

# Contribution à l'étude de la floculation des solutions colloïdales de gomme-gutte<sup>(\*)</sup>

Celâl SARAÇ

(Institut de Physique de l'Université d'Ankara)

## I

### ETUDE GENERALE DE LA FLOCCULATION DES SOLUTIONS COLLOIDALES.

1. — **Mécanisme général de la floculation.** — La floculation des solutions colloïdales par les électrolytes revêt une forme particulièrement simple dans le cas des colloïdes micellaires (\*\*), appelés encore «*colloïdes lyophobes*» ou «*colloïdes instables*», parce que leur floculation se produit sous l'influence de concentrations très faibles d'électrolyte. C'est la seule que nous envisagerons dans ce travail.

Lorsqu'on introduit une quantité suffisante d'un électrolyte dans une telle solution colloïdale, les particules de cette solution fixent l'ion de l'électrolyte dont le signe électrique est opposé au leur (1). Cette fixation d'un ou de plusieurs ions de signe contraire a pour effet de diminuer la charge de la particule. Les répulsions entre les particules qui sont d'origine électrostatique vont en diminuant d'intensité et il arrive que, par suite du mouvement brownien, forment des agrégats qui grossissent

---

(\*) Ce travail a été effectué au laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Dijon, chez Monsieur le Professeur Boutaric, mon maître, à qui je présente ici ma gratitude et mes remerciements respectueux.

(\*\*) Voir l'importante étude de M. A. Boutaric publiée récemment dans la Revue Générale des Sciences (t. LIV. No. 11-12, 1947) sur «les Colloïdes micellaires».

peu à peu et finissent par se séparer du solvant (\*). On dit que *la solution colloïdale a floclé*.

Les indications précédentes concernant le mécanisme de la floculation sont très schématiques. Les premières recherches expérimentales datent déjà de près d'un demi siècle (2); et l'étude de ce mécanisme a fait l'objet de nombreuses recherches théoriques, parmi les plus récentes desquelles il convient de citer celles de W. Ostwald, et aussi les travaux de S. Levine, de Langmuir, etc... Dans notre travail nous laisserons de côté toutes les considérations théoriques et nous envisagerons uniquement quelques unes des particularités expérimentales qui nous ont paru les plus importantes du phénomène de la floculation des colloïdes.

**2. — Mesure expérimentale de la durée de l'évolution qui précède la floculation d'une solution Colloïdale.** — Un certain nombre de propriétés de la solution colloïdale (viscosité, tension superficielle, etc.) peuvent éprouver des modifications graduelles qui ont été utilisées par divers auteurs pour suivre la floculation.

Mais dans tous les cas, l'évolution de la solution colloïdale qui précède la floculation entraîne un grossissement important des micelles et, par suite, un accroissement du pouvoir absorbant pour la lumière que possède la solution dans tout le spectre. Ainsi, comme l'ont montré M. le Professeur Boutaric (3) et ses collaborateurs, peut-on suivre cette évolution et en évaluer la durée en étudiant l'opacité croissante de la solution pour une radiation déterminée, au moyen d'un spectrophotomètre du Féry ou de Jobin et Yvon. C'est là une méthode simple qui conduit à des résultats très précis et faciles à reproduire. Elle revient à comparer l'opacité d'une cuve à faces parallèles contenant le sol à étudier dilué de moitié avec de l'eau distillée, à l'opacité d'une cuve identique contenant le même sol dilué dans un égal volume d'une solution électrolytique. Pour une concentration convenable en électrolyte, la solution colloïdale est le siège d'une évolution qui entraîne un accroissement d'opacité. En suivant cette opacité par des mesures spectrophoto-

---

(\*) «.... Toute diminution de charge conduit à la précipitation.» J. Perrin (*Les Atomes.*)

tométriques, dans une région appropriée du spectre, on constate qu'elle croît d'abord rapidement, puis de moins en moins vite et tend vers une limite, comme le montre la figure (1) relative

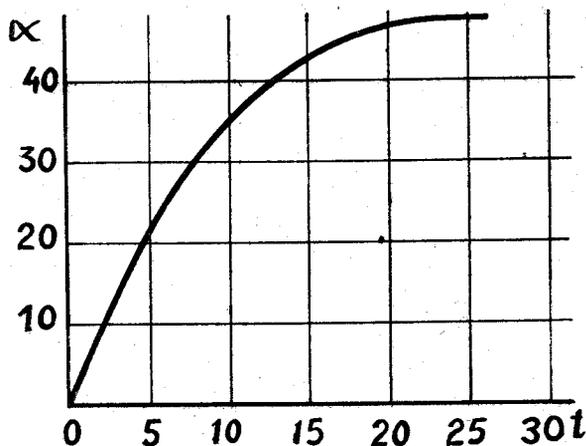


Fig. 1

à la floculation d'un sol de sulfure d'arsenic par du chlorure de potassium, où l'on a représenté la variation du coefficient d'absorption lumineuse  $\alpha$  en fonction du temps évalué en minutes.

Lorsque la limite d'opacité est atteinte, la solution colloïdale devient tout à fait instable et se détruit avec séparation des micelles, soit spontanément, soit sous une très légère influence physique, par exemple par simple agitation. Mais, en évitant toute agitation, on peut parfois conserver la solution colloïdale longtemps dans cet état sans observer le moindre dépôt. Aussi est-il peu précis d'évaluer la durée de la floculation, comme on le fait très souvent, en notant *le temps que met la matière en suspension à sédimenter* dans un tube à essai après addition d'un électrolyte. Au contraire *le temps que met l'opacité à atteindre sa valeur limite* est parfaitement défini et des expériences répétées dans les mêmes conditions fournissent toujours exactement les mêmes durées de floculation.

En collaboration avec M. le Prof. Boutaric (4), nous avons montré, en analysant les courbes de variation du coefficient d'absorption lumineuse, en fonction du temps, que cette variation peut se représenter par une fonction de la forme :

$$x = A \left( 1 - e^{-\frac{t}{\theta}} \right),$$

$\theta$  désignant un coefficient constituant une véritable constante de temps susceptible de caractériser l'évolution de la solution colloïdale envisagée.

M. M. Boutaric et Bernard (5) ont montré également que l'on pouvait suivre l'évolution qui précède la floculation d'une solution colloïdale en mesurant la dépolarisation qu'éprouve un faisceau de lumière polarisée en traversant une cuve contenant la solution colloïdale étudiée.

La plupart des solutions colloïdales qui ne dépolarisent pas la lumière transmise, acquièrent cette propriété durant la floculation, le degré de dépolarisation va en croissant au cours de la floculation, en sorte que sa mesure fournit une excellente méthode pour déterminer la durée d'évolution précédant la floculation.

**3. — Variation de la durée de floculation en fonction de la concentration de l'électrolyte introduit dans la solution Colloïdale.** — Si l'on détermine la durée  $t$  de la floculation que produit, dans une solution colloïdale, l'introduction d'un électrolyte possédant dans la solution une concentration  $C$  et qu'on trace la courbe représentant la variation de  $t$  en fonction de  $C$ , on obtient un graphique dont la forme peut éprouver des variations essentielles suivant la nature du colloïde et la nature de l'électrolyte utilisé pour la floculation.

a.) Le plus souvent, et en particulier dans tous les cas où l'ion actif de l'électrolyte - c'est à dire celui dont le signe est opposé au signe du colloïde - est monovalent, la forme du graphique, très simple, est celle donnée par la figure (2) relative à la floculation d'une solution colloïdale de résine mastic par l'acide sulfurique (6). La durée  $t$  de la floculation augmente de plus en plus lorsque diminue la dose d'électrolyte, et, pour une certaine concentration limite de cet électrolyte, finit par devenir infiniment grande, après quoi la floculation ne se produit plus: la courbe présente une asymptote verticale.

Pour une concentration de plus en plus grande, la durée  $t$  de la floculation diminue de plus en plus et tend vers une va-

leur constante qui peut être pratiquement nulle: on arrive alors dans la région des floculations dites rapides.

b.) Lorsque l'ion actif de l'électrolyte floculant, c'est à dire celui dont le signe est opposé à celui des granules du colloïde,

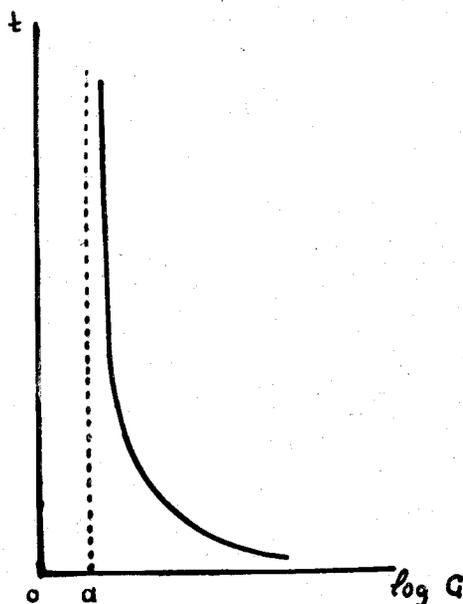


Fig. 2

est polyvalent, il arrive que le graphique qui représente la durée  $t$  de la floculation en fonction de la concentration de l'électrolyte, se compose de plusieurs branches, comme le montre le graphique de la figure (3) relatif à la floculation d'une solution colloïdale de résine mastic par du chlorure d'aluminium (6) (Les régions hachurées sont celles pour lesquelles aucune floculation ne se produit).

On voit que le graphique présente trois asymptotes parallèles à l'axe des temps correspondant à des concentrations  $a, b, c$  ( $c > b > a$ ) qui limitent deux zones de floculation constituées l'une par les concentrations comprises entre  $a$  et  $b$ , et l'autre par les concentrations supérieures à  $c$ . Aucune floculation ne se produit, d'une part, pour les concentrations comprises entre  $b$  et  $c$ , d'autre part, pour les concentrations inférieures à  $a$ .

Sans insister autrement, signalons que dans la zone comprise entre les deux courbes de floculation, c'est à dire pour des

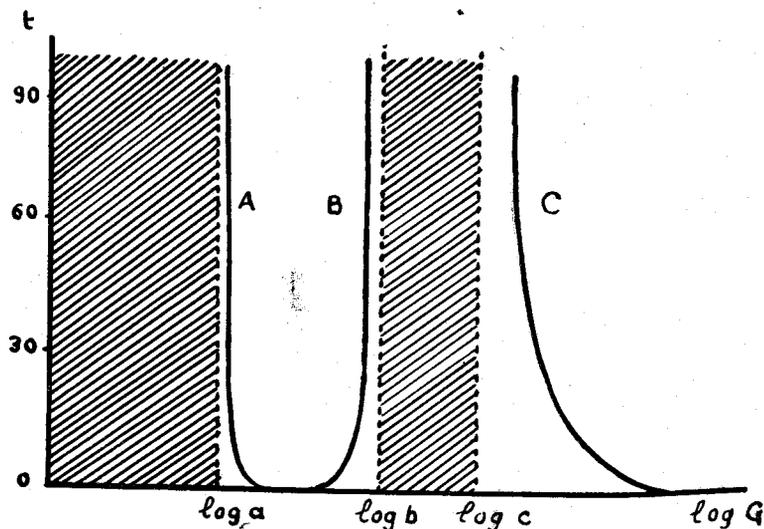


Fig. 3

concentrations d'électrolyte comprises entre  $b$  et  $c$ , les granules de la solution colloïdale peuvent changer de signe, un sol à granules négatifs se transformant en un sol à granules positifs et inversement.

4. — **Stabilité d'une solution colloïdale vis-à-vis d'un électrolyte donné.** — Une solution colloïdale est d'autant plus stable vis-à-vis d'un électrolyte qu'il faut, pour la faire floculer, une plus grande quantité de cet électrolyte. Cette stabilité a été définie et mesurée de manières fort différentes par les divers auteurs, ce qui rend les résultats publiés difficilement comparables.

a. — Dans certains cas, on mesure la stabilité par la plus petite quantité d'électrolyte nécessaire pour produire la floculation, ce qu'on détermine grossièrement en disposant des volumes égaux de solution colloïdale dans divers tubes à essai et ajoutant à chacun d'eux le même volume d'un même électrolyte pris sous des concentrations décroissantes; on note la plus faible concentration d'électrolyte produisant la floculation au bout d'un temps suffisant.

b. — Dans d'autres cas, on définit la stabilité par la plus faible quantité de l'électrolyte qui provoque une floculation instantanée.

c. — Parfois encore, on prend comme mesure de la stabilité, la concentration de l'électrolyte qui produit la floculation en un temps donné, toujours le même.

d. — On a également évalué la stabilité par la durée de la floculation que provoque une quantité déterminée de l'électrolyte : le sol est d'autant plus stable vis-à-vis de l'électrolyte envisagé que cette durée est plus grande.

On conçoit facilement que les nombres obtenus par ces diverses méthodes comme mesure de la stabilité d'un même sol puissent être différents. La complexité paraîtra plus grande encore si l'on songe que chaque méthode elle-même peut fournir des résultats variables avec les conditions expérimentales.

Il y avait donc un grand intérêt au point de vue expérimentale à mettre au point une méthode susceptible de fournir des résultats toujours identiques et comparables entre eux.

Pour évaluer la stabilité d'une solution colloïdale vis-à-vis d'un électrolyte donné, M. Le Prof. Boutaric (7) a proposé de déterminer la courbe des durées de floculation en fonction des concentrations en électrolyte.

Si, conformément au graphique de la figure (2), la courbe présente une asymptote qui divise le plan en deux régions, pour la concentration en électrolyte supérieure à l'asymptote, l'ordonnée de la courbe donne la durée de la floculation ; pour les concentrations inférieures à cette abscisse, aucune floculation ne se produit. Il semble donc tout à fait légitime d'exprimer la stabilité de la solution colloïdale vis-à-vis d'un électrolyte donné par la concentration  $a$  de cet électrolyte qui correspond à l'asymptote de la courbe de floculation.

Dans le cas où la solution colloïdale floccule sous l'action d'un ion polyvalent et présente deux zones de floculation, comme l'indiquent les graphiques (3), la stabilité de la solution colloïdale vis-à-vis de l'électrolyte est caractérisée par l'ensemble des valeurs  $a, b, c$  définissant les trois asymptotes que présente la courbe.

## II

## TECHNIQUE EXPERIMENTALE

**Objet de notre étude.** — Dans le présent travail effectué au laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Dijon, sous la direction de M. le Prof. Boutaric, nous nous sommes proposé d'étudier, par la méthode dont nous venons d'indiquer le principe, la floculation des suspensions que l'on peut obtenir à partir de la gomme - gutte.

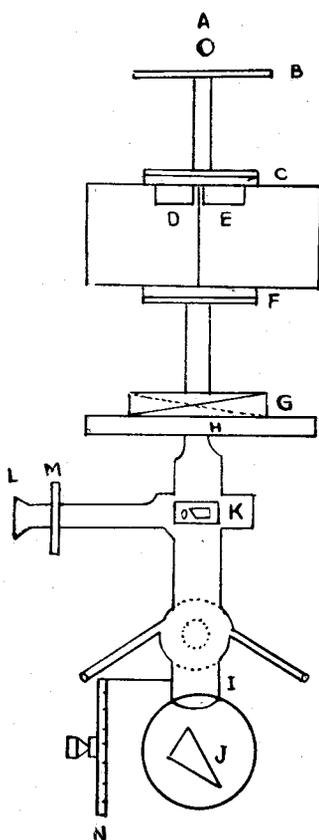


Fig. 4

Avant d'aborder l'exposé des résultats que nous avons obtenus, il nous paraît intéressant de fournir quelques indications sur le spectrophotomètre que nous avons utilisé pour nos mesures et sur le mode de préparation des solutions colloïdales de gomme-gutte étudiées.

1. — **Mesures spectrophotométriques.** — Pour nos mesures, nous avons utilisé le *spectrophotomètre de Féry*, représenté schématiquement sur la figure (4).

En A se trouve une source de lumière blanche (lampe électrique de 1000 Watts); en B un diaphragme est placé au foyer d'une lentille C qui produit un faisceau parallèle divisé en deux par une cloison médiane. On place la cuve contenant le liquide à étudier en D, et en E une cuve identique contenant de l'eau. Les deux faisceaux sont ensuite ramenés par la lentille F sur la fente H de l'appareil.

Devant cette fente peuvent se déplacer deux prismes G en verre fumé absorbant, de petit angle, et dont les arêtes sont

opposés. Ces deux prismes sont solidaires et peuvent se déplacer latéralement par un pignon. Le faisceau lumineux traversant la cuve  $D$  tombe sur le prisme inférieur, et celui qui correspond à la cuve  $E$  traverse le prisme supérieur. L'effet de ces deux prismes est, non seulement d'absorber plus ou moins chacun des deux faisceaux suivant l'épaisseur qui se trouve devant la fente  $H$ , mais aussi de ramener au parallélisme les deux faisceaux.

Les rayons pénétrant dans le spectroscopie, qui est autocollimateur, rencontrent d'abord la lentille  $I$ , puis le prisme rectangle  $J$ , dont l'angle est de  $30^\circ$  et dont la grande face de l'angle droit est argentée; ce prisme fonctionne donc comme un prisme ordinaire de  $60^\circ$  au point de vue de la dispersion et les rayons y subissent deux réflexions.

Le spectre ainsi produit est amené devant l'oculaire  $L$  au moyen du petit prisme à réflexion totale  $K$ . Un volet  $M$  placé devant l'oculaire et muni d'une fente réglable permet de limiter dans le spectre la région à examiner.

Pour le repérage des longueurs d'onde, on fait tourner le prisme  $J$  au moyen d'un tambour  $N$  gradué. Le déplacement des prismes en verre  $G$  est repéré au moyen d'une graduation. Au zéro, l'épaisseur de verre traversée est la même pour les deux faisceaux.

Une mesure consiste à déplacer ces prismes de manière à obtenir l'égalité des brillances des images des deux parties de la fente  $M$  visibles dans l'oculaire, le réglage du tambour  $N$  permettant d'observer la radiation voulue.

Si un faisceau lumineux d'intensité  $I_0$  pénètre dans la cuve et traverse une épaisseur  $l$  de la solution à examiner, il émergera avec une intensité  $I_1$  telle que :

$$\frac{I_1}{I_0} = e^{-kl}$$

$k$  étant le pouvoir absorbant, ou coefficient d'absorption de la solution. Le faisceau traverse ensuite le prisme de verre noir sous une épaisseur  $x$ , et l'intensité émergente est alors, si  $a$  est le coefficient d'absorption du verre :

$$I = I_1 e^{-xa} = I_0 e^{-(kl+ax)} \quad (1)$$

Le deuxième faisceau n'est absorbé que par le second prisme en verre noir, d'épaisseur  $y$  au niveau de la fente  $H$ . Si l'équilibre photométrique est établi, il doit sortir de ce prisme avec une intensité égale à  $I$ . L'intensité initiale étant  $I_0$  comme dans le premier faisceau, on a :

$$I = I_0 e^{-ay} \quad (2)$$

Des relations (1) et (2) on tire :

$$kl + ax = ay$$

$$k = a \frac{y-x}{l}.$$

$k$ , coefficient d'absorption de la solution, est la valeur qu'on se propose de déterminer;  $(y-x)$  est proportionnel au déplacement  $d$  des prismes lu sur l'appareil, d'où, en définitive :

$$k = Md \quad \left( M = \frac{a}{l} \right).$$

L'appareil donne directement un nombre proportionnel au coefficient d'absorption de la solution pour une radiation sur laquelle porte les comparaisons.

Un étalonnage de l'appareil permet de connaître les longueurs d'onde qui correspondent à chacune des divisions du tambour. [Dans nos expériences toutes les comparaisons ont été faites pour une région spectrale de longueur d'onde moyenne de  $\lambda = 590 m\mu$  (Raie D du sodium)].

**2. — Préparation des solutions colloïdales** — Nous avons préparé les solutions colloïdales de gomme-gutte en versant goutte à goutte dans l'eau une solution alcoolique de cette substance de concentration appropriée. La solution colloïdale type généralement utilisée a été préparée en diluant dans l'eau  $40 \text{ cm}^3$  d'une solution alcoolique à 10, g. 89 par litre, de manière à obtenir un litre de suspension. Cette suspension contenait donc 0, g. 435 de gomme-gutte par litre.

L'opacité de la suspension dans une région déterminée du spectre ( $\lambda = 590 m\mu$ ) pour une concentration constante en gomme-gutte, va en croissant avec la grosseur moyenne des granules. Une simple mesure d'opacité renseigne donc sur cette

grosseur moyenne. Si on prépare la suspension à partir de solutions alcooliques de concentrations différentes, le volume utilisé de ces solutions correspondant toujours au même poids de gomme-gutte, on constate que l'opacité de la suspension obtenue croît avec la concentration de la solution alcoolique utilisée; on a ainsi un procédé très simple pour obtenir des solutions colloïdales de gomme-gutte ayant la même concentration globale, mais constituées par des granules dont les diamètres moyens peuvent différer d'une préparation à l'autre.

Cette grosseur moyenne des grains croît également pour les solutions préparées à partir d'une même solution alcoolique, si l'on ralentit le mélange de la solution alcoolique avec l'eau de manière à obtenir une formation plus lente des particules: Une suspension préparée en laissant diffuser lentement à la surface de l'eau d'une éprouvette 40 cm<sup>3</sup> de solution alcoolique à 10 gr. 89 par litre, avait un coefficient d'absorption égal à 4 fois celui de la suspension type préparée en diluant rapidement et par une agitation continue la solution alcoolique.

### III.

#### INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS PHYSIQUES SUR LA FLOCCULATION DES SOLUTIONS COLLOÏDALES DE GOMME-GUTTE.

1. — **Influence de la grosseur moyenne des grains.** — Nous avons étudié pour quelques électrolytes, comment varie la vitesse de floculation des solutions colloïdales ayant la même concentration en gomme-gutte, mais d'opacités différentes, c'est à dire constituées par des granules dont la grosseur moyenne variait d'une solution colloïdale à l'autre.

Pour  $So_4H_2$ ,  $Clk$ ,  $Cl_2Ba$ , la vitesse de floculation diminue quand la grosseur des grains augmente. Ce sont les suspensions dont les granules ont la plus faible grosseur moyenne qui flocculent le plus vite; le grossissement des granules augmente la stabilité de la suspension vis-à-vis de ces électrolytes.

Le même fait a été déjà signalé, dans la floculation des sols de sulfure d'arsenic et des suspensions de résine mastic (8) par M. M. Boutaric et Vuillaume qui ont attiré l'attention

sur les conséquences qu'on en peut tirer. On indique habituellement que le grossissement des granules diminue leur stabilité et les rapproche de la floculation. On voit que cet énoncé manque tout au moins de généralité, puisqu'il existe de nombreux cas où la stabilité d'une solution colloïdale vis-à-vis d'un électrolyte est d'autant plus grande que les granules du colloïde sont plus gros.

2. — **Influence de l'agitation.** — Une agitation continue après l'introduction de l'électrolyte dans la solution colloïdale augmente la vitesse de floculation: l'accroissement d'opacité en fonction du temps est plus rapide. C'est ce que montrent les résultats consignés dans le tableau suivant (tableau I) et les courbes de la figure (5) qui traduisent ces résultats:

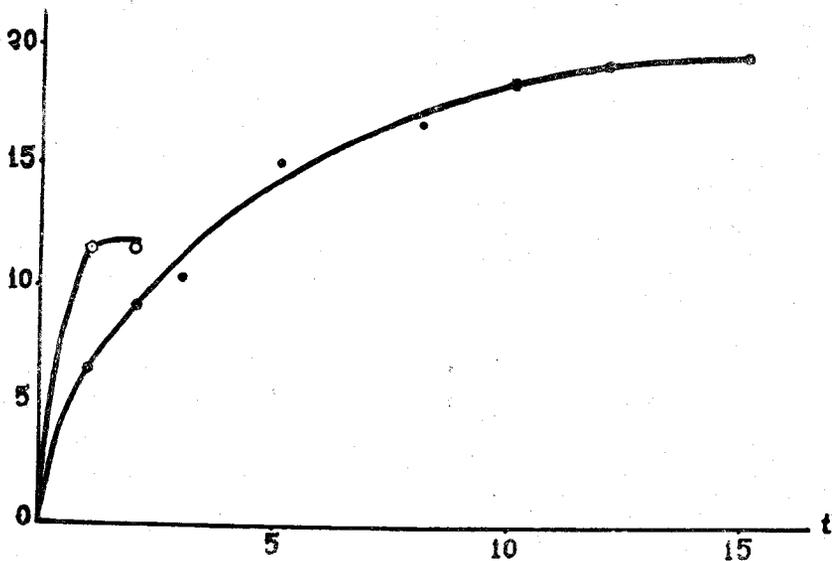


Fig. 5

$\alpha = k - k_0$  représente la variation du coefficient d'absorption au bout du temps  $t$ .

À 50 cm<sup>3</sup>. d'une solution colloïdale de gomme-gutte (à 0 gr. 435 par litre) on ajoutant 50 cm<sup>3</sup>. d'une solution contenant 27 cm<sup>3</sup>. SO<sub>4</sub>H<sub>2</sub> centinormale (N/100).

TABLEAU I

Temps <i>t</i>	$\alpha$	
	agité	non agité
1 min.	11,5	6,5
2 >	—	9
3 >		10,5
5 >		15
8 >		17
10 >		18,5
12 »		19,5
15 >		20

3. — **Influence des radiations lumineuses.** — Audubert (9) a signalé que pour un certain nombre de suspensions et notamment celles de gomme-gutte, les radiations rouges retardent la floculation, tandis que les radiations bleues l'accélèrent.

M. le Prof. Boutaric (10) n'a pas retrouvé ces résultats, en étudiant la floculation du sulfure d'arsenic et des suspensions de résine mastic pour lesquelles il n'a constaté aucune influence accélératrice ou retardatrice des diverses radiations.

Nous avons repris ces expériences suivant la technique indiquée, en mesurant les durées de floculation des solutions colloïdales de gomme-gutte sous l'influence de divers électrolytes, dans l'obscurité, en lumière rouge et en lumière bleue.

Le même mélange de solution colloïdale et de solution électrolytique était introduit dans trois cuves à faces parallèles de 1 cm d'épaisseur *A*, *B* et *C*. La cuve *A* était maintenue dans l'obscurité, sauf le temps très court des mesures au spectrophotomètre où elle subissait l'action du faisceau lumineux très peu intense qui pénètre dans l'appareil.

La cuve *B* était soumise à l'action de la lumière rouge fournie par une lampe demi-watt de 1000 bougies, traversant 1.) une cuve de 5 cm. d'épaisseur, pleine d'eau, destinée à arrêter les radiations infra-rouges; 2.) un verre rouge à l'oxyde de cuivre ne laissant passer que les radiations voisines de 600  $m \mu$ .

Enfin, la cuve *C* était soumise à l'action de la lumière émanée d'un arc électrique et traversant: 1) Une cuve de 2 cm. d'épaisseur renfermant une solution d'acétate de cuivre à 1 pour cent qui élimine les radiations infrarouges et une grande partie

des radiations visibles de grande longueur d'onde; 2) Une cuve de 1,5 cm. d'épaisseur contenant de la liqueur de Fehling et ne laissant passer que des radiations bleues de longueur d'onde voisine de 500  $m\mu$ .

Les cuves *B* et *C* étaient plongées dans une grande cuve d'eau à faces parallèles de manière que leur température se maintint sensiblement invariable. En fait, à la fin de chaque expérience, la température des suspensions enfermées dans les cuves *A*, *B* et *C* ont été trouvées extrêmement voisines.

A des intervalles de temps réguliers, et pendant des durées aussi courtes que possible, les cuves *B* et *C* étaient soustraites à l'action des radiations rouges ou bleues et étudiées au spectrophotomètre.

Ces expériences ont montré que les radiations rouges et les radiations violettes n'exercent aucune influence sensible sur la vitesse de la floculation. C'est ce que montrent, par exemple, les résultats suivants relatifs à la floculation par  $Cl_2Ba$  et  $So_4H_2$ :

a) A 50  $cm^3$  d'une solution colloïdale de gomme-gutte, on ajoutait 50  $cm^3$  d'une solution contenant 7  $cm^3$  de  $Cl_2Ba$  n/100.

TABLEAU II

<i>B</i>		<i>C</i>		<i>A</i>	
<i>t</i>	$\alpha$	<i>t</i>	$\alpha$	<i>t</i>	$\alpha$
5 min.	9	6 min.	9,3	7 min.	9,7
10 »	10,7	11 »	10,7	12 »	11,3
15 »	12	16 »	12	17 »	12
20 »	13,3	21 »	13,3	22 »	13,3

b) A 50  $cm^3$  d'une solution colloïdale de gomme-gutte, on ajoutait 50  $cm^3$  d'une solution renfermant 48  $cm^3$  de  $So_4H_2$  N/100.

<i>B</i>		<i>C</i>		<i>A</i>	
<i>t</i>	$\alpha$	<i>t</i>	$\alpha$	<i>t</i>	$\alpha$
5 min.	5,5	6 min.	6	7 min.	6,5
10 »	7	11 »	8	12 »	8
15 »	8,5	16 »	9	17 »	8,5
20 »	10	21 »	10	22 »	10

Cependant, M. M. Boutaric et Bouchard ont établi que la floculation des solutions colloïdales par les électrolytes est accélérée en présence d'une substance fluorescente (uranine, éosine, etc.) par une lumière intense ou par l'action des radiations ultra-violettes. Ils ont montré que cette photosensibilisation doit être rattachée à la fluorescence, qu'elle s'atténue ou qu'elle disparaît, lorsque, toutes autres choses restant les mêmes, cette fluorescence est atténuée ou supprimée par la présence d'un inhibiteur incolore antioxygène ou coloré (11).

Nous avons pu vérifier l'accélération qu'éprouve la floculation de solutions colloïdales de gomme-gutte en présence d'uranine et d'éosine sous l'influence de radiations ultraviolettes (lumière de Wood) par rapport au même échantillon maintenu à l'obscurité.

**4. Influence de la dilution de l'électrolyte.** — Pour un volume total déterminé contenant des masses déterminées de colloïde et d'électrolyte, la vitesse de floculation diminue à mesure que décroît la concentration sous laquelle l'électrolyte est introduit dans la solution colloïdale et atteint une limite pour une certaine dilution.

A 50 cm<sup>3</sup> de la solution colloïdale type, ajoutons un certain volume d'eau de manière à obtenir  $v$  cm<sup>3</sup> de solution. Dans ces  $v$  cm<sup>3</sup> versons  $(100-v)$  cm<sup>3</sup> d'une solution aqueuse contenant une quantité déterminée et invariable  $q$  d'un électrolyte. On obtient ainsi 100 cm<sup>3</sup> d'un mélange contenant une masse déterminée de colloïde et une masse également déterminée d'électrolyte, seules diffèrent les concentrations sous lesquelles l'électrolyte a été introduit. La vitesse de floculation varie avec le volume  $(100-v)$  de la solution d'électrolyte; elle diminue d'abord quand ce volume augmente et finit par atteindre une valeur limite à partir d'une certaine dilution de l'électrolyte. C'est ce que montre le tableau IV où l'on a indiqué les valeurs de la durée  $t$  de la floculation pour diverses valeurs du volume  $(100-v)$  de la solution électrolytique diluée.

TABLEAU IV

Floculation par  $SO_4H_2$  ( $q = 4 \text{ cm}^3$ , 9 de  $SO_4H_2 N 10$ )

$100 - v$	$t$
$4 \text{ cm}^3$ , 9	8 min
10 >	10 >
20 >	15 >
75 >	15 >

5. — **Influence de la quantité d'électrolyte à concentration constante.** — A  $50 \text{ cm}^3$  de solution colloïdale de gomme-gutte, ajoutons de l'eau jusqu'à ce que le volume soit  $v \text{ cm}^3$ . Dans ces  $v \text{ cm}^3$  versons  $(100 - v) \text{ cm}^3$  d'une solution électrolytique de concentration invariable. Nous obtenons ainsi  $100 \text{ cm}^3$  d'un mélange qui contient une quantité invariable de colloïde et des quantités d'électrolyte  $q$  proportionnelles à  $(100 - v)$ .

Dans tous les cas, la vitesse de floculation augmente avec la quantité d'électrolyte.

C'est ce que montrent le tableau V et les diverses courbes de la figure (6) relatives à la floculations par  $SO_4H_2$ . La flocu-

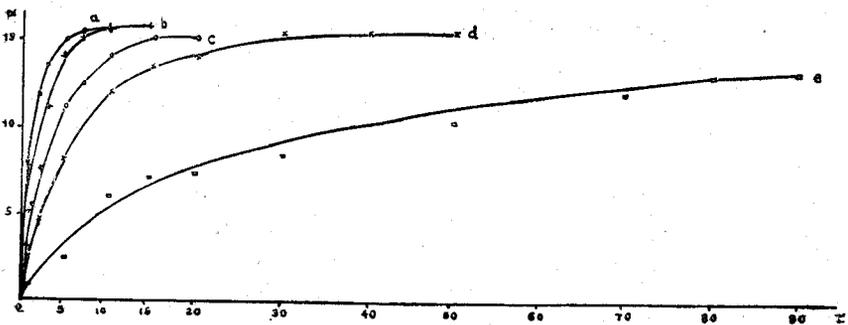


Fig. 6

lation a été obtenue successivement par  $22 \text{ cm}^3$  (courbe a),  $20 \text{ cm}^3$  (courbe b),  $18 \text{ cm}^3$  (courbe c),  $16 \text{ cm}^3$  (courbe d) et  $14 \text{ cm}^3$  (courbe e) de solution centinormale de  $SO_4H_2$ .

temps <i>t</i>	$\alpha$				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
1 min.	8	5	3	2,5	1
2 »	12	7,5	5,5	4,5	—
3 »	13,5	11	—	—	—
5 »	15	14	11	8	2,5
7 »	15,5	15	12,5	—	—
10 »	15,5	15,5	14	12	6
15 »		15,5	15	13,5	7
20 »			15	14	7,5
30 »				15,5	8,5
40 »				15,5	—
50 »					10,5
70 »					12
80 »					13
90 »					13

6. — **Influence de la concentration de la solution colloïdale.** — A 50 cm<sup>3</sup> d'une solution colloïdale de gomme-gutte de concentration variable, ajoutons 50 cm<sup>3</sup> d'une solution d'un électrolyte donné de concentration déterminée.

Pour quelques uns des électrolytes étudiés ( $SO_4H_2$ ,  $ClK$ ,  $Cl_2Ba$ ) la vitesse de floculation augmente avec la concentration de la suspension.

Pour  $Cl_3Al$ , au contraire, la vitesse de floculation diminue quand la concentration de la suspension augmente.

(Manuscrit reçu le 16 mars 1948)

**Bibliographie**

1. — Hardy, Zeit. Phys. Chem., **33**, p. 385, 1900.
  2. — H. Schulze, Journ. Prakt. Chem. (2) **25**, P. 431, 1882; p. 320, 1885, et plus tard:  
Linder et Picton, Journ. Chem. Soc., **67**, P. 62, 1895.
  3. — A. Boutaric et M. Vuillaume, C.R.t. **172**, p. 1293, 1921; t. **173**, p. 229, 1921.  
A. Boutaric, Bull. Acad. Roy. Belg. Séance du 8 novembre 1924, P. 560.
  4. — A. Boutaric et C. Saraç, Revue de la Fac. Sc. İstanbul, Nouv. Série t. IV, fasc. 1/2, p. 12. Oct. 1938 - Nov. 1939.
  5. — A. Boutaric et Bernard, Ann. Guébbard-Séverine, 14. année 1938 (Neuchâtel).
  6. — A. Boutaric, Journ. Chim. phys. t. **23**, No: 10, p. 851, 1926.
  7. — A. Boutaric, Les Colloïdes et l'état colloïdal, p. 108-109, 1931.
  8. — A. Boutaric et M. Vuillaume, Loc. cit.
  9. — Audubert, Thèse, Serie A 908, No. 1726, Paris 1922. «Action de la lumière sur les suspensions».
  10. — A. Boutaric et Y. Manière, Bul. Acad. Roy. Belg. (5. Série) **10**, 1924.
  11. — A. Boutaric et J. Bouchard, C. R. t. **192**, P. 95 et 357, 1931.
-