

c) Pour mesurer le *pouvoir d'oxydation* du sang, ou plus exactement sa *capacité respiratoire*.

#### A) Analyse qualitative

L'hémoglobine, dans ses diverses combinaisons, donne des spectres parfaitement déterminés et distincts les uns des autres ; grâce à cette propriété, il est possible non seulement de reconnaître la *présence* de l'hémoglobine et par conséquent du sang, dans un mélange ou une solution, mais encore de déterminer rapidement *sous quelle forme* l'hémoglobine est combinée, ce qui présente parfois le plus grand intérêt.

1. L'*oxyhémoglobine* donne deux bandes d'absorption dans le *jaune* et dans le *vert* (fig. 55, 1), entre D et E, correspondant exactement à 42 et 57.

C'est une combinaison *instable* de l'hémoglobine avec l'oxygène qui caractérise le sang artériel.

La combinaison de l'hémoglobine avec l'oxygène se fait très facilement ; il suffit du contact de l'air.

L'*oxyhémoglobine* se décompose avec la même facilité : la décomposition est provoquée par les agents physiques tels que le vide (plus exactement une pression de 135 millimètres de mercure environ), et par les agents réducteurs en solution neutre ou alcaline, principalement par le sulfure d'ammonium<sup>1</sup> ; il reste de l'hémoglobine réduite (n° 3).

2. La *méthémoglobine* est également une combinaison de l'hémoglobine avec l'oxygène ; elle présente deux caractères distinctifs au point de vue de sa constitution chimique :

<sup>1</sup> Nous citerons parmi les *réducteurs* : le vide, l'hydrogène, le sulfure d'ammonium, l'hydrosulfite de sodium, le tartrate d'étain ou le tartrate de fer en solutions ammoniacales.

a) Elle est plus stable que l'*oxyhémoglobine* ;

b) Elle renferme moins d'oxygène.

Pour préparer la méthémoglobine, il ne suffit pas d'exposer l'hémoglobine au contact de l'air, il faut l'intervention des substances oxydantes en solution neutre ou faiblement alcaline<sup>1</sup> ; en faisant agir ces dernières sur l'hémoglobine réduite ou sur l'*oxyhémoglobine*, il y a combinaison *stable* avec l'oxygène et formation de méthémoglobine.

La méthémoglobine n'est pas décomposée par les agents physiques (le vide) ; on doit employer les réducteurs cités plus haut, surtout le sulfure d'ammonium ; il se forme de l'hémoglobine réduite.

Sa présence dans l'économie est toujours pathologique ; elle a été trouvée :

Dans les *foyers hémorragiques* anciens ;

Dans les *globules rouges* après des inhalations de nitrite d'amyle ;

Dans l'*urine* hématurique et hémoglobinurique ;

Dans le *sang* après l'intoxication par le chlorate de potassium ;

Dans certains liquides de *kystes*.

La réaction spectrale de la méthémoglobine varie selon que cette substance est en solution alcaline ou en solution acide.

En solution *alcaline*, elle présente deux bandes qui pourraient être confondues avec les bandes de l'*oxyhémoglobine* ; mais il y a une troisième bande plus pâle, dans le *jaune* (fig. 55, 2).

En solution *acide*, elle offre une bande très nette dans le *rouge* (fig. 55, 3) et par la dilution deux autres bandes, éloignées l'une de l'autre, dans le *jaune* et dans le *vert*.

<sup>1</sup> Les agents *oxydants* dont on se sert de préférence sont : le permanganate, le chlorate, l'hypochlorite, le nitrite, le ferricyanure de potassium ; le nitrite d'amyle ; l'acide périodique, l'iode dissous dans l'iodure de potassium.

3. L'hémoglobine réduite présente une seule bande d'absorption, dite *bande de Stokes*, dans le jaune; elle est située

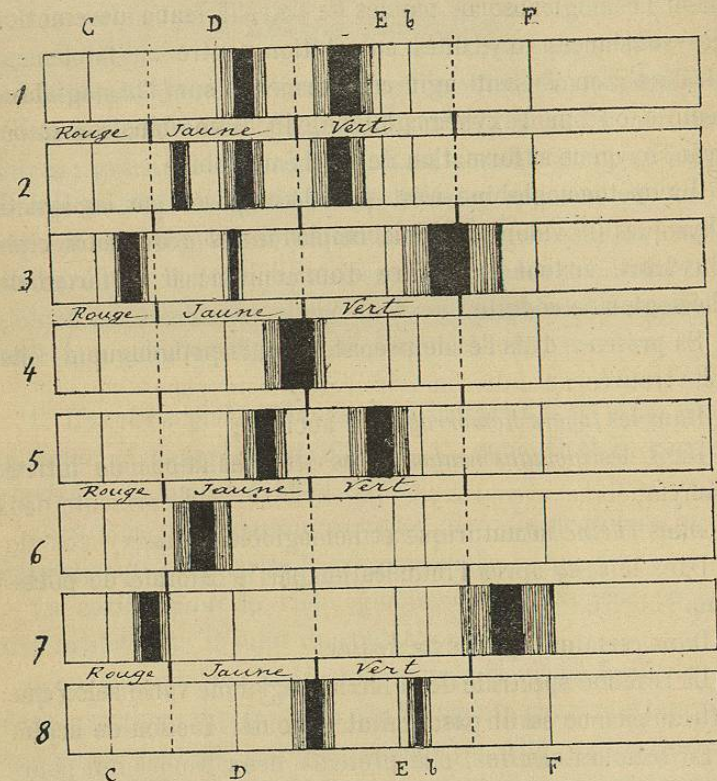


Fig. 55. — 1. Spectre de l'oxyhémoglobine. (Voir le tableau page 174.)  
 2. » de la méthémoglobine en solution alcaline.  
 3. » de la méthémoglobine en solution acide.  
 4. » de l'hémoglobine réduite. (Bande de Stokes.)  
 5. » de la carboxyhémoglobine.  
 6. » de l'oxyhématine en solution alcaline.  
 7. » de l'oxyhématine en solution acide.  
 8. » de l'hématine réduite.

dans l'espace qui sépare les deux bandes de l'oxyhémoglobine (fig. 55, 4).

L'hémoglobine réduite est rouge brun et se trouve en grande quantité dans le sang veineux.

Quelques heures après la mort, tout l'oxygène de l'oxyhémoglobine est absorbé par les tissus, et le sang devenu noir ne contient plus que de l'hémoglobine réduite.

On obtient l'hémoglobine réduite *en solution*, en faisant agir sur le sang l'hydrosulfite de sodium dans un milieu alcalin, ou le sulfure d'ammonium.

Cette substance est très avide d'oxygène; au contact de l'air, elle se combine (en combinaison *instable*) avec l'oxygène, et donne l'oxyhémoglobine; sous l'influence des oxydants chimiques, elle donne la méthémoglobine.

Il est très difficile de préparer de l'hémoglobine à l'état de pureté à cause de son avidité pour l'oxygène.

4. La *carboxyhémoglobine* résulte de la combinaison de l'hémoglobine avec l'oxyde de carbone. Elle présente deux bandes d'absorption ressemblant à celles de l'oxyhémoglobine, mais elles sont situées un peu à droite de celles-ci (fig. 55, 5).

Voici ses caractères différentiels :

Elle se décompose moins facilement que l'oxyhémoglobine; le vide seul ne suffit pas, il faut y ajouter l'action de la chaleur (température de 40° à 60°).

L'hydrosulfite de sodium et le sulfure d'ammonium ne la réduisent pas.

En vase clos l'hémoglobine oxycarbonée résiste complètement aux bactéries de la putréfaction; on la retrouve au bout de plusieurs années, tandis que l'oxyhémoglobine est réduite au bout de quarante-huit heures.

Par un courant d'hydrogène, il se forme de l'hémoglobine réduite.

Par un *courant d'oxygène*, il se forme de l'oxyhémoglobine.

La carboxyhémoglobine caractérise l'empoisonnement par les vapeurs de charbon ou par le gaz d'éclairage.

### 5. L'hématine.

Elle se présente sous deux formes :

1° Hématine non combinée à l'oxygène, ou hématine réduite, ou hémochromogène.

2° Hématine combinée à l'oxygène ou hématine ordinaire, ou oxyhématine.

1° L'*hématine réduite* (hémochromogène) provient de la réduction de l'oxyhématine par l'hydrosulfite de sodium neutralisé, ou par le dédoublement de l'hémoglobine réduite en globuline et hématine. (Voir le tableau, page 174.)

L'hématine réduite a une grande affinité pour l'oxygène;

Ses solutions sont rouge pourpre;

Elle donne le spectre n° 8 (fig. 55).

2° L'*oxyhématine* résulte :

Ou bien de la décomposition de l'oxyhémoglobine ou de la méthémoglobine par les acides ou par les alcalis;

Ou bien de l'oxydation à l'air de l'hémochromogène, ou hématine réduite.

Ses solutions sont de coloration brune, accompagnée du dichroïsme verdâtre.

On la rencontre dans les foyers hémorragiques en même temps que l'hématoïdine; elle donne deux spectres, selon qu'elle est en solution acide ou en solution alcaline (fig. 55, 6 et 7).

On la trouve également dans le canal intestinal et dans l'estomac, produite par l'action du suc gastrique sur le sang; dans l'urine hématurique. Dans ces cas, elle donne le spectre de l'oxyhématine en solution acide (fig. 55, 7).

Dans le sang expectoré quelques jours après le début de l'hémoptysie, elle présente le spectre de l'oxyhématine en solution alcaline (fig. 55, 6).

Pour faire ces différents examens, on se sert en clinique :

Du petit *spectroscope* à vision directe, simple, faisant partie de l'hématoscope d'Hénocque;

Ou bien de l'*hématospectroscope* du même auteur (appareil plus complet);

Ou enfin du *microspectroscope*.

Ce dernier instrument, d'un usage très commode, peut être utilisé de deux façons :

On examine directement au jour la préparation placée entre deux lamelles de verre;

Ou bien, on adapte l'appareil à un microscope ordinaire à la place de l'oculaire, et on enlève l'objectif; cette disposition permet une étude complète et précise des diverses combinaisons de l'hémoglobine.

En effet, outre les rayons lumineux réfléchis par le miroir concave du microscope, le microspectroscope peut encore recevoir un second faisceau de lumière, latéral. Il en résulte que quand les miroirs sont bien placés, l'observateur voit deux spectres situés immédiatement l'un au-dessus de l'autre et produits par deux groupes de rayons séparés. Dès lors il est possible de déterminer très nettement la position relative des bandes d'absorption de telle ou telle substance. Voici comment on opère :

On verse dans un verre de montre, ou dans un petit récipient rectangulaire à fond transparent, une solution d'oxy-

<sup>1</sup> Voir page 190.

hémoglobine par exemple, laquelle servira de solution de comparaison; elle donnera les deux bandes d'absorption indiquées plus haut (fig. 55, 1).

Sur le trajet du faisceau lumineux latéral, on fixe, par un ressort, une petite éprouvette de verre que l'on peut fermer au moyen d'un bouchon, et dans laquelle on met la solution à examiner; on obtient alors un second spectre, qu'il suffit de comparer au premier *qui est connu*. Pour faire un examen complet, on traite le liquide de l'éprouvette par les différents réactifs que nous avons signalés, acides, bases, oxydants, réducteurs.

Exemples :

Si le liquide à analyser contient de l'oxyhémoglobine, il donnera deux bandes d'absorption *qui coïncideront* avec celles de la solution-type; de plus, la liqueur pourra être réduite par l'addition de sulfhydrate d'ammoniaque ou d'hydrosulfite de sodium (apparition de la bande de Stokes).

S'il renferme de l'hémoglobine oxycarbonée, il y aura encore deux bandes d'absorption, mais elles se trouveront légèrement à *droite* des deux bandes supérieures; de plus, la réduction ne se fera pas.

S'il contient de l'hémoglobine réduite, on verra une seule bande (de Stokes) exactement située entre les deux bandes de l'oxyhémoglobine; l'agitation du liquide au contact de l'air fera disparaître cette bande unique, et elle sera remplacée par les deux bandes de l'oxyhémoglobine.

Enfin, si la solution renferme de la méthémoglobine, il y aura une bande d'absorption dans le *rouge*, et les agents réducteurs (sulfure d'ammonium) donneront naissance à la bande de Stokes; l'agitation du liquide fera reparaitre ensuite les deux bandes de l'oxyhémoglobine.

Remarque. — Le *picrocarminate d'ammoniaque* donne

aussi deux raies; mais elles sont situées plus à *droite* que celles de l'oxyhémoglobine; *aucun agent réducteur ne donne la bande de Stokes*.

### B) Analyse quantitative

Si l'on examine au spectroscope une solution *très étendue* d'oxyhémoglobine, on ne constate aucune modification du spectre; mais si l'on *augmente* la proportion d'oxyhémoglobine, à un moment donné on *aperçoit* les deux bandes caractéristiques, et, en continuant l'addition de matière colorante, on voit bientôt les deux bandes s'élargir; la coloration verte finit par disparaître et les rayons rouges seuls restent visibles.

En faisant l'opération en sens inverse, c'est-à-dire en diluant de plus en plus une solution concentrée d'oxyhémoglobine, les mêmes phénomènes se succèdent dans l'ordre opposé :

On ne voit d'abord que les rayons rouges;

Les rayons verts apparaissent;

Puis, les deux bandes d'absorption diminuent d'intensité et finissent par s'effacer.

On a constaté que l'apparition des *deux bandes* dans le premier cas, et l'apparition du *vert* dans le second, correspondent toujours à une concentration déterminée.

De là, deux méthodes d'analyse spectroscopique quantitative.

#### 1. Méthode de Preyer.

Elle est basée sur l'apparition de la bande verte. On dilue le sang dans une auge à parois parallèles jusqu'à ce que l'on aperçoive les rayons verts.

Rajewski place le sang dans deux récipients de forme prismatique de même angle, et pouvant se mouvoir l'un sur l'autre de manière à constituer également une auge à faces parallèles, mais d'épaisseur variable. Chaque position des récipients correspond à une concentration déterminée.

### 2. Procédé d'Hénocque.

Il est basé sur la formation des bandes d'absorption de l'oxyhémoglobine. On se sert des deux lames de verre décrites plus haut (hématoscope); mais au lieu de les placer sur la plaque émaillée, on examine la nappe de sang par transparence au moyen d'un petit spectroscopie annexé à l'instrument. On commence par la partie la plus mince (située à gauche de l'hématoscope); à ce niveau, on ne voit pas les bandes d'absorption; en glissant les lames de verre de droite à gauche, la couche de sang devient de plus en plus épaisse, et bientôt apparaissent d'une manière  $\pm$  confuse les deux bandes de l'oxyhémoglobine.

Si l'on continue à pousser l'hématoscope vers la gauche, les deux bandes d'absorption deviennent plus foncées, plus nettes, puis égales et bien limitées. A ce moment, l'opération est terminée; on lit le chiffre de millimètres vis-à-vis duquel le spectroscopie est placé, et on en déduit la proportion pour % d'hémoglobine contenue dans le sang analysé.

### C) Capacité respiratoire du sang

Hénocque a proposé un moyen très simple pour déterminer le temps nécessaire à la réduction de l'oxyhémoglobine dans l'économie. En observant directement avec l'hématospectroscopie la surface sous-unguéale du pouce, sous un angle de 45° environ, on distingue les deux raies de l'oxy-

hémoglobine. Si l'on applique rapidement une ligature à la base du pouce, de manière à empêcher la circulation, on voit la seconde raie disparaître au bout de quelques secondes; la première raie disparaît au bout de 70 secondes environ; ce temps est en rapport: 1° avec la quantité d'oxyhémoglobine contenue dans le sang; 2° avec la vitalité du tissu observé.

### 4° Pression du sang artériel.

On fait cette recherche sur l'artère radiale, au moyen du sphygmomètre de Verdin.

Placez l'index gauche sur la radiale explorée, sans exercer aucune pression; tenant le sphygmomètre de la main droite, appliquez le patin de l'instrument sur l'ongle de l'index et comprimez ce doigt jusqu'à ce que vous ne sentiez plus du tout le battement artériel; lisez sur le sphygmomètre le chiffre auquel vous êtes arrivé.

Normalement, la pression doit être de 16 centimètres de mercure.

Ce procédé, que l'on doit à M. le docteur Jules Chéron<sup>1</sup>, de Paris, donne des résultats suffisamment précis, à la condition que les parois de l'artère en expérience aient leur *élasticité normale*; dans ces conditions, la pression nécessaire pour arrêter le courant sanguin est très approximativement égale à la pression du sang elle-même.

Cette pression, mise en parallèle avec le nombre des pulsations et avec les résultats de l'auscultation du cœur, permet d'apprécier si la quantité de sang circulant dans le système vasculaire est normale ou non.

<sup>1</sup> Nous tenons à remercier M. le docteur Jules Chéron de l'obligeance qu'il a mise à nous exposer son procédé.

## Résumé

L'examen clinique du sang se fait dans un double but :

1° Pour étudier les *éléments morphologiques* :

Forme, dimension, coloration des éléments normaux ;

Présence d'éléments anormaux.

Cette recherche se fait au microscope.

2° Pour déterminer la *valeur* du sang.

Deux méthodes : la numération des globules (examen microscopique) ;

Le dosage de l'hémoglobine (procédés colorimétriques, diaphanométriques, spectroscopiques).

Ces deux méthodes, prises isolément, sont insuffisantes : la numération des globules rouges ne renseigne pas la *richesse en hémoglobine*, et la proportion de celle-ci n'indique pas le *nombre des leucocytes*. Or, ce sont là deux ordres de renseignements distincts, très intéressants l'un et l'autre.

Un examen *qualitatif* complet du sang doit donc donner :

1° La *proportion des leucocytes* relativement au nombre des globules rouges (1 : 350 normalement) ;

2° La *richesse en hémoglobine* (14 % à l'état normal).

Le premier de ces renseignements est d'autant plus important que c'est le seul qui ne puisse pas être altéré par les modifications de volume du plasma.

Quant au second, sa signification est encore peu précise actuellement ; en effet, pour que le sang puisse être considéré comme normal, il faut *trois conditions* :

1° Un millimètre cube de sang doit renfermer 5 millions de globules rouges ;

2° 100 grammes de sang doivent renfermer 14 grammes d'hémoglobine ;

3° La *masse totale du sang* doit être égale au 1/13<sup>e</sup> du poids du corps.

De telle sorte qu'un homme du poids de soixante-cinq kilogrammes doit disposer de 5 kilogrammes de sang, renfermant en réalité : 5 millions (de millimètres cubes)  $\times$  5 millions de globules rouges, et 700 grammes d'hémoglobine.

Or, il manque un facteur dans les dosages cliniques opérés sur le sang : c'est la *masse totale* de celui-ci ; ce facteur est sans influence sur les quantités relatives de leucocytes.

Nous devons ajouter toutefois que la pression artérielle, prise à la radiale, si elle ne renseigne pas le *poids total* du sang, permet cependant de conclure si son *volume* relatif est normal (à la condition de tenir compte des facteurs que nous avons énumérés plus haut).

#### CARACTÈRES DIFFÉRENTIELS DU SANG DANS QUELQUES HÉMOBRAGIES

Le sang sorti par hémorragie présente des caractères spéciaux résultant :

De son séjour  $\pm$  long hors des vaisseaux ; de l'action des tissus ou des liquides avec lesquels il est en contact.

##### 1° Hématémèse.

Le sang de l'hématémèse est d'un rouge foncé, brunâtre, parfois, noir ; non mousseux ; souvent mêlé à des détritits alimentaires. Il renferme des *sarcines* et des cellules de *torula cervisiae*. (Voir chap. XVI.)

Il est amené au dehors par des efforts de vomissements ; parfois, il ressemble à de la terre, du marc de café ou de la suie délayés dans l'eau. La réaction du liquide filtré peut être acide (lorsque le sang n'est pas très abondant, ou qu'il a séjourné depuis un certain temps dans l'estomac). Si l'on a des doutes sur la présence du sang, on fait la réaction du gaïac et de la térébenthine, ou encore l'examen spectroscopique.

Nous verrons la valeur de ce symptôme dans l'étude de l'appareil digestif.

### 2° Sang évacué avec les selles.

A la suite de l'hématémèse, il arrive fréquemment qu'une partie du sang épanché dans l'estomac est évacué avec les selles ; alors, celles-ci sont *noires* par le contact prolongé de la matière colorante du sang avec les liquides digestifs ; ce symptôme porte le nom de *mœléna*.

Le même cas se présente lorsque l'hémorragie s'est faite dans l'intestin ; d'une manière générale, le sang contenu dans les selles est d'autant moins altéré que l'origine de l'hémorragie se trouve plus rapprochée de l'orifice anal (sang veineux non modifié en cas d'hémorroïdes).

Parfois, le sang est mêlé à du pus (tumeur rectale en suppuration).

### 3° Sang expectoré.

Au début de l'hémoptysie, le sang est rouge vermeil, écumeux, souvent accompagné de crachats muco-purulents. On y trouve des fibres élastiques et des cellules épithéliales du poumon. (Voir chap. X.)

Il est expulsé pendant la toux ; la réaction du liquide est toujours alcaline, à moins que le malade n'ait en même temps vomé.

Bientôt, le sang est expectoré sous forme de crachats ; ceux-ci deviennent d'autant plus foncés, qu'on s'éloigne davantage du moment initial de l'hémoptysie (bruns et noirâtres).

Nous verrons la signification clinique de l'hémoptysie à propos de l'appareil respiratoire.

## RÉACTIFS DU SANG

### 1. Au microscope.

On recherche la présence des globules rouges ; moyen insuffisant parce que souvent ceux-ci sont détruits par l'action des liquides auxquels ils sont mélangés.

### 2. Procédé du gaïac et de la térébenthine.

On mélange le liquide à examiner avec volume égal de teinture de gaïac fraîche ; on ajoute volume égal à celui du gaïac, d'essence de térébenthine vieille, et l'on agite ; si le mélange renferme du sang, il y a apparition d'une coloration bleue.

### 3. Préparation des cristaux d'hémine.

On chauffe avec précaution la substance à examiner (résidu, précipité, etc.), avec une petite quantité de solution de chlorure de sodium ; on ajoute de l'acide acétique glacial, et l'on continue à chauffer ; lorsque le liquide est évaporé, on trouve au microscope de petits cristaux *rouge brun* de chlorure d'hématine, appelés *cristaux d'hémine de Teichmann*. Lorsqu'on recherche la matière colorante du sang dans des liquides (l'urine, par exemple), on la précipite préalablement par l'addition d'une solution de tanin ; on filtre, et l'on opère la réaction ci-dessus sur le résidu.