l'intestin.

De plus, le sucre (glucose), qui joue un rôle important dans la nutrition des cellules, reste en même proportion dans le sang grâce à une fonction spéciale du foie.

En outre, dans les capillaires, le sang recueille, pour l'en débarrasser, les matières devenues inutiles à l'organisme.

Nous allons donc étudier successivement :

- 1° Les variations dans la composition des gaz renfermés dans le sang ;
- 2° L'arrivée dans le sang des matières digérées ;
- 3° La régularisation du glucose contenu dans le sang ;
- 4° L'élimination des substances inutiles.

**5.2. Gaz du sang ; sang rouge et sang noir.** — Avant de traverser les capillaires du corps, le sang est d'un rouge vif ; nous lui avons donné le nom de sang rouge.

Lorsque le sang rouge a traversé les capillaires du corps, sa couleur a changé, il est devenu sang noir. On peut constater que le sang rouge renferme plus d'oxygène et moins de gaz carbonique que le sang noir (1).

(1) 100 centimètres cubes de sang rouge renferment 20 centimètres cubes d'oxygène et 48 centimètres cubes de gaz carbonique, tandis que 100 centimètres cubes de sang noir renferment 12 centimètres cubes d'oxygène et 55 centimètres cubes de gaz carbonique.

C'est à cette différence de proportion des gaz qu'est due la différence de couleur du sang rouge et du sang noir ; si l'on ajoute de l'oxygène au sang noir en l'agitant à l'air, on le voit aussitôt rougir. Dans le sang rouge, l'oxygène est combiné à l'hémoglobine des globules et forme ce qu'on appelle l'oxyhémoglobine, substance d'un rouge vif.

Or, nous avons vu que le sang noir redevient rouge pendant son passage dans les capillaires des poumons ; c'est donc là que le sang reprend l'oxygène qu'il a cédé à l'organisme et abandonné le gaz carbonique recueilli dans les capillaires du corps ; cet échange entre le sang et l'air renfermé dans les poumons se fait à travers les minces parois des capillaires pulmonaires.

**53. Comment les matières digérées arrivent dans le sang ; vaisseaux chylifères et veine porte.** —

Les matières digérées sont absorbées par les papilles intestinales et arrivent dans le sang par deux voies différentes : 1° par les vaisseaux chylifères ; 2° par la veine porte.

1° *Par les vaisseaux chylifères.* — Dans les papilles intestinales se trouvent les plus fines ramifications de vaisseaux appelés *vaisseaux chylifères* (V. ch, fig. 53) et qui sont en abondance dans le péritoine. Les matières digérées, en filtrant à travers les parois des papilles intestinales, arrivent dans les chylifères et forment ce liquide blanchâtre, appelé *chyle*, que l'on remarque dans les chylifères après la digestion. Les chylifères se réunissent ensuite entre eux et vont déverser leur contenu dans un canal appelé

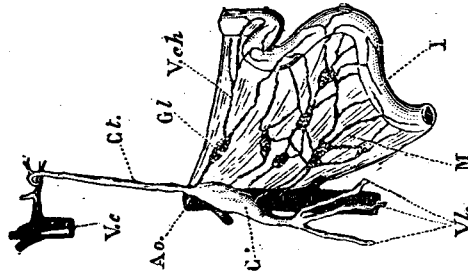


Fig. 53. — I, intestin ; V. ch, vaisseaux qui absorbent les matières digérées dans l'intestin ; ces vaisseaux se réunissent en un seul canal Cr, qui vient rejoindre la veine cave supérieure V. c. par l'intermédiaire de la veine sous-clavière gauche.

*canal thoracique C, Ct* (1) qui vient déboucher dans la veine sous-clavière gauche; le chyle se trouve ainsi mêlé au sang. 2° *Par la veine porte*. — Les papilles intestinales renferment, outre les derniers rameaux des chylifères, les dernières ramifications d'une veine spéciale appelée *veine porte*. Ces minces vaisseaux absorbent, comme les chylifères, une partie des matières digérées, puis se réunissent les uns aux autres et ne forment plus qu'une grosse veine, la veine porte (voyez V. po,

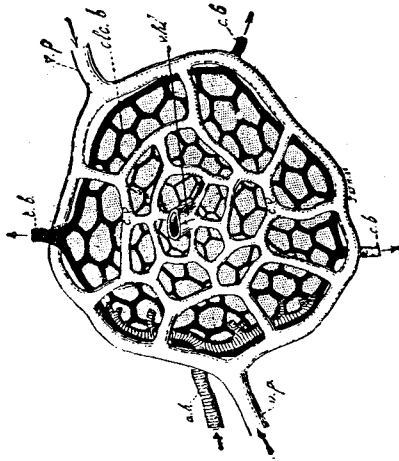


Fig. 59. — Figure théorique d'un lobule du foie. — *c.b.*, canal biliaire; *c.c.b.*, canalicule biliaire; *v.p.*, branche de la veine porte; *c.u.*, capillaires de la veine porte; *a.h.*, branche de la veine hépatique; *a.h.*, artère hépatique.

fig. 52) qui se rend dans le foie. La veine porte se divise à l'intérieur du foie et forme un réseau de capillaires qui entourent les lobules du foie (*vp, cv*, fig. 59). La veine porte est donc comme le tronc d'un arbre dont les racines naissent dans les papilles intestinales et dont les rameaux se répartissent à l'intérieur du foie (fig. 52 et 59). Dans ces capillaires du foie, le sang subit certaines modifications, puis passe dans la veine hépatique qui le ramène au cœur.

(1) La partie inférieure du canal thoracique où débouchent les chylifères est un peu élargie; on lui donne le nom de *citerne de Pecquet* (C. fig. 58)

#### 54. Régularisation de la proportion de glucose du sang; fonction glycogénique du foie.

— Si l'on dose la quantité de glucose qui se trouve dans le sang de la veine porte, on voit que cette quantité est faible, que les plus considérables lorsque les aliments digérés sont des sucres et des féculents qui se transforment en glucose, moins considérable lorsque ces aliments sont des albuminaux et qu'ils donnent naissance à des peptones. Il est facile de faire ces mesures en extrayant le sang de la veine porte d'un chien.

Si l'on dose, au contraire, le sucre du sang de la veine hépatique à sa sortie du foie, on trouve une proportion de sucre sensiblement constante et à peu près indépendante de l'alimentation.

*Le foie a donc pour principale fonction de rendre constante la proportion de sucre du sang.*

Cette fonction est remplie par ces petits amas de cellules que nous avons appelés lobules du foie (fig. 59). Les cellules qui, comme nous l'avons vu, sécrètent la bile, ont donc encore un autre rôle; elles absorbent le glucose apporté par la veine soluble appelée *glycogène* qui a la même composition que l'amidon. Le glycogène se dépose dans les cellules sous forme de fins granules (fig. 60); le glucose absorbé par la veine porte est ainsi mis en réserve dans le foie à l'état de glycogène.

Mais, à mesure que l'organisme a besoin de glucose, le glycogène du foie est transformé en glucose par une diastase spéciale, et le glucose, qui est soluble, est emporté par la veine hépatique. Cette production de glucose dépend seulement des besoins de l'organisme; c'est ce qui explique pourquoi la proportion de sucre renfermée dans la veine hépatique est sensiblement constante (1).

On a donné le nom de *fonction glycogénique* à cette fonction du foie qui consiste à régulariser la proportion du sucre dans le sang par la production et la mise en réserve du glycogène.



Fig. 60. — Cellules qui renferment des grains de glycogène. (Grossi 300 fois.)

(1) Dans la maladie connue sous le nom de diabète, la proportion de sucre augmente beaucoup dans le sang.

### 55. Reins ; élimination des substances inutiles par les reins, le foie et les glandes sudoripares. —

1° *Par les reins.* — Le sang se débarrasse de la plus grande partie des substances inutiles recueillies dans les capillaires du corps, en traversant deux glandes spéciales appelées *reins*, situées dans la région lombaire du corps (voyez plus loin R, fig. 64). Le sang chargé des matières inutiles arrive dans chaque rein par une artère issue de l'aorte (l'artère rénale), puis, débarrassé de ces matières, sort par une veine (veine rénale) qui se rend dans la veine cave inférieure (fig. 55).

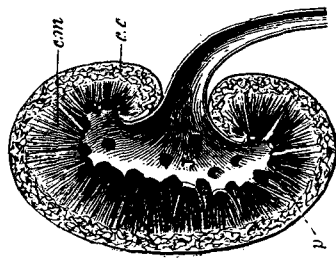


Fig. 61. — Rein coupé en long. — c.c, couche corticale ; c.m, couche médullaire ; p, pyramides ; J, bassinnet. (Réduit de moitié.)

Un rein est une grosse glande qui présente à peu près la forme d'un haricot (fig. 61) ; c'est par la partie déprimée appelée *hile* que pénètre l'artère rénale ; cette artère se divise en un grand nombre de branches qui se rapprochent de la périphérie du rein. La partie externe du rein, appelée aussi *couche corticale* (c. c, fig. 61), présente un aspect granuleux dû à un grand nombre de petits corps arrondis appelés *glomérules de Malpighi* (gm, fig. 62).

Dans chaque glomérule (fig. 62) arrive une artère a et une veine v qui sont reliées par un système de capillaires. En traversant ces capillaires, le sang se débarrasse d'une partie de l'eau

qu'il contient, ainsi que de certaines substances, telles que l'urée et l'acide urique. Ces matières éliminées sont recueillies par un petit tube (tube urinaire) (c, fig. 62). Ce tube d'abord sinueux dans la couche corticale (c.c, fig. 61) devient rectiligne dans la partie interne du rein appelée *couche médullaire* (c.m, fig. 61). Dans la région médullaire, les tubes urinaires se réunissent les uns aux autres et forment des paquets qu'on a appelés *pyramides* à cause de leur forme. Le sommet de chaque pyramide p est tourné vers le hile du rein et se termine dans un réservoir J, appelé *bassinnet*, où s'accumule le liquide amené par les tubes et qui est ensuite rejeté.

2° *Par le foie.* — La bile, qui est sécrétée par le foie et rejetée au dehors par l'intestin, renferme un certain nombre de substances inutiles qui sont ainsi éliminées.

3° *Par les glandes sudoripares.* — Une partie des matières

inutiles renfermées dans le sang est encore éliminée par la sueur. La sueur est produite par de petites glandes appelées *glandes sudoripares* qui sont situées dans la peau (gsd, fig. 63). Chacune de ces glandes est formée par un tube qui s'ouvre en dehors, traverse la partie extérieure de la peau (épiderme) et va s'enrouler en un petit peloton dans la partie profonde (derme). La sueur est un liquide qui renferme une petite proportion d'urée.

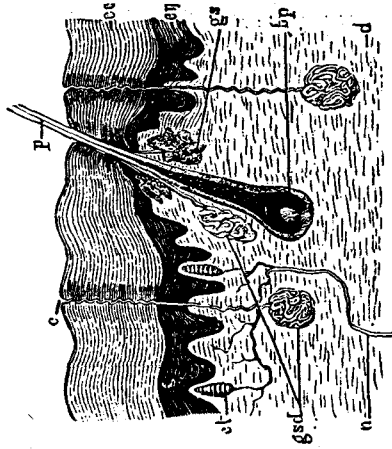


Fig. 63. — Coupe de la peau montrant des glandes sudoripares partielles. (Grossi 10 fois.)

**56. Système lymphatique.** — Nous avons vu que les vaisseaux chylifères se trouvent en abondance dans le péri-



canaux à parois molles et flasques qui ramènent le sang au cœur. Les artères et les veines se ramifient dans toutes les parties du corps. (Voyez fig. 61.)

**Cœur.** — Le cœur, organe charnu, situé en avant dans la partie supérieure de la poitrine, est formé de quatre poches; deux *ventricules* à parois épaisses et deux *oreillettes* à parois minces. L'oreillette gauche communique avec le ventricule gauche; l'oreillette droite communique avec le ventricule droit; mais il n'y a aucune com-

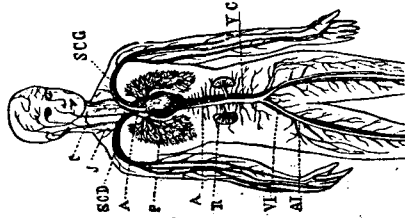


Fig. 64. — Ensemble des artères et des veines. — P, poumons. Les veines iliaques VI, la veine cave inférieure VC, les veines jugulaires J et les veines sous-clavières droites et gauches, SCD, SCC, conduisent le sang noir au cœur; l'artère aorte A.A., envoie le sang rouge dans tout le corps, C. artère carotide; AI, artère iliaque; R, reins.

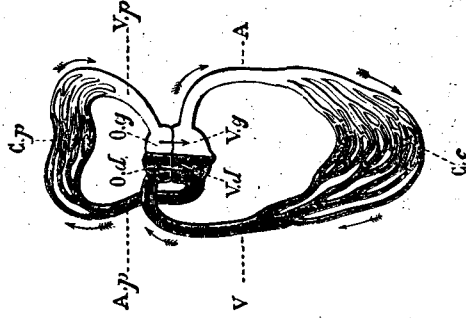


Fig. 65. — Figure montrant la circulation du sang.

munication directe entre le cœur gauche (oreillette et ventricule gauche) et le cœur droit (oreillette et ventricule droit).

**Circulation générale et circulation pulmonaire.** — On peut distinguer deux parties dans l'ensemble de la circulation :

1. Par la *circulation générale*, le sang rouge est conduit du ventricule gauche du cœur dans les diverses parties du corps où il devient d'une couleur rouge très foncée, presque noire. Le sang noir est

noir (fig. 53) et aboutissent au canal thoracique; on trouve, en outre, dans toutes les parties du corps, des vaisseaux analogues aux chylifères: ce sont les *vaisseaux lymphatiques* renfermant un liquide blanchâtre appelé *lympe*.

Les vaisseaux lymphatiques prennent leur origine dans les tissus par un réseau de capillaires qui n'a pas de relation avec le réseau des capillaires des artères et des veines; puis, ces vaisseaux se réunissent entre eux, se bifurquent, forment dans chaque organe un réseau irrégulier: les vaisseaux venus des différentes parties du corps aboutissent au canal thoracique qui débouche dans la veine sous-clavière gauche.

Sur le parcours des vaisseaux lymphatiques, on voit parfois de petits renflements appelés *ganglions lymphatiques*; ces ganglions se trouvent dans toutes les parties du corps; ceux qui sont sous les aisselles ou sous la mâchoire inférieure sont particulièrement faciles à percevoir.

La lympe est formée par un liquide jaunâtre, appelé plasma, dans lequel sont de nombreux globules blancs semblables aux globules blancs du sang; il n'y a pas de globules rouges.

Les canaux lymphatiques recueillent la lympe produite dans les divers organes et la transportent jusqu'au canal thoracique qui la déverse dans la veine sous-clavière gauche. Un courant en sens inverse ne peut s'établir dans les lymphatiques, à cause des valvules qui se trouvent contre les parois. Ces valvules, analogues aux valvules des veines (fig. 44), ferment la cavité du vaisseau lorsque la lympe tend à revenir sur ses pas.

Les chylifères (fig. 53) ne sont que des lymphatiques particuliers; outre la lympe, ils renferment, après les repas, une partie des matières absorbées dans l'intestin.

RÉSUMÉ

**Appareil circulatoire.** — L'appareil de la circulation du sang comprend les parties principales suivantes: le cœur, organe central de la circulation; les artères, canaux à parois résistantes et élastiques qui conduisent le sang partant du cœur, et les veines,

ensuite ramené à l'oreillette droite du cœur, d'où il passe dans le ventricule droit.

2° Par la *circulation pulmonaire*, le sang noir, qui a été ramené au cœur, est conduit du ventricule droit jusqu'aux *poumons*, où il redevient rouge au contact de l'air. Le sang, redevenu rouge, retourne à l'oreillette gauche du cœur, d'où il passe dans le ventricule gauche; de là, il est conduit dans la circulation générale, et ainsi de suite.

#### Résumé de la marche du sang dans la circulation.

Pour résumer la marche du sang dans la circulation, suivons le sang depuis le ventricule gauche jusqu'à ce qu'il revienne à ce même ventricule gauche (fig. 65). Le ventricule gauche V.g. en se contractant, ferme la communication avec l'oreillette gauche O.g. Le sang rouge qu'il contient est donc lancé dans l'aorte A. et par suite dans les artères générales du corps; de là, il passe dans les capillaires C.c. où il se transforme en sang noir et est ramené par les veines du corps V à l'oreillette droite O.d. L'oreillette droite en se contractant, fait passer le sang noir dans le ventricule droit V.d.; ce ventricule se contracte à son tour en fermant la communication avec l'oreillette droite, et projette le sang noir dans les artères pulmonaires A.p; de là, le sang noir arrive aux capillaires des poumons, C.p où il se transforme en sang rouge au contact de l'air. Le sang ainsi redevenu rouge dans les poumons, est repris par les veines pulmonaires qui le ramènent dans l'oreillette gauche du cœur. L'oreillette gauche se contracte et fait passer le sang rouge dans le ventricule gauche. Nous sommes ainsi revenus à notre point de départ.

#### Composition du sang; ses modifications dans la circulation.

Le sang se compose essentiellement du *plasma*, liquide jaunâtre renfermant les globules rouges colorés par l'hémoglobine et les globules blancs qui sont beaucoup moins nombreux.

En parcourant l'appareil circulatoire, le sang subit des modifications très importantes.

1° *Variation dans la composition des gaz renfermés dans le sang.* — Le sang rouge renferme plus de gaz oxygène que le sang noir. Cet oxygène est combiné à l'hémoglobine des globules et y forme l'*oxyhémoglobine* qui les colore en rouge vif. D'autre part, le sang noir renferme plus de gaz carbonique que le sang rouge.

C'est dans les poumons que le sang noir se transforme en sang rouge en rejetant du gaz carbonique et en absorbant de l'oxygène de l'air qui se fixe sur l'hémoglobine.

2° *Arrivée dans le sang des matières digérées.* — Les matières digérées, absorbées par l'intestin, arrivent de deux manières dans la circulation pour se mêler au sang :

Par les *vaisseaux chylifères*, qui les conduisent dans la veine sous-clavière gauche et, par suite, dans la veine cave;

Par la *veine porte*, qui les conduit à travers le foie jusque dans la veine hépatique et, par suite, dans la veine cave.

3° *Régularisation de la proportion de glucose du sang.* — Le

sang qui traverse le

foie, où il est amené par la veine porte en même temps qu'une partie des aliments absorbés (Voyez fig. 66), y laisse, s'il en

contient trop, du sucre de glucose qui s'y transforme en amidon animal ou glycogène, et y prend au contraire du glucose aux dépens du glycogène

s'il n'en contient pas assez. Le foie joue donc ainsi le rôle de régulateur de la proportion de glucose du

sang, de telle sorte que le sang sortant du foie par la veine hépatique, contient toujours la même quantité de glucose.

C'est cette fonction importante qu'on nomme *fonction glycogénique du foie*.

4° *Élimination des substances inutiles.*

1. Par le foie : un autre rôle du foie est de sécréter la bile qui rejette au dehors, par l'intestin, des substances inutiles prises dans le sang.

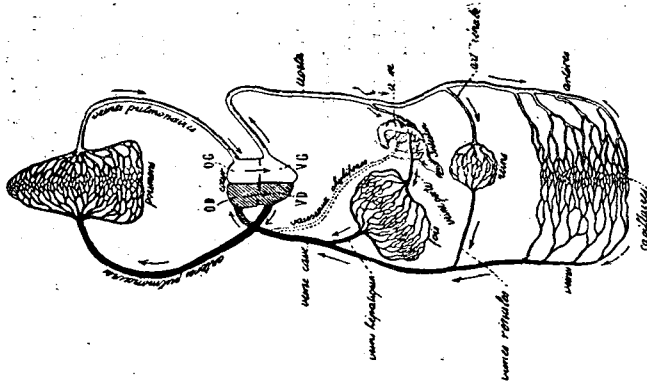


Fig. 66. — Figure théorique montrant la marche du sang dans l'appareil circulatoire, la circulation dérivée à travers le foie et à circulation dérivée à travers les reins : a.m., artère mésentérique.

2. *Par les reins* : les reins sont deux grosses glandes situées dans la région lombaire et qui sont traversées, comme le foie, par un autre courant dérivé de la circulation générale (Voyez fig. 66). Les reins rejettent en dehors une grande quantité de substances inutiles (urée et acide urique).

3. *Par les glandes sudoripares* : une partie des substances inutiles, analogues à celles qu'éliminent les reins, est aussi rejetée par la sueur, liquide produit par de petites glandes de la peau (glandes sudoripares).

En somme :

Le sang	reçoit	{	de l'oxygène par les poumons;
			des substances assimilables par les vaisseaux chylifères et par la veine porte.
rejette	{	du gaz carbonique par les poumons;	
		des substances inassimilables par le foie, les reins et les glandes sudoripares.	

En outre, le foie règle la quantité de glucose qui se trouve dans le sang.

**Circulation lymphatique.** — On trouve dans toutes les parties du corps des vaisseaux qui renferment un liquide blanchâtre appelé *lympha*. Ce liquide est formé de plasma contenant des globules blancs analogues à ceux du sang.

La lympha va des différentes parties du corps au canal thoracique, qui recueille ainsi le contenu des vaisseaux chylifères et va se déverser dans la veine sous-clavière gauche et de là dans la veine cave supérieure.

**DOCUMENT 17**

## A. — SANG ROUGE

## III. — CIRCULATION

La circulation est la fonction par laquelle un liquide nutritif, appelé sang, porte aux diverses cellules de notre organisme les matières destinées à les réparer; il en emporte aussi les déchets (gaz carbonique et autres produits);

## § 1. — DE LA CIRCULATION EN GÉNÉRAL

En principe, tout appareil circulatoire comprend :

- 1° Un appareil de dissémination du sang, A.D (fig. 63), qui sert à la nutrition des organes [artères → vaisseaux capillaires → veines];
- 2° Un appareil de revivification du sang, A.R [appareil respiratoire];
- 3° Un appareil de propulsion du sang appelé cœur, comprenant au moins une oreillette et un ventricule.

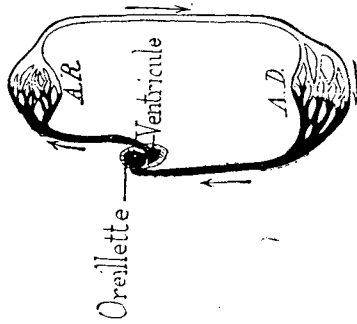


FIG. 63. — Un appareil circulatoire en général.

trajet : le cœur est alors double, comme chez l'Homme (fig. 67 et 68).

L'étude de la circulation comprend 2 parties :

- 1° l'étude du sang;
- 2° celle de l'appareil circulatoire.

## § 2. — SANG

Le sang est un liquide qui nourrit tous les organes du corps. — Il comprend, chez l'Homme, le sang rouge et le sang blanc ou lymphé.

C'est un liquide légèrement alcalin et salé, dont la couleur varie du rouge clair au rouge foncé. L'Homme adulte en possède environ 5 litres.

Quand on examine au microscope une goutte de sang extraite du doigt par une légère piqûre, on y remarque un liquide incolore ou

plasma, dans lequel nagent 3 sortes de globules : des globules rouges; des globules blancs; des hémato blastes, d'un rouge très pâle, qui s'altèrent rapidement après la sortie du sang des vaisseaux.

**Globules.** — Les globules sont mélangés dans la proportion suivante : 1 globe blanc pour 40 hémato blastes et plus de 800 globules rouges.

Les globules rouges de l'Homme sont très petits : 4 millimètre cube de sang en renferme environ 5 millions.

Ils ont la forme de disques circulaires, amincis en leur milieu (fig. 64, a, a'); leur diamètre est de 7 à 8 millièmes de millimètre (7 à 8  $\mu$ ).

Les globules rouges doivent leur couleur au pigment rouge appelé hémoglobine qui, au contact de l'air, en absorbe l'oxygène et distribue ce gaz à tout l'organisme.

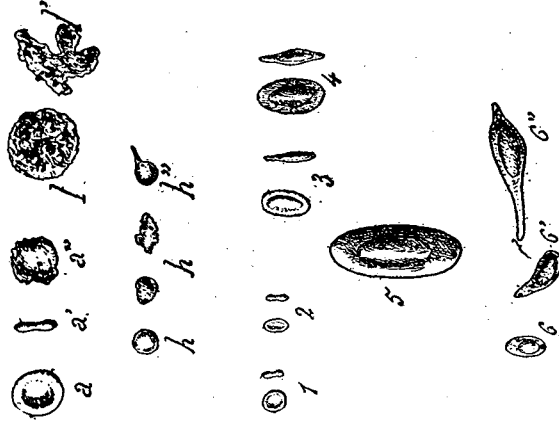


FIG. 64. — Globules du sang. Homme : Globules rouges vus : de face, a; de profil, a'; orné, a'. — Leucocytes, h, h'. — Hématoblastes, 1, 2, 3, 4.

Globules rouges comparés, vue de face et de profil : 1, Homme; 2, Chameau; 3, Oiseau; 4, Grenouille; 5, Protée; 6 à 6', hémato blastes de Grenouille.

Les globules blancs ou leucocytes (fig. 64, b) sont plus volumineux que les rouges; essentiellement déformables, ils poussent des prolongements dits amiboïdes, traversent facilement la paroi des vaisseaux capillaires [*diapédèse* (fig. 65, b)]. Ils peuvent aussi capturer les vieux globules rouges et les microbes dont ils se nourrissent [*phagocytose*, p. 70].

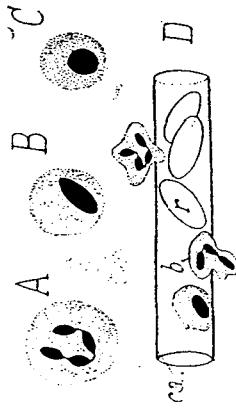


FIG. 65. — Globules blancs.

A, leucocyte à noyau en bouclier; — B, leucocyte mononucléé; — C, lymphocyte; — D, passage des globules blancs, b, par diapédèse à travers l'endothélium d'un capillaire, ca; r, globules rouges.

raissent être de jeunes globules rouges en voie de formation.

**Plasma.** — Le plasma est un liquide incolore : dissolution où les cellules vivantes puisent des principes nutritifs (glucose, peptones, graisses, sels) et où elles rejettent leurs déchets (urée, acide urique, cholestérine, CO<sub>2</sub>, etc.).

**Gaz du sang.** — Le sang renferme des gaz : en partie à l'état de *dissolution*, en partie à l'état de *combinaison*.

La composition moyenne fournie par diverses analyses du sang de Chien a donné :

Pour 100 centimètres cubes de sang rouge vermeil...	O	CO <sub>2</sub>	Az
	11 <sup>cc</sup> , 2	19 <sup>cc</sup> , 7	1 <sup>cc</sup> , 2
— — — — —	4 <sup>cc</sup>	23 <sup>cc</sup> , 5	1 <sup>cc</sup> , 1

La partie dissoute se dégage quand on fait le vide au-dessus du sang; la partie combinée se dégage quand on chauffe ce liquide.

Par ces moyens, on montre que :  
1<sup>o</sup> l'oxygène est à peu près *totallement* combiné à l'hémoglobine des globules rouges; il forme alors l'*oxyhémoglobine* que

réduisent les cellules vivantes pour s'emparer de l'oxygène dont elles ont besoin pour vivre;

2<sup>o</sup> le gaz carbonique, dégagé par les cellules vivantes, est *presque totalement emporté par le plasma*, soit en dissolution, soit en combinaison avec les carbonate et phosphate de sodium.

Les sels ainsi formés (bicarbonate et phospho-carbonate) se dissocient facilement dans les poumons, où ils abandonnent le gaz carbonique qu'ils y ont drainé en quelque sorte.

**Coagulation du sang.** — Quand on saigne un animal, on voit que le sang, aussitôt sorti du corps, se prend en une masse rouge (*caillot*) surmontée d'un liquide incolore (*sérum*); le sang s'est coagulé (fig. 66).

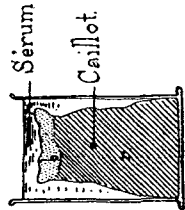


FIG. 66. — Le sang se coagule en dehors des vaisseaux sanguins.

Le *fibrinogène* [matière albuminoïde dissoute dans le plasma tant que le sang est contenu dans les vaisseaux] donne, au contact de l'air, d'un *fibrinogène* et des *sels de calcium* du sang, de la *fibrine* solide qui forme un fillet à mailles serrées emprisonnant les globules.

SANG FRAIS	
Globules.....	Globules.....
Fibrinogène dissous....	Fibrine coagulée.....
Plasma.....	Sérum.....
SANG COAGULÉ	

On empêche le sang de se coaguler quand on le bat activement avec un petit balai, au sortir du vaisseau coupé; les brindilles du balai retiennent la fibrine, le sang défibriné demeure liquide.

**B. — SANG BLANC (LYMPHE)**

La lymphe est un liquide jaune pâle, composé de plasma dans lequel nagent exclusivement des globules blancs.

Elle résulte principalement :

- 1<sup>o</sup> de la filtration d'une partie du plasma du sang rouge à travers la paroi des vaisseaux capillaires;
- 2<sup>o</sup> des produits rejetés par les cellules vivantes, *baignées véritablement par la lymphe*;
- 3<sup>o</sup> du chyle puisé dans l'intestin par les vaisseaux chylifères pendant la digestion [p. 29].



peut être fermé par une valvule en entonnoir, largement ouverte du côté de l'oreillette; le bec en est engagé dans le ventricule. — Sur le bord de ces valvules, sont insérés les tendons de petits *muscles papillaires* qui engagent, en se contractant, le bec de l'entonnoir fort avant dans le ventricule.

Les orifices des artères aorte et pulmonaire sont pourvus chacun de 3 *valvules sigmoïdes* (en forme de nid de pigeon), dont la concavité est dirigée du côté de l'artère; ces valvules s'opposent au retour du sang dans le cœur, une fois ce liquide engagé dans les artères (fig. 69).

**Structure du cœur.** — Le cœur de l'homme se compose de 3 tuniques: le *péricarde*, le *myocarde*, l'*endocarde*.

1° Le *péricarde* est la séreuse qui entoure le cœur (fig. 51): son feuillet viscéral lui est étroitement soudé; son feuillet pariétal est en rapport avec les plèvres des poumons et avec le diaphragme.

2° Le *myocarde* est une tunique musculaire formée de *cellules musculaires* à contraction involontaire.

Il est composé: de *fibres propres*, spéciales à chaque oreillette et à chaque ventricule; de *fibres mixtes*, communes aux deux cœurs et qui les relient entre eux. Les fibres propres font saillie du côté interne dans les ventricules et y forment les *muscles papillaires*, muscles d'un partant les tendons qui s'insèrent sur les valvules auriculo-ventriculaires.

3° L'*endocarde* est une membrane très mince à cellules aplaties, qui revêt toute la face interne du cœur et des vaisseaux sanguins.

#### B. — ARTÈRES

**Leur description.** — Les artères emportent aux organes le sang venant du cœur.

Elles proviennent de 2 artères principales qui partent des ventricules: l'artère aorte et l'artère pulmonaire.

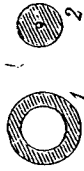
L'artère aorte est le tronc d'un arbre qui conduit le sang rouge vermeil du ventricule gauche à tous les organes.

Les rameaux principaux de cet arbre aortique sont indiqués dans la figure 72 et le tableau explicatif en regard.

Ce sont:

Le *tronc laryngo-céphalique* se divisant en artère carotide droite (moitié droite de la tête) et artère sous-clavière droite (membre supérieur droit); l'artère carotide gauche (moitié gauche de la tête); l'artère sous-clavière gauche (membre supérieur gauche); les artères intercostales (paroi du thorax); le tronc cœliaque divisé en artère splénique (rate), artère stomacale (estomac) et artère hépatique (foie); les artères mésentériques (intestin); les artères rénales ( reins); et les artères iliaques (membres inférieurs).

L'artère pulmonaire, très courte, part du ventricule droit; elle donne 2 rameaux qui portent aux poumons le sang rouge foncé, destiné à y subir l'hématose.



**Structure des artères.** — La paroi des artères renferme une tunique moyenne composée de tissu élastique et de tissu musculaire.

Plus on pénètre dans les artérioles fines, plus l'élément élastique s'élimine; l'élément musculaire prédomine.

Grâce au tissu élastique, l'artère demeure toujours ouverte, ce qui y facilite la circulation du sang. — Mais il y a danger à blesser une artère: si on en pique une involontairement, dans un accident ou une opération chirurgicale, les bords de la fente s'écartent et le sang jaillit avec force.

Les artères sont préservées des blessures accidentelles par leur situation profonde dans l'organisme sous d'épaisses couches musculaires, sauf les artères temporales (tempe) et radiales (poignet) dont les battements sont faciles à saisir (pouls).

#### C. — VAISSEAUX CAPILLAIRES

Ce sont des tubes très étroits réunissant les terminaisons des artères à celles des veines (fig. 74); ils forment un réseau



FIG. 71. — Les vaisseaux capillaires réunissent les artères aux veines.

d'une finesse extrême dans tous les points du corps: quelle que soit la région piquée avec une aiguille, le sang s'en échappe.

#### D. — VEINES

**Leur description.** — Les veines ramènent le sang des organes vers le cœur; elles se confondent en 6 veines principales: 2 veines caves et 4 veines pulmonaires, qui aboutissent aux oreillettes (fig. 73 et tableau en regard).

La veine cave supérieure, qui aboutit à l'oreillette droite, reçoit le sang rouge foncé: de la tête, par les veines jugulaires; des membres supérieurs, par les veines sous-clavières.



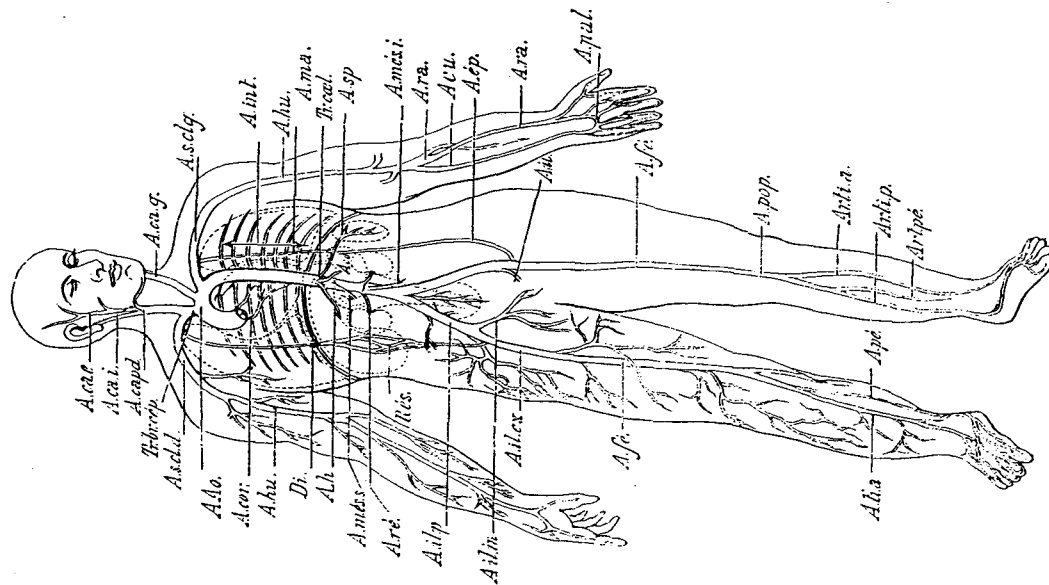
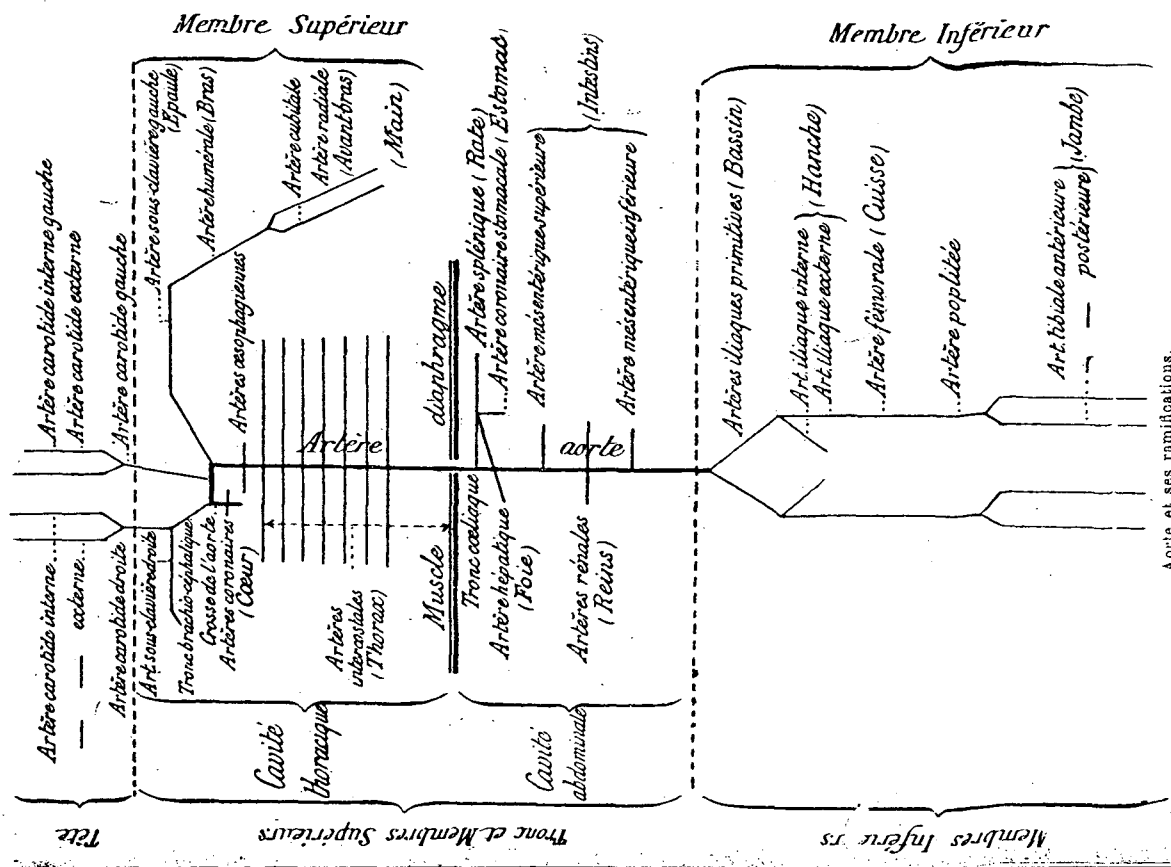


FIG. 72. — Aorte et ses ramifications.

La veine cave inférieure, qui apporte aussi du sang rouge foncé à l'oreil-



Aorte et ses ramifications.

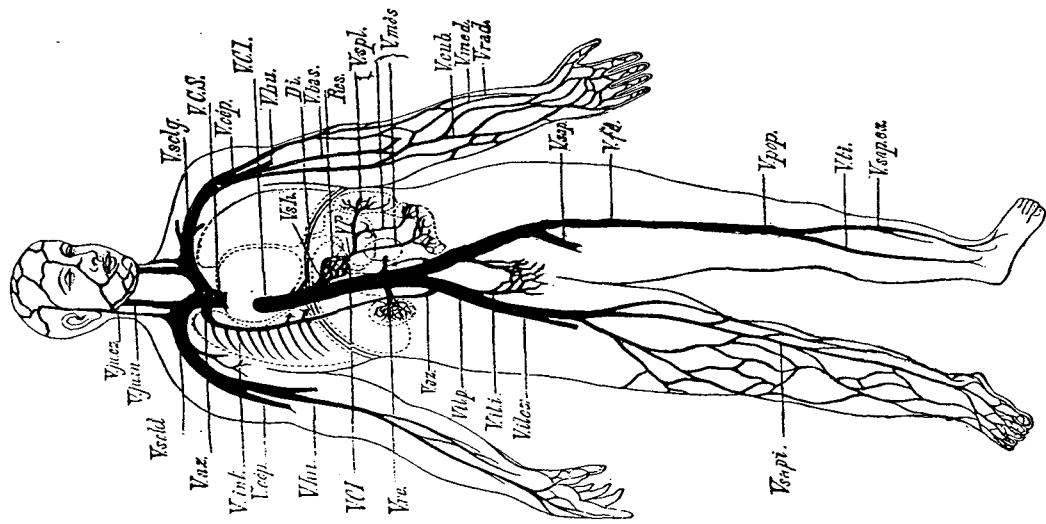
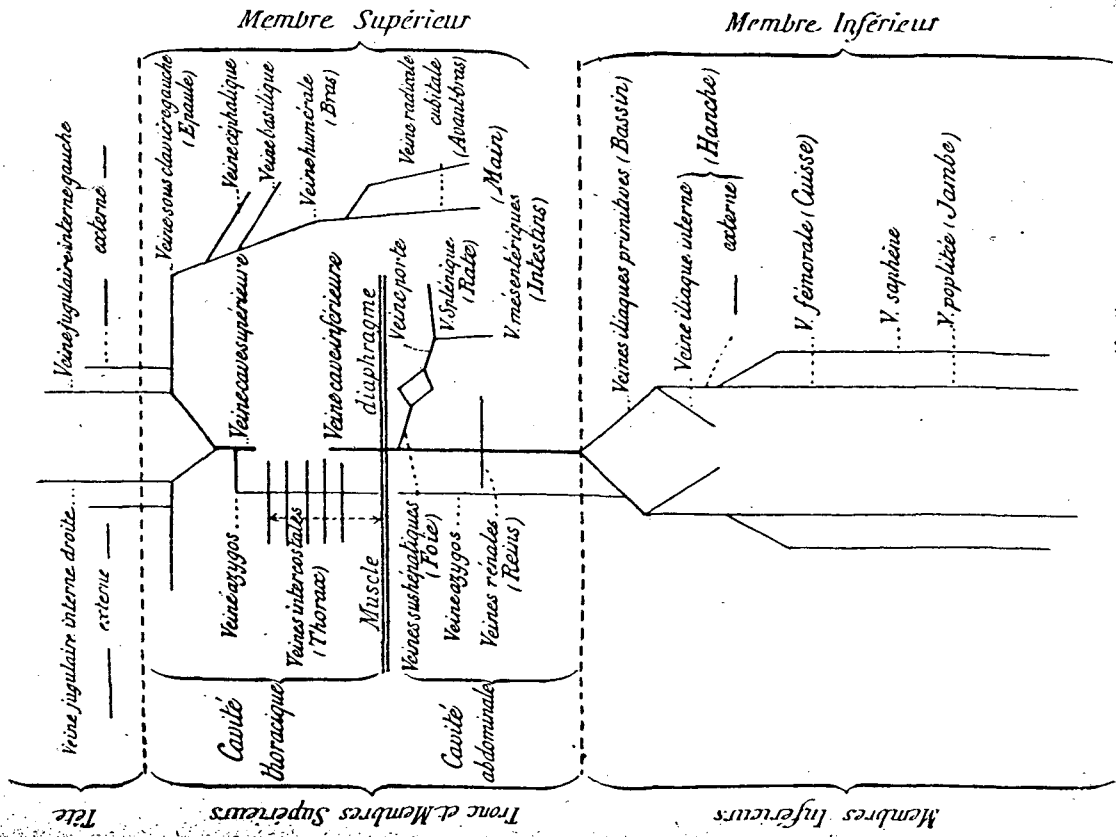


Fig. 13. — Principaux troncs veineux et leurs rameaux.



Veines caves et leurs ramifications.

lette droite, résulte de l'union des veines iliaques (membres inférieurs); elle reçoit les veines rénales (reins) et les veines sus-hépatiques (foie).

Une veine *azygos*, V. az, réunit les veines caves supérieure et inférieure, par l'intermédiaire des veines iliaques; elle reçoit le sang rouge foncé provenant de la région lombaire et des parois de la cage thoracique.

Les 4 veines pulmonaires ramènent à l'oreillette gauche le sang rouge vermeil qui a subi l'hématose dans les poumons.

**Système porte.** — On appelle ainsi tout vaisseau collecteur intercalé entre 2 séries de capillaires consécutifs :

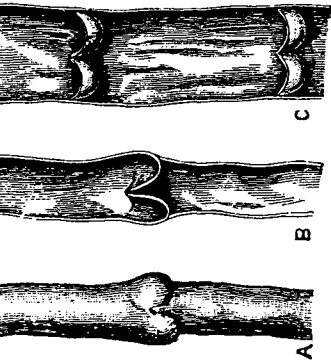


FIG. 74. — Valvules des veines C, des vaisseaux lymphatiques, A et B.

ainsi la veine porte hépatique, VP (fig. 73), relie les vaisseaux capillaires de l'intestin et de la rate à ceux du foie (p. 26).

**Structure des veines.** — La paroi des veines diffère de celle des artères par l'absence presque totale du tissu élastique, en sorte qu'une veine de moyen calibre peut être perçue sans danger; les 2 bords de la plaie se rabattent l'un contre l'autre, le sang s'y écoule en nappe; un caillot se forme sur la blessure et en facilite la cicatrisation.

Les veines saphènes et fémorales, qui ramènent le sang des membres inférieurs, présentent des valvules à concavité tournée du côté du cœur (fig. 74); le rôle de ces valvules est de diviser les grandes colonnes de sang de ces veines en tronçons indépendants, superposés et mobiles sous le plus léger effort.

**PHYSIOLOGIE DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE PROPREMENT DIT**

**Rôle du cœur.** — Le cœur musculaire se contracte et se relâche alternativement de 65 à 70 fois par minute; il est en systole lors de la contraction de ses fibres musculaires, en diastole lors de leur relâchement.

Les diverses parties du cœur sont-elles simultanément en systole? Se dilatent-elles simultanément aussi?

Pour résoudre cette question, on a recouru à un appareil enregistreur, dit *cardiogramme*, dont le principe est le suivant : Une pointe de caoutchouc, A (fig. 75), est reliée par un tube flexible, t, avec un

ampoule B dont la paroi, m, est elle-même en caoutchouc; un robinet, r, permet d'établir la pression atmosphérique dans cet appareil clos. Toute diminution de

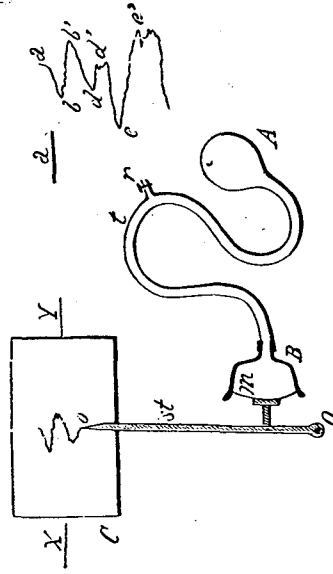


FIG. 75. — Figure schématique du cardiographe.

volume, éprouvée par la poire A, se traduit par un refoulement d'air en B et par une

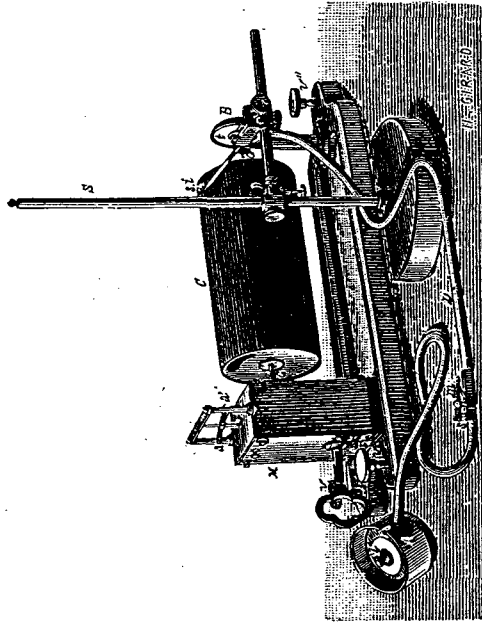


FIG. 76. — *Cardiographe.* — A, tambour et ampoule exploratrice réunie par un tube de caoutchouc, D, à l'ampoule réceptrice, B; cette dernière est mobile le long d'un axe horizontal porté par le support vertical, S. — s, stylus l'inscripteur dont la pointe appuie légèrement sur le cylindre, C, mobile en rotation autour de son axe, GG, par le mouvement d'horlogerie, M.

distension de la membrane, m, en dehors. L'inverse se produit quand la poire A est soumise à une pression extérieure moindre; elle se gonfle et la membrane, m, se

Les ventricules, une fois pleins, se contractent simultanément à leur tour; ils envoient le sang dans les artères aorte et pulmonaire dont les valvules sigmoïdes ont été écartées; puis ils se relâchent, sans que le sang des artères y puisse refluer, puisque les valvules sigmoïdes se sont rabattues.

Le cœur est en diastole générale pendant l'instant qui précède la prochaine systole des oreillettes.

Si on représente par 10 la durée d'une révolution cardiaque (temps écoulé entre 2 situations identiques et consécutives du cœur), la durée de la contraction des oreillettes = 2, celle de la contraction des ventricules = 5; le cœur se repose totalement pendant les temps 3.

**Rôle des artères. Pouls.** — Les grosses artères reçoivent par intermittence le sang que leur transmet le cœur; grâce à l'élasticité de leur paroi, le jet intermittent qui traverse les artères principales se transforme en un jet continu pour les artérioles, les capillaires et les veines.

En même temps, il y a économie du travail du cœur, ainsi que le prouve l'expérience suivante due à M. Marey :

Un vase de Mariotte, A (fig. 77 bis), est pourvu d'une tubulure B traversée par un tube en Y avec robinet, r; les 2 branches a et b de ce tube communiquent avec des canaux d'écoulement de même section : l'un, t, est en verre (paroi rigide); l'autre, t', est en caoutchouc (paroi élastique). Pour un écoulement continu et sous une même pression, le débit par les canaux t et t' est le même. Mais, en ouvrant et fermant alternativement et très vite le robinet r, on remarque que, sous une même pression, pour un écoulement intermittent, le débit par le tube t' est continu et de beaucoup supérieur au débit discontinu du canal t.

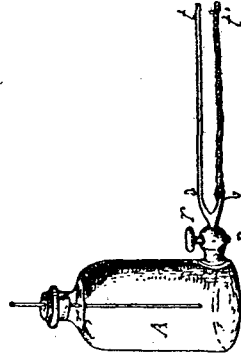


FIG. 77 bis. — Expérience de M. Marey. — A, vase de Mariotte; r, robinet servant à l'écoulement du liquide par les tubes t et t'; t, tube de verre; t', tube de caoutchouc.

De même, à égalité de force dans ses contractions, le cœur produit une circulation plus active, en lançant le sang dans les artères élastiques, que s'il l'engageait dans des tubes rigides.

Chaque contraction du ventricule gauche détermine l'envoi de 180 grammes de sang environ dans l'artère aorte (ondée sanguine); la colonne de sang contenue dans l'arbre aortique reçoit une augmentation de pression qui s'y propage rapidement et s'y traduit par une légère dilatation des artères et des artérioles. Le doigt appliqué sur une artère (l'artère radiale par exemple) reçoit, à chaque dilatation, une petite impulsion appelée pouls. Le nombre normal des pulsations chez l'Homme adulte est de 72 par minute; il est plus grand chez l'enfant, moindre chez le vieillard.

déprime vers le dedans de l'ampoule B. — Les mouvements de la membrane peuvent être transmis à un style, st, articulé au point O sur un pivot vertical fixe (projeté en O sur la figure 75).

Le point o du style porte légèrement sur la surface d'un cylindre, mobile en rotation autour d'un axe horizontal, XY. Cette surface porte une feuille de papier blanc placé, recouvert d'une petite couche de noir de fumée. Si le cylindre est fixe, la pointe du style, se déplaçant à gauche ou à droite, trace sur la feuille un trait blanc, a; si le cylindre est mobile, les variations de position du style seront traduites par un trait a, b, b', d, d', e, e'...; l'amplitude variable bb'/dd'/ee' des sinusités du trait exprime clairement les variations de la pression extérieure éprouvée par l'ampoule A.

L'appareil (fig. 76) est disposé pour l'étude extérieure des battements du cœur chez l'Homme. La membrane de caoutchouc, qui limite un dehors le tambour A, porte un bouton, b, qu'on applique sur le 3<sup>e</sup> espace intercostal gauche. Les pressions successivement exercées sur l'ampoule A sont transmises à l'ampoule B, par le tube D. Cette dernière est pourvue du style inscripteur, s. i., qui enregistre sur le cylindre C les impulsions diverses données par le cœur au tambour A.

Comme il est impossible d'agir sur l'Homme pour déterminer la nature, l'intensité et la succession des contractions des cavités cardiaques, on soumet le Cheval à l'expérience. — Deux ampoules exploratrices pénètrent, par la veine jugulaire droite et la veine cave supérieure, jusque dans le cœur droit; l'une dans l'oreillette, l'autre dans le ventricule. On se contente d'explorer du dehors le ventricule gauche en y appliquant une troisième ampoule dans l'émissaire de la paroi thoracique. Les 3 styles inscripteurs, dont les extrémités sont alignées sur une même génératrice du cylindre C, traçent simultanément les impulsions qui leur sont transmises.

Les 3 traces obtenues, comparés entre eux, permettent de reconnaître l'époque, la durée et la nature des contractions de l'oreillette droite et des ventricules droit et gauche. On note que les rapports existant entre les contractions de l'oreillette et du ventricule sont identiques pour les deux cœurs.

Les courbes obtenues sont représentées par la figure 77. Leur interprétation nous amène aux conclusions suivantes :

Les oreillettes se remplissent peu à peu du sang que leur apportent les veines caves et les veines pulmonaires; puis elles se contractent toutes deux ensemble, et leur contenu passe dans les ventricules correspondants. Les oreillettes entrent alors en diastole.

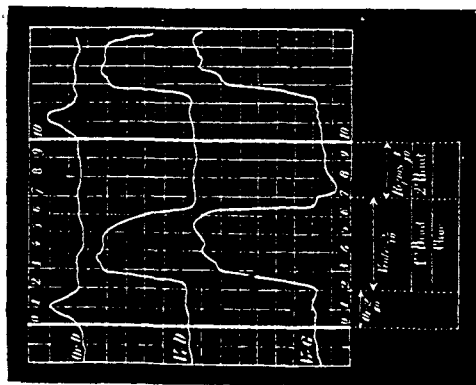


Fig. 77. — Courbes comparées des mouvements du cœur. — O. D., oreillette droite; V. G., ventricule gauche.

La durée et la nature des contractions de l'oreillette droite et des ventricules droit et gauche. On note que les rapports existant entre les contractions de l'oreillette et du ventricule sont identiques pour les deux cœurs.

**Rôle des capillaires.** — L'ensemble des vaisseaux capillaires constitue un véritable *lac sanguin* dans lequel baignent les organes; la vitesse du sang y étant très faible, les cellules vivantes puisent dans le plasma les matériaux nécessaires à leur nutrition.

**Rôle des veines.** — Le sang circule dans les veines en se rapprochant du cœur. — Dans les veines supérieures, il progresse sous l'influence de son poids. — La pression provoquée par les ondes sanguines successives détermine sa marche dans les veines inférieures.

La présence de valvules chez ces dernières s'oppose d'ailleurs au retour du sang en arrière.

**Circulation du sang.** — Elle comprend :

- 1° la circulation générale ou grande circulation;
- 2° la circulation pulmonaire ou petite circulation.

**Circulation générale.** — Le sang rouge vermeil part du ventricule gauche, *v* (fig. 78), par l'artère aorte; il est réparti par l'arbre aortique dans tout l'organisme, et distribue les matières nutritives aux cellules vivantes par l'intermédiaire des vaisseaux capillaires. — De rouge vermeil et oxygéné qu'il était, le sang appauvri en oxygène s'enrichit en gaz carbonique et devient rouge foncé; il est ramené à l'oreillette droite, *o'*, par les deux veines caves.

Telle est la *grande circulation* : le sang parti du cœur gauche (ventricule) revient au cœur droit (oreillette).

**Circulation pulmonaire.** — Le sang passe de l'oreillette droite, *o'*, dans le ventricule droit, *v'*, qui l'envoie dans les poumons; le sang se revivifie dans ces organes et revient à l'état rouge vermeil dans l'oreillette gauche, *o*.

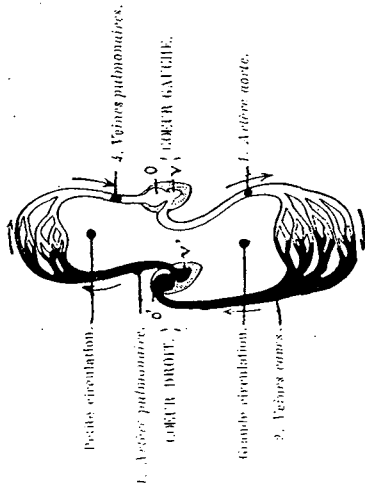


Fig. 78. — La circulation chez l'Homme (figure théorique)

**Découverte de la circulation du sang.** — Vers le milieu du XVI<sup>e</sup> siècle, Michel Servet reconnut le mouvement du sang allant du ventricule droit à l'oreillette gauche, en traversant le poumon; il avait ainsi découvert la circulation pulmonaire.

La circulation générale fut découverte par le médecin anglais Harvey, en 1628. Après avoir lié une artère, il remarqua qu'elle se gonflait au-dessus de la ligature, du côté du cœur, tandis qu'elle se vidait au-dessous; liant une veine, il fit une remarque inverse.

Il vit ainsi que : 1° le sang rouge vermeil circule du ventricule gauche vers les organes, par l'artère aorte et ses ramifications; 2° le sang rouge foncé revient des organes vers l'oreillette droite par les veines caves.

### APPAREIL LYMPHATIQUE

**Sa description.** — L'appareil lymphatique est un vaste réservoir occupant toutes les régions du corps. Il consiste :

1° en un réseau de capillaires lymphatiques, accompagnant les vaisseaux sanguins dans tout le corps;

2° en vaisseaux chylifères, naissant dans l'intestin.

Le canal thoracique, situé le long de la colonne vertébrale en avant, apporte à la veine sous-clavière gauche : la lymphe qu'il reçoit des chylifères, celle de tous les capillaires lymphatiques issus des membres inférieurs, de l'abdomen, de la partie gauche du thorax et de la tête, enfin du membre supérieur gauche.

Il présente, à son origine dans la région lombaire, un réservoir assez vaste appelé *citerne de Pecquet*.

La grande veine lymphatique droite est un court canal, apportant à la veine sous-clavière droite la lymphe du membre supérieur droit, de la moitié droite de la tête et du thorax.

**Vaisseaux et ganglions lymphatiques.** — Les vaisseaux lymphatiques sont pourvus, à leur intérieur, de valvules saillantes (fig. 74, A et B) qui régissent le cours de la lymphe. — Ils présentent çà et là des ganglions lymphatiques, siège d'une active multiplication des globules blancs.

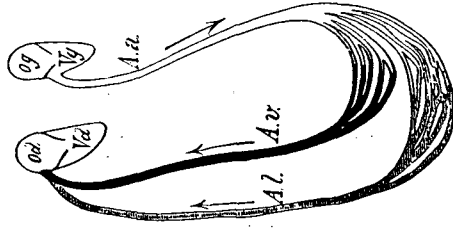


Fig. 79. — Figure schématique montrant le réseau lymphatique, A, I, annexe du réseau veineux, A, B. — A, a, tronc aortique. Les flèches indiquent le cours du sang.

*L'appareil lymphatique est une anneau de l'appareil veineux* (fig. 79) : l'arbre aortique, *Aa*, envoie dans les capillaires sanguins du sang rouge vermeil qui revient à l'oreillette droite, *Od*, par deux voies : l'une directe, *Aa'*, formée par les veines sanguines foncées; l'autre indirecte, *Aa''*, formée par l'appareil lymphatique (lymphes).

### § 4. — INOCULATION DES MALADIES CONTAGIEUSES

Les Microbes peuvent pénétrer dans notre corps par toute brèche pratiquée : soit dans la peau, soit dans les muqueuses digestive et respiratoire. C'est là une inoculation naturelle, inconsciente.

Dans certains cas, cette inoculation est voulue, généralement en vue de la vaccination. La raison en est la suivante : Toute *Bactérie parasite de l'Homme*, par exemple, *secrète un virus*, mal connu encore, *capable d'affaiblir, de paralyser ou d'entraîner la résistance des globules blancs de l'organisme envahi* ; il en résulte alors une maladie microbienne, une *maladie contagieuse*.

Mais la *virulence* d'un microbe peut être atténuée, si l'on introduit ce dernier dans un liquide nutritif spécial, si l'on en fait une *culture* ; dans ce cas, l'inoculation à l'Homme du *virus atténué* d'un microbe redoutable provoquera chez le patient une indisposition sans gravité, indisposition qui le préservera désormais, pour un certain temps, des atteintes du microbe à pleine virulence : tel est le principe de la *préparation des vaccins* et de la *vaccination*.

L'inoculation peut donc être : soit celle du microbe lui-même, soit celle de son *virus* seulement, l'un et l'autre atténués au préalable.

Citons-en un exemple.

La *diphthérie*, comme sous les noms d'*angine diphthérique* ou *couenneuse* (maladie de la gorge), de *croup* (affectant le larynx), de *bronchite diphthérique* (affectant pour siège l'arbre pulmonaire), est une maladie grave qui a pour caractère la formation de *fausses membranes* sur la surface du pharynx, du larynx ou de la trachée-artère principalement. — Ces membranes tendent à boucher les orifices respiratoires, à déterminer l'asphyxie du malade, si elles ne sont pas enlevées au plus vite.

### CIRCULATION.

Or, la diphthérie est causée par un microbe appelé *Bacille de Klebs* qui, fixé dans les voies respiratoires par exemple, s'y multiplie rapidement et y provoque la production incessante des fausses membranes signalées plus haut.

En outre, ce *Bacille*, cultivé dans un liquide nutritif convenable, y déverse une *toxine*, un poison dont on peut vérifier ainsi les effets :

On filtre le bouillon de culture pour le séparer complètement des *Bacilles* qu'il renferme ; on en injecte une petite quantité à un animal (Lapin, Pigeon, Cobaye, etc.) *douté de réceptivité* pour la diphthérie ; suivant la quantité de liquide injectée, la toxine provoque la paralysie plus ou moins complète des muscles de l'animal en expérience (des muscles respiratoires en particulier), et l'animal peut mourir asphyxié.

Ainsi le *Bacille diphthérique*, bien que localisé dans une région déterminée du corps, est *fumé* : 1° par la production de fausses membranes dans cette région ; 2° par la diffusion, dans tout l'organisme, de la *toxine* qu'il sécrète.

Il n'existe pas encore, à la vérité, de vaccination préventive pour l'Homme contre la diphthérie ; elle a été récemment découverte pour le Cheval.

Si l'on tue pas le *Bacille diphthérique*, le sérum du Cheval ainsi immunisé détruit sa *toxine* tout au moins : en sorte que l'inoculation de ce sérum à l'Homme atteint de diphthérie, lui permet de lutter plus efficacement contre le microbe envahisseur.

On appelle *sérumthérapie*, le traitement antidiphthérique pratiqué aujourd'hui chez l'Homme, à l'aide du sérum du Cheval vacciné contre la diphthérie [traitement dû au docteur Roux].

**Mode de vaccination du Cheval.** — La toxine à inoculer est préparée en cultivant le microbe dans un bouillon au contact de l'air à 37° (température du corps) ; elle est séparée par filtration à travers la porcelaine. On en contrôle la virulence, on se basant sur ce qu'un dixième de centimètre cube de bonne toxine tue un Cobaye de 500 grammes en 48 heures ; elle peut alors servir à vacciner le Cheval.

Les injections se font progressivement pour éviter de tuer l'animal : on commence avec une toxine atténuée par l'addition d'iode ; on augmente peu à peu la dose jusqu'à 5 centimètres cubes tous les 2 jours ; au bout de 6 semaines d'un pareil traitement, le Cheval est immunisé. — On saigne l'animal ; le sang extrait se congèle ; on en sépare le sérum qui constitue le précieux remède.

### RÉSUMÉ

Par la circulation, le sang, milieu intérieur de notre corps, porte aux organes les matériaux nécessaires à leur entretien ; il en enlève en même temps les déchets.

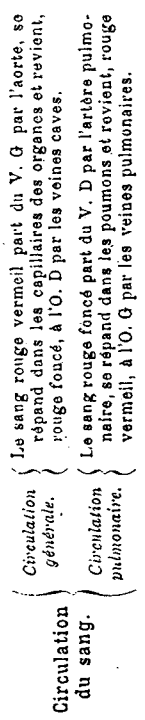
I. **Sang.** — Il comprend : le sang rouge et la lymphe. Ces liquides sont composés de globules, nageant dans un liquide appelé plasma.

**Physiologie.** — 1° **Cœur.** — Le cœur est un muscle creux, organe propulseur du sang, qui se contracte (*ystole*) et se relâche (*diastole*) de 60 à 70 fois par minute. Les oreillettes se contractent simultanément, immédiatement avant les ventricules qui se contractent simultanément aussi.

1° **Artères.** — Elles sont élastiques et musculaires. Leur *élasticité* transforme le jet intermittent du sang en un courant continu dans les capillaires; leur *contractilité* règle la circulation dans les organes.

3° **Vaisseaux capillaires.** — Ils forment un *lac sanguin* où la vitesse du sang est faible de manière à assurer la nutrition des organes.

4° **Veines.** — Elles sont musculaires : leur *contractilité* active le retour du sang vers le cœur.



**III. Inoculation des maladies contagieuses.** — La pénétration de certains Bacilles dans notre organisme et leur multiplication y peuvent provoquer l'écllosion d'une maladie. — Il y a, dans ce cas, **inoculation** inconsciente.

**Tout Bacille sécrète un virus.** — Cultivé dans un bouillon nutritif spécial, le Bacille perd de sa virulence et devient moins dangereux pour l'organisme qu'il envahit. Si donc on inocule à l'Homme un Bacille ou son virus, *obtenus par culture*, l'un et l'autre *atténués* de ce fait, le patient contractera une maladie moins redoutable, qui le mettra à l'abri des atteintes du même microbe dangereux. — C'est en cela que consiste la **vaccination**.

92 LES PHÉNOMÈNES DE LA VIE CHEZ L'HOMME.

Le sang rouge renferme des *globules rouges*, des *globules blancs* (leucocytes) et des *hématoblastes*.

Les *globules rouges* sont des disques circulaires, concaves en leur milieu, de diamètre 7  $\mu$ ; leur coloration est due à l'*hémoglobine* capable de fixer l'oxygène (oxyhémoglobine).

Les à 5 litres de sang que possède l'Homme adulte, en contiennent 25 trillions.

Les *globules blancs*, plus gros et moins nombreux, ont une forme variable (prolongements amiboïdes des *phagocytes*).

Les *hématoblastes* sont des globules rouges en formation.

Le plasma est une dissolution aqueuse comprenant : des principes utiles (oxygène, glucose, peptones, etc.); des déchets (gaz carbonique, urée, acide urique, etc.).

La lymphe diffère surtout du sang rouge par l'absence de globules rouges. Elle provient : 1° du plasma du sang rouge qui a filtré à travers les vaisseaux capillaires; 2° du chyle puisé dans l'intestin.

**Coagulation du sang.** — Le sang, extrait de l'appareil circulatoire, se prend en un *caillot* (globules emprisonnés dans un réseau de fibrine) nageant dans le *sérum* (plasma sans fibrine).

II. Appareil circulatoire. — Sa description. — Il comprend :

- 1° l'appareil proprement dit où se déplace le sang rouge ;
- 2° l'appareil lymphatique où circule la lymphe.

