

VINGT-QUATRIÈME LEÇON

Sang (Suite). — Hémoglobine et oxyhémoglobine.

Le liquide sanguin, nous l'avons vu, doit sa coloration rouge aux hématies, puisque, quand celles-ci sont déposées, le plasma est incolore ou plutôt légèrement teinté de jaune clair.

Les hématies elles-mêmes doivent leur couleur à deux pigments dont le second n'est que le premier combiné à l'oxygène : ce sont l'*hémoglobine* et l'*oxyhémoglobine*. Ces deux matières colorantes sont en proportion variable, suivant que le sang est artériel ou veineux, le premier contenant plus d'oxyhémoglobine, le second plus d'hémoglobine.

Normalement, les pigments sont fixés sur la globuline, mais on peut, par divers procédés, les faire passer dans le plasma : 1° en versant dans le sang quelques volumes d'eau distillée; 2° en y ajoutant un peu d'éther; 3° en le congelant et le réchauffant ensuite brusquement. On obtient ainsi du *sang laqué*.

L'hémoglobine est une substance protéique qui contient du fer; elle est soluble dans l'eau, mais insoluble dans l'alcool; on ne la connaît pas cristallisée.

Dérivés de l'hémoglobine, moyens de les obtenir. — Nous étudierons d'abord le plus facile à obtenir, puisqu'il se forme spontanément lorsque le sang est exposé à l'air : l'oxyhémoglobine. Dans le sang laqué, cette substance est en dissolution et lui donne sa couleur

rouge vermeille, mais on peut la faire cristalliser. Pour cela, on centrifuge du sang et les globules sont recueillis dans un peu d'eau. Après avoir refroidi à 0°, on ajoute $\frac{1}{4}$ d'alcool à 0 également. Après quelques heures ou quelques jours, l'hémoglobine se dépose à l'état cristallin. Tous les sangs ne sont pas également aptes à fournir ces cristaux; ceux de cobaye, de rat, d'écureuil, sont les plus favorables.

Le procédé suivant donne encore de bons résultats. On prend du sang défibriné, c'est-à-dire débarrassé de sa fibrine par le battage, on ajoute un volume égal d'une solution de fluorure de sodium à 2 pour 100, et, au bout de huit à dix jours, on a de beaux cristaux d'oxyhémoglobine.

La forme cristalline varie suivant les espèces: chez le rat, ce sont des octaèdres; chez le cobaye, des tétraèdres; chez le chien, de longs prismes à quatre faces; chez l'écureuil, des tablettes hexagonales (fig. 246).

L'oxyhémoglobine est une combinaison peu stable; elle est facilement dissociable, par la chaleur ou par le vide par exemple, en oxygène et hémoglobine. On obtient le même résultat par des corps réducteurs, tels que le sulfhydrate d'ammoniaque.

La coloration de l'hémoglobine est beaucoup plus foncée que celle de l'oxyhémoglobine: aussi le sang veineux, où l'oxyhémoglobine est partiellement réduite, est-il plus foncé que le sang artériel.

Il existe un autre composé oxygéné de l'hémoglobine: c'est la *méthémoglobine*. Cette dernière substance s'obtient en faisant agir sur l'hémoglobine des oxydants, tels que le ferricyanure de potassium ou le permanganate de potasse. Elle peut cristalliser sous forme de tétraèdre chez le cobaye, de plaques hexagonales chez l'écureuil; elle est soluble dans l'eau, insoluble dans l'alcool.

L'hémoglobine peut encore se combiner avec l'oxyde de carbone, donnant l'*hémoglobine oxycarbonée* qui est beaucoup plus stable que l'oxyhémoglobine. Ce caractère chimique permet de comprendre la gravité de empoisonnements par l'oxyde de carbone; en effet, les globules sur lesquels s'est fixé ce gaz deviennent ultérieurement impropres à la fixation de l'oxygène. L'hémoglobine oxycarbonée cristallise par les mêmes procédés et a les mêmes formes que l'oxyhémoglobine correspondante. Il existe enfin une *hémoglobine oxyazotée*, résultant de l'action du bioxyde d'azote. Cette dernière est encore plus stable que la précédente; elle s'obtient cristallisée par les mêmes procédés et a les mêmes formes cristallines.

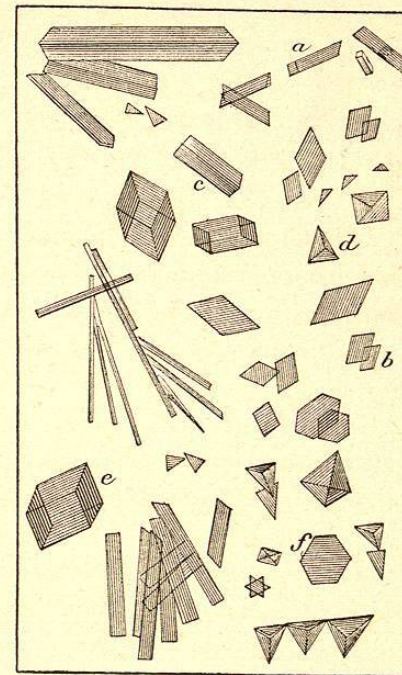


FIG. 246. — Diverses formes des cristaux d'oxyhémoglobine suivant les animaux.

Nous signalerons encore quelques dérivés de l'hémoglobine:

1° *L'hématine*, qu'on obtient en chauffant le sang à 80°, ou encore en faisant agir sur lui soit le suc gastrique, soit le suc pancréatique; l'hémoglobine est, en effet, une protéide formée d'une matière albuminoïde, la globine, et d'un composé organométallique, l'hématine; et, par ces procédés, on isole, en la transformant, la globine. L'hématine est insoluble dans l'eau,

l'alcool, l'éther, soluble dans l'eau alcalinisée, l'éther ou l'alcool acidulé.

2° *L'hémine*, qu'on prépare en prenant du sang laqué, le traitant par vingt fois son volume d'acide acétique



Fig. 247. — Cristaux d'hémine ou chlorhydrate d'hématine.

glacial et le maintenant au bain-marie pendant quelques heures. Le dépôt bleu noir qui se forme est composé de cristaux microscopiques d'hémine en forme de tables rhomboédriques allongées, souvent maclées (fig. 247). La formation de cristaux d'hémine peut servir à reconnaître de vieilles taches de sang. On

broie le sang desséché avec un peu de chlorure de sodium, on humecte la poudre avec de l'acide acétique glacial, on chauffe et laisse refroidir : il se forme des cristaux caractéristiques.

3° *L'hématoporphyrine*, qui est obtenue en chauffant l'hématine à 160° avec de l'acide chlorhydrique fumant; cette combinaison n'est plus ferrugineuse : elle est isomère, comme vous le verrez, de la bilirubine.

ÉTUDE SPECTRALE DE L'HÉMOGLOBINE ET DE SES DÉRIVÉS.

1° *Oxyhémoglobine*. — Une solution d'oxyhémoglobine à 1 pour 1000, sous une épaisseur de un centimètre, donne, quand on l'intercale entre une flamme éclairante et le collimateur d'un spectroscopie (fig. 248), deux bandes d'absorption très nettes situées entre les raies D et E du spectre solaire (voir Planche I). A même épaisseur, s'il y a 3,7 pour 1000 d'oxyhémoglobine, les deux bandes sont tangentes à D et E et le spectre est absorbé jusqu'à la moitié du bleu. Pour 6,5 d'oxyhémoglobine, les deux bandes se confondent, l'extrême rouge est absorbé ainsi que toute la partie la plus réfrangible du spectre jusqu'au vert. Quand on étudie du

sang au spectroscopie, il faut donc faire attention au degré de dilution. Une solution à peine colorée donne les deux bandes caractéristiques.

2° *Hémoglobine*. — Une solution d'hémoglobine à 1 pour 1000, examinée sous un centimètre d'épaisseur, donne une bande d'absorption unique située entre D et E

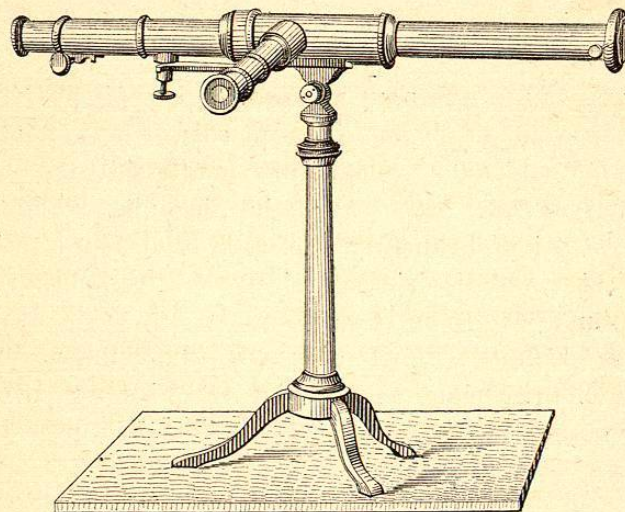


Fig. 248. — Spectroscopie à vision directe.

voir Planche I). Pour des solutions plus concentrées, la bande persiste, mais le spectre s'absorbe par ses deux extrémités. Pour voir cette *bande*, dite de *réduction* ou de *Stockes*, il suffit de traiter du sang par un agent réducteur et de l'examiner sous une épaisseur déterminée ou un degré de dilution convenable pour une épaisseur donnée.

3° *Hémoglobine oxycarbonée*. — Le spectre est sensiblement le même que pour l'oxyhémoglobine, mais on ne peut obtenir la bande de *Stockes* par les agents réducteurs, à cause de la stabilité de la combinaison.

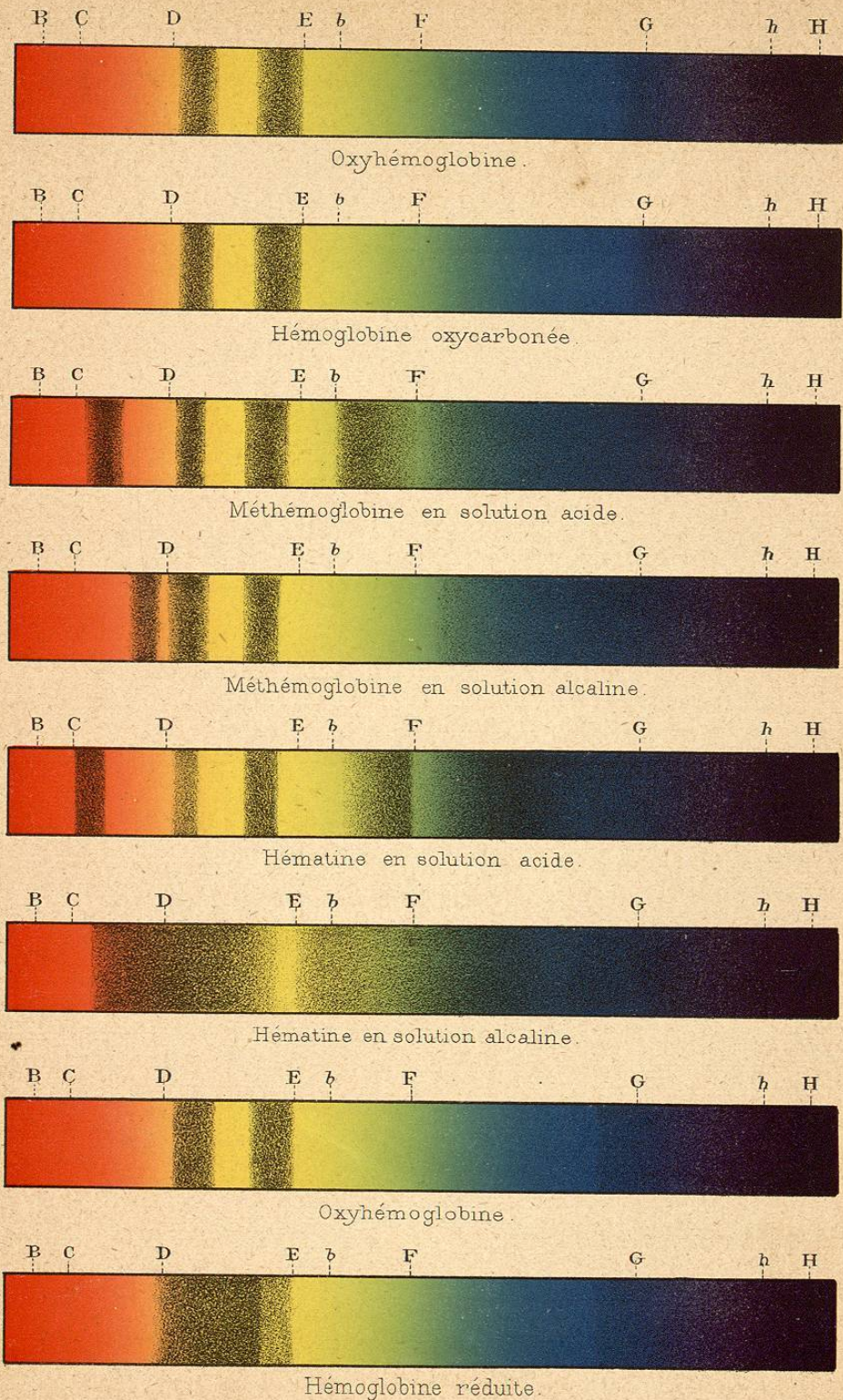
4° *Hémoglobine oxyazotée*. — Ce corps nous donne un spectre à deux bandes comprises entre D et E.

5° *Méthémoglobine*. — Le spectre d'absorption a trois bandes, deux entre D et E, une entre C et D, toujours naturellement sous une épaisseur convenable (voir Planche I).

6° *Hématine*. — En solution alcaline, on obtient une bande unique à cheval sur la raie D (voir Planche I).

RECHERCHE DU FER DANS LE SANG. — Les pigments sanguins contiennent du fer. On s'en assure facilement par le procédé suivant : prenant une goutte de sang, on la calcine sur une lame de platine jusqu'à ce que les cendres soient brunâtres. Celles-ci sont alors traitées par l'acide chlorhydrique, puis par le ferrocyanure de potassium. On a une belle coloration bleu de Prusse. Le fer réduit à l'état d'oxyde est transformé par l'acide chlorhydrique en perchlorure qui donne avec le ferrocyanure la réaction caractéristique des persels de fer.

Hémochromométrie. — Nous verrons, en étudiant les gaz du sang, qu'une grande quantité de l'oxygène contenu dans ce liquide est fixée sur l'hémoglobine en formant avec elle le pigment étudié plus haut sous le nom d'oxyhémoglobine; il en résulte que le pouvoir fixateur du sang pour l'oxygène est d'autant plus considérable que sa teneur en hémoglobine est elle-même plus grande. En général, plus il y a de globules et plus il y a d'hémoglobine, puisque cette substance est fixée sur eux; de là l'utilité de la numération exposée dans la précédente leçon; mais il n'en est pas toujours ainsi et les globules peuvent être plus ou moins riches en hémoglobine. On calcule alors la proportion de celle-ci dans le sang avec des appareils gradués empiriquement



HÉMATOSCOPE D'HÉNOCCQUE

à l'aide de solutions titrées d'hémoglobine; nous en décrirons deux, l'hématoscope d'Hénocque et l'hémochromomètre de Malassez.

HÉMATOSCOPE D'HÉNOCCQUE. — Cet appareil se compose d'une lame de verre sur laquelle on place quelques gouttes du sang à examiner. On recouvre ces gouttes

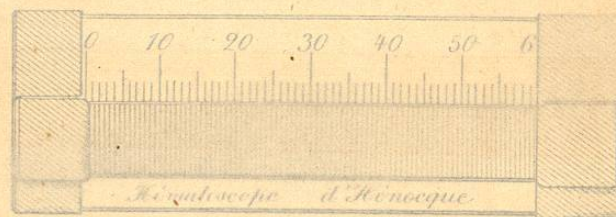


FIG. 249. — Hématoscope d'Hénocque.

avec une deuxième lame, légèrement oblique par rapport à la première; l'épaisseur de sang comprise entre

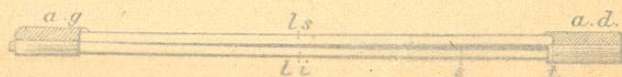


FIG. 250. — Coupe de l'hématoscope: a.g. lame supérieure, a.d. lame inférieure, s. sang.

les deux est donc variable (fig. 249, 250). La position étant donnée par des repères, l'appareil ainsi constitué

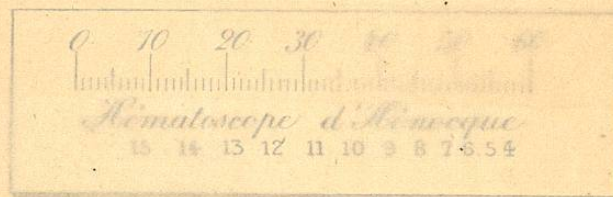
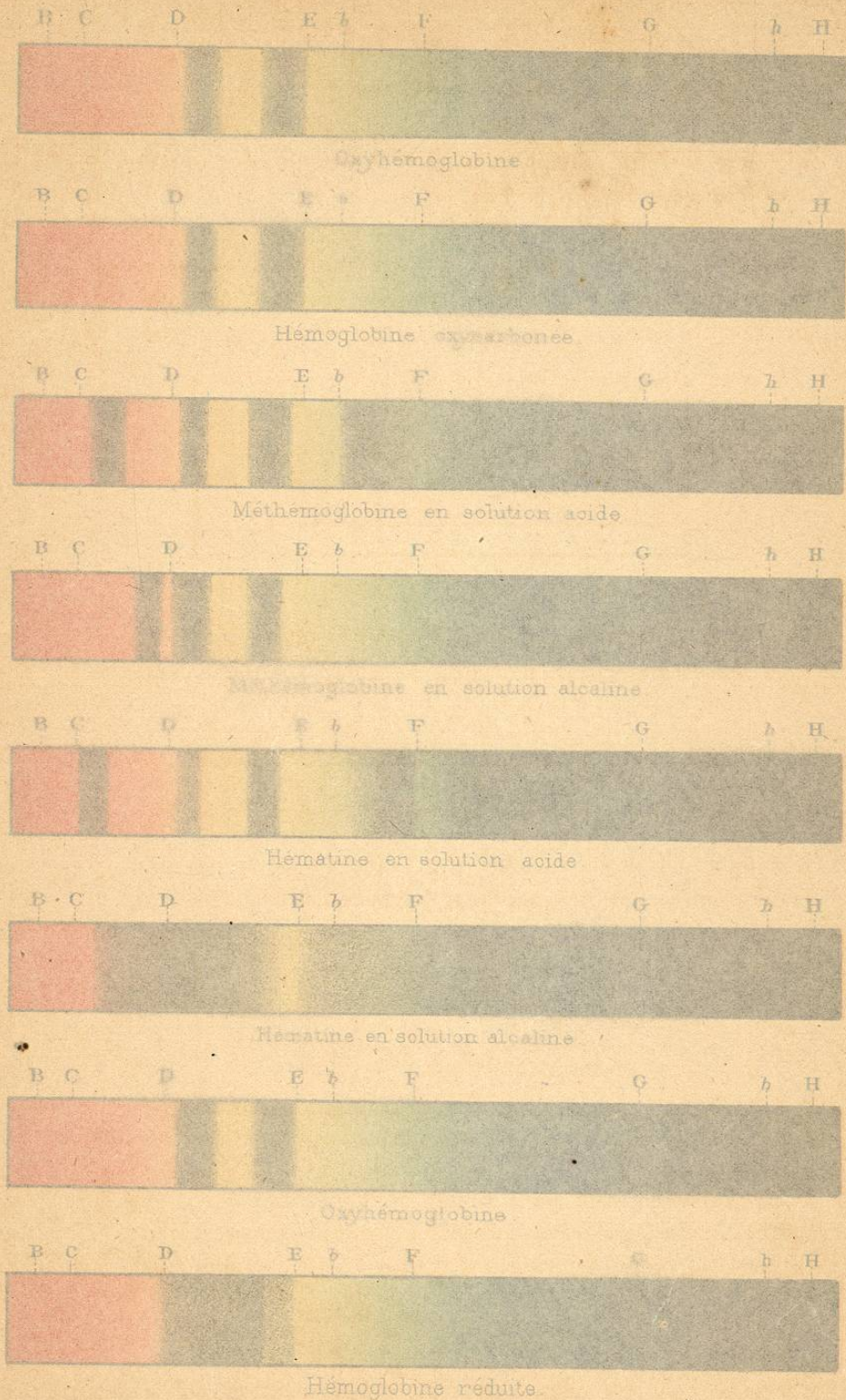


FIG. 251. — Plaque d'émail de l'hématoscope.

est alors placé sur une plaque d'émail (fig. 251) portant des chiffres tracés d'avance, que l'on aperçoit à travers la couche sanguine. Plus cette couche est



à l'aide de solutions titrées d'hémoglobine; nous en décrirons deux, l'hématoscope d'Hénocque et l'hémochromomètre de Malassez.

HÉMATOSCOPE D'HÉNOCQUE. — Cet appareil se compose d'une lame de verre sur laquelle on place quelques gouttes du sang à examiner. On recouvre ces gouttes

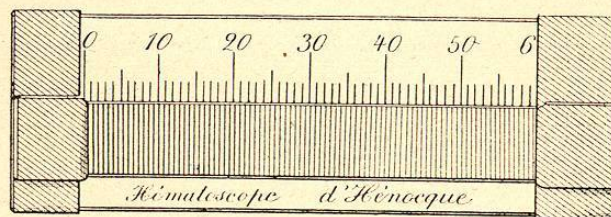


FIG. 249. — Hématoscope d'Hénocque.

avec une deuxième lame, légèrement oblique par rapport à la première; l'épaisseur de sang comprise entre

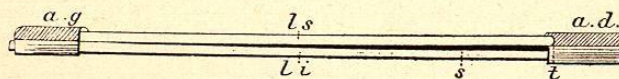


FIG. 250. — Coupe de l'hématoscope : *ls* lame supérieure, *li* lame inférieure, *s* sang.

les deux est donc variable (fig. 249, 250). La position étant donnée par des repères, l'appareil ainsi constitué

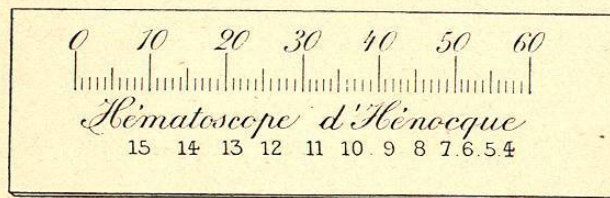


FIG. 251. — Plaque d'émail de l'hématoscope.

est alors placé sur une plaque d'émail (fig. 251) portant des chiffres tracés d'avance, que l'on aperçoit à travers la couche sanguine. Plus cette couche est

épaisse, moins la vision est distincte, et un moment arrive même où le chiffre n'est plus lisible (fig. 252). Le

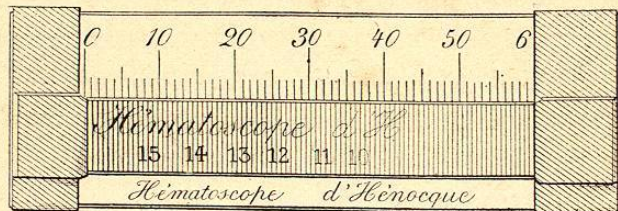


FIG. 252. — Observation à l'hématoscope : la teneur du sang en hémoglobine est 10 %.

dernier numéro lisible indique la teneur pour 100 en hémoglobine du sang examiné.

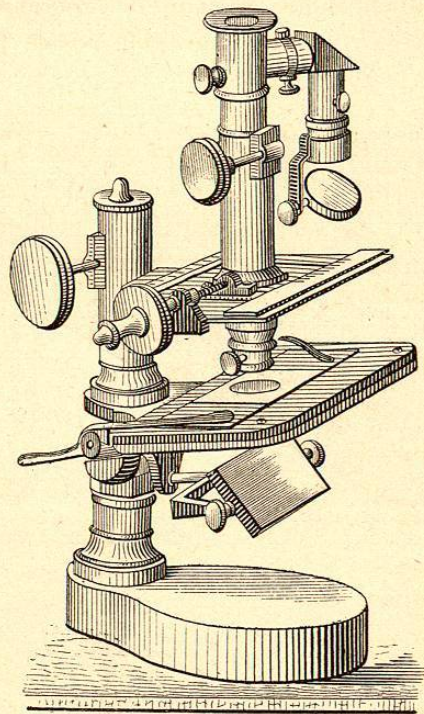


FIG. 253. — Hématospectroscope d'Hénocque.

Cet instrument peut être employé autrement en y ajoutant l'hématospectroscope du même auteur. Il se

compose d'un spectroscope monté comme un microscope et mobile latéralement (fig. 253) sur une échelle graduée. On examine le spectre du sang contenu entre les deux lames sous des épaisseurs variables, en faisant mouvoir latéralement le spectroscope. Arrive un moment où les deux bandes de l'hémoglobine ont la même largeur en longueur d'onde, ce dont on se rend facilement compte en projetant sur le spectre une image de micromètre. A l'œil, elles paraissent inégales, celle de droite plus large que celle de gauche, mais elles correspondent toutes deux à 20 millionimètres; de plus, elles ont la même intensité. A ce moment, on note la division de l'échelle à laquelle correspond l'index porté par le spectroscope. Une table donne la teneur en hémoglobine.

HÉMOCHROMOMÈTRE DE MALASSEZ. — Cet appareil colorimétrique permet d'examiner le sang à analyser dilué au $\frac{1}{100}$, sous des épaisseurs variables, et de comparer sa teinte à une teinte étalon.

On a, d'un côté de l'appareil, un tube fermé par un verre coloré de teinte déterminée, de l'autre côté un autre tube fermé par une glace incolore au-dessous duquel on peut monter ou descendre, à l'aide d'une crémaillère, une petite cuvette à fond de glace contenant le sang dilué. A

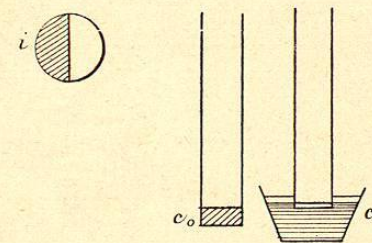


FIG. 254. — Schéma de l'hémochromomètre de Malassez : *co* verre coloré, *cu* cuvette où l'on met le sang dilué, *i* image.

l'aide d'un appareil optique spécial, les images des deux tubes sont vues sous forme de deux demi-cercles juxtaposés, ce qui facilite la comparaison des teintes. On fait monter ou descendre, à l'aide de la crémaillère, la cuvette mobile, ce qui diminue ou augmente l'épaisseur de sang

comprise entre la cuvette et le tube, et l'on s'arrête quand les deux demi-cercles ont la même teinte. Dans son mouvement, la crémaillère entraîne un index sur une échelle graduée d'avance. L'égalité de teinte obtenue, il n'y a plus qu'à lire le numéro devant lequel est arrêté l'index : c'est la teneur pour 100 en hémoglobine du sang examiné. Ce deuxième appareil, employant le sang dilué, est souvent plus commode que celui d'Hénocque pour lequel on emploie le sang pur, qui se coagule parfois assez rapidement.

VINGT-CINQUIÈME LEÇON

Sang (Suite). — Lymph.

Gaz du sang. — Le sang renferme des gaz, par suite de son contact, d'une part avec l'air atmosphérique par la circulation pulmonaire, d'autre part avec les tissus par la grande circulation. Dans le poumon, il se charge d'oxygène et d'azote; dans les tissus, d'acide carbonique. Nous trouverons donc toujours ces trois gaz dans le sang, mais en proportion variable suivant que nous le prendrons venant du poumon, ou, au contraire, venant des tissus : sang artériel dans le premier cas, sang veineux dans le second.

Ces gaz sont soit simplement dissous dans le plasma, c'est le cas de l'azote, soit partiellement dissous et partiellement combinés, c'est le cas de l'acide carbonique et de l'oxygène. Le premier de ces gaz forme avec les carbonates et les phosphates du plasma des bicarbonates et des phosphocarbonates, le second donne avec l'hémoglobine des globules de l'oxyhémoglobine.

EXTRACTION ET DOSAGE. — Les combinaisons dont nous venons de parler, étant peu stables, peuvent être détruites par la chaleur et le vide : ce sont ces deux agents qui sont employés pour l'extraction des gaz du sang et leur analyse.

Pour faire l'analyse, il faut recueillir le sang à l'abri de l'air et l'empêcher de se coaguler.