

90-91.  
H. F. n. 167.  
(t. II, 23 et 24.)

# MÉMOIRE

SUR LES

## ÉQUIVALENTS CHIMIQUES

DU CHLORE, DE L'ARGENT ET DU POTASSIUM.

THÈSE DE CHIMIE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

LE 17 AOUT 1846;

PAR M. E. MAUMENÉ.

PARIS,

IMPRIMERIE ET LIBRAIRIE DE BACHELIER,

RUE DU JARDINET, 12.

1846



# ACADÉMIE DE PARIS.

## FACULTÉ DES SCIENCES.

MM. DUMAS, doyen,  
BIOT,  
FRANCOEUR,  
DE MIRBEL,  
PONCELET,  
POUILLET,  
LIBRI,  
STURM,  
DELAFOSSÉ,  
LEFÉBURE DE FOURCY,  
DE BLAINVILLE,  
CONSTANT PREVOST,  
AUGUSTE SAINT-HILAIRE,  
DESPRETZ,  
BALARD,  
MILNE EDWARDS.

Professeurs.

DUHAMEL,  
VIEILLE,  
MASSON,  
PELIGOT,  
DE JUSSIEU,

agregés.

**A M. J.-B. DUMAS,**

Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris, etc.

*Témoignage de respect et de reconnaissance.*

E. MAUMENÉ.

# THÈSE DE CHIMIE.

---

## MÉMOIRE

SUR LES

## ÉQUIVALENTS CHIMIQUES

DU CHLORE, DE L'ARGENT ET DU POTASSIUM.

---

1. Depuis l'époque où M. Dumas fit connaître ses belles expériences sur la composition de l'eau et de l'acide carbonique, les chimistes, répondant à l'appel de ce savant illustre, ont entrepris de nombreux travaux pour vérifier l'hypothèse du docteur Prout, à laquelle un appui si considérable venait d'être acquis, et dont les conséquences pratiques ou philosophiques auraient une si grande importance.

La plupart des résultats obtenus dans cette voie difficile ont montré que les équivalents chimiques admis généralement devaient subir une modification plus ou moins forte, et qu'ils se rapprochent sensiblement des nombres prévus par la théorie. Je les rappelle en quelques mots.

Dans son Mémoire sur la synthèse de l'eau, M. Dumas annonçait, en même temps, que la décomposition du spath calcaire le plus pur donne, pour l'équivalent du calcium, un nombre sensiblement égal à vingt fois celui de l'hydro-

gène. MM. Erdmann et Marchand obtinrent, de leur côté, les mêmes chiffres (1).

Un peu plus tard, M. Marignac obtint, par l'analyse de l'azotate d'argent, le nombre 175,25 pour l'équivalent de l'azote, et ce nombre est assez rapproché du multiple 175, pour qu'on puisse admettre ce dernier (2). M. Anderson fut conduit à peu près au même résultat, par l'analyse de l'azotate de plomb (3).

Au mois de février 1844, M. Favre montra que l'équivalent du zinc, 403,23, modifié par M. Jacquelin, qui le portait à 414 (4), se trouve, en réalité, seulement égal à 412,5, ou 33 fois le poids de l'hydrogène (5).

Enfin, pour ne plus citer qu'un seul fait, M. Berzelius ayant engagé MM. Svanberg et Norlin à reviser le poids équivalent du fer, déclaré inexact par M. Wackenroder, ces messieurs reconnurent que l'équivalent 33g devait être élevé à 350, résultat qui fut confirmé par M. Berzelius lui-même (6). Le nombre 350 est encore un multiple de 12,5.

Des analyses plus récentes ont conduit à un résultat analogue pour d'autres corps, et il semble, en général, que plus les méthodes employées sont susceptibles d'exactitude, mieux elles prouvent que la théorie des multiples est une loi naturelle (7).

Cependant l'hypothèse d'un rapport simple entre les équivalents chimiques ne peut être admise, jusqu'à présent, pour trois d'entre eux : ce sont les équivalents du chlore, de l'argent et du potassium. Les nombres obtenus d'abord

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, tome VIII, page 189.

(2) *Rapport de M. Berzelius*, 5<sup>e</sup> année, page 24.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, tome IX, page 254.

(4) *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, tome VII, page 189.

(5) *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, tome X, page 163.

(6) *Rapport de M. Berzelius*, 6<sup>e</sup> année, page 26.

(7) MM. Erdmann et Marchand ont trouvé 200 pour l'équivalent du soufre, 1250 pour celui du mercure (*Rapport de M. Berzelius*, 6<sup>e</sup> année, p. 22); M. Peligot, 750 pour l'uranium (*Comptes rendus*, t. XXII, p. 487).

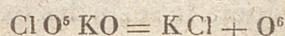
par M. Berzelius ont été légèrement modifiés depuis par M. Pelouze, et, plus récemment, par M. Marignac, sans que les déterminations nouvelles aient permis de ranger ces trois corps au nombre des multiples de l'hydrogène.

Il m'a paru que les déductions présentées par ces chimistes célèbres ne reposaient pas sur des bases absolument incontestables, et j'ai entrepris sur ce sujet de nouvelles expériences, dans l'espoir d'éclairer la question. Le Mémoire que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de la Faculté contient le détail de ces expériences et des considérations sur lesquelles j'ai cru pouvoir m'appuyer.

2. La méthode adoptée par l'illustre chimiste suédois fait entièrement dépendre les trois équivalents dont il s'agit, de la décomposition d'un sel bien connu : le chlorate de potasse.

Voici, en effet, la marche suivie par M. Berzelius :

I. Le sel, introduit dans une cornue dont on connaît le poids, est soumis avec précaution à l'action du feu; il se transforme en chlorure de potassium, qui reste, et se trouve évalué par une seconde pesée. L'oxygène se dégage, et son poids s'obtient par différence. L'équation



exprime le résultat final de l'expérience, qui fournit seulement le rapport de l'équivalent du chlorure avec six fois l'équivalent de l'oxygène.

II. Pour en déduire les équivalents du chlore et du potassium, il faut connaître la composition du chlorure de potassium; M. Berzelius la détermine par la transformation de ce chlorure en chlorure d'argent.

III. Ce dernier doit être lui-même soumis à l'analyse, et M. Berzelius opère en dissolvant un poids connu d'argent dans l'acide nitrique, auquel on ajoute ensuite du chlorhydrate d'ammoniaque ou de l'acide chlorhydrique pur (1).

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>e</sup> série, tome XI, page 60.

D'après ces expériences,

- I. 100 de chlorate de potasse ont donné  $\left\{ \begin{array}{l} 60,851 \text{ de chlorure de potass. ;} \\ 39,149 \text{ d'oxygène.} \end{array} \right.$   
 II. 100 de chlorure de potassium ont donné 192,4 de chlorure d'argent.  
 III. 100 d'argent ont donné 132,75 de chlorure d'argent.

On en déduit les équivalents :

Chlore.....	442,65
Argent.....	1351,60
Potassium.....	489,90

3. M. Pelouze a fait aussi l'analyse du chlorate de potasse, et il a trouvé :

- I. 100 de chlorate =  $\left\{ \begin{array}{l} 60,846 \text{ de chlorure de potassium ;} \\ 39,154 \text{ d'oxygène.} \end{array} \right.$

Cet habile chimiste s'est contenté de faire observer que l'équivalent du chlorure est, d'après ses résultats, égal à 932,295, et que ce nombre n'étant pas un multiple de 12,5, même en admettant pour le chlore un équivalent multiple de l'hydrogène, il faut que celui du potassium ne le soit pas, ou réciproquement.

L'heptachlorate de potasse conduisait au même résultat.

4. M. Marignac répéta la série des expériences de M. Berzelius (1), et il obtint les nombres :

Chlore.....	443,20
Argent.....	1349,01
Potassium.....	488,94

5. A ces travaux, qui s'accordent presque complètement, il faut encore joindre celui de M. Laurent (2). L'analyse de la combinaison  $C^{20}H^7Cl^5$  fournit, en moyenne :

Carbone.....	39,42
Hydrogène.....	2,31
Chlore.....	58,27
	<hr/>
	100,00

(1) *Rapport* de M. Berzelius, 4<sup>e</sup> année, page 7.

(2) *Rapport* de M. Berzelius, 5<sup>e</sup> année, page 33.

Si l'on calcule à priori ces résultats de trois manières, en prenant :

1°. Cl = 437,5 (12,5 × 35); 2°. Cl = 442,65; 3°. Cl = 450 (12,5 × 36),

on trouve :

	Cl = 437,5	Cl = 442,65	Cl = 450.
Carbone .....	39,73	39,468	39,088
Hydrogène. ....	2,32	2,302	2,280
Chlore.....	57,95	58,230	58,632
	<u>100,00</u>	<u>100,000</u>	<u>100,000</u>

et l'on voit que l'analyse ne s'accorde ni avec l'un ni avec l'autre des deux multiples, entre lesquels se trouve compris le nombre 442,65.

6. On ne peut nier que les résultats qui précèdent prouvent, avec un grand accord, que les trois équivalents dont il s'agit n'ont aucun rapport numérique simple; mais, dans un sujet si difficile, doit-on considérer la vérité comme démontrée tant qu'il peut s'élever quelques doutes, et les considérations qui suivent ne permettent-elles pas un doute légitime?

D'abord, une analyse organique peut-elle suffire à une détermination si importante? Une impureté, même légère, a tant d'influence sur les résultats! Il faut tant de précautions pour éviter la présence de l'eau, et les erreurs des pesées peuvent devenir si sensibles quand on opère sur de petites quantités de matière! Enfin et surtout, la présence des corps isomères ou isomorphes peut-elle être évitée avec certitude, dans le cas même où s'est placé M. Laurent (1)? Certes, les analyses de ce savant présentent toutes les garanties d'exactitude; mais il me semble qu'elles ne peuvent servir à décider la question.

---

(1) Cette prévision s'est réalisée. M. Laurent a reconnu lui-même que le chlorure de chlonaphtase  $C^{20}H^7Cl^5$  peut cristalliser en toutes proportions avec le chlorure de naphthaline  $C^{20}H^8Cl^4$ , et que les conclusions tirées de son analyse pour le poids atomique du chlore pèchent par la base. (GERHARDT, *Comptes rendus*, 1845; page 108.)

7. D'un autre côté, l'expérience du chlorate de potasse paraît bien convenable pour atteindre un résultat positif; ce sel cristallise avec une grande netteté dans une liqueur où l'on n'admet avec lui que du chlorure de potassium, beaucoup plus soluble et facile à séparer : sa décomposition peut être effectuée dans le verre, ce qui écarte toute apparence de difficulté. Cependant il faut de grandes précautions pour obtenir des résultats concordants.

Dans ses premières expériences (1), M. Berzelius avait obtenu 38,845 pour la perte d'oxygène faite par 100 parties de chlorate. En revenant sur ce sujet, il reconnut que le gaz entraîne mécaniquement une quantité notable de sel en partie non décomposée, et, en prenant les précautions nécessaires pour arrêter toute matière saline, il obtint néanmoins une perte plus forte. Cette remarque prouve que l'expérience est vraiment plus difficile à exécuter, qu'il semblerait au premier coup d'œil.

En outre, l'analyse ne donne des résultats exacts qu'en admettant la parfaite neutralité du chlorure de potassium restant. Or on peut se demander si l'oxygène naissant ne chasse pas une quantité plus ou moins grande de chlore, et si le résidu n'est pas alcalin. M. Berzelius admet qu'il est exactement neutre; mais M. Marignac a constaté qu'il se dégage des traces de chlore, et, d'un autre côté, M. Wächter, dans un beau travail sur les chlorates, annonce que les chlorures fournis par la décomposition de ces sels présentent tous une réaction alcaline. Il est facile de s'assurer que le chlorate de potasse ne fait pas exception. Après avoir fait cristalliser ce sel d'abord dans de l'eau légèrement acidulée, puis un grand nombre de fois dans l'eau pure, j'ai toujours obtenu, par une calcination ménagée ou brusque, un résidu capable de bleuir le papier rouge de tournesol.

Si je ne me trompe, ces faits ne permettent pas de re-

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>e</sup> série, tome XI, page 60.

garder l'expérience du chlorate de potasse comme absolument décisive; et, puisque les équivalents du chlore, du potassium et de l'argent reposent sur cette analyse, il n'est pas complètement démontré que l'hypothèse de multiplicité ne s'étend point à ces trois corps.

8. Voici un fait qui ne peut manquer de fixer l'attention : en admettant l'entière exactitude de l'analyse du chlorure d'argent, qui présente bien peu de chances d'erreur, on sait que, d'après M. Berzelius,

100 d'argent ont donné 32,75 de chlorure d'argent.

Supposons, avec le docteur Prout, que le chlore ait un équivalent égal à 450, nous aurons

$$\begin{array}{ccccccc} 32,75 & : & 100 & :: & 450 & : & x, \\ \text{Chlore.} & & \text{Argent.} & & & & \end{array}$$

et la valeur  $x = 1374,2$  conduira, pour l'argent, à un nombre très-voisin du multiple 1375.

Si, de plus, nous considérons comme sensiblement vraie l'analyse du chlorure de potassium, nous trouverons, en introduisant dans le calcul les nombres qui précèdent,

$$\begin{array}{ccccccc} 47,47 & : & 52,53 & :: & 450 & : & x, \\ \text{Chlore.} & & \text{Potassium.} & & & & \end{array}$$

et la valeur de  $x = 498,2$  rapproche aussi l'équivalent du potassium du nombre 500, multiple de l'hydrogène.

Cette coïncidence frappante avait été déjà reconnue par M. Marignac, dans un travail présenté à l'Académie (*Comptes rendus*, tome XIV, page 570); je n'ai eu connaissance de ce fait que fort tard, et quand la première partie de ce Mémoire était déjà terminée. M. Dumas, à qui j'eus l'honneur de communiquer mes expériences, voulut bien me donner ce renseignement.

9. Je me suis laissé séduire par l'espoir de démontrer, en suivant une nouvelle marche expérimentale, que les trois équivalents dont il s'agit peuvent se réunir à ceux que les déterminations les plus récentes classent au nombre des

multiples de l'hydrogène. Je n'aurais pas osé, je l'avoue, reprendre des expériences faites par d'aussi habiles chimistes, et dont l'accord était si grand; mais il y a tant d'importance à bien connaître les équivalents véritables, qu'on ne peut vraiment trop accumuler de preuves, et qu'il ne faut pas regarder comme concluantes les déductions d'une même série d'analyses, même quand plusieurs personnes en ont obtenu des résultats identiques.

10. J'ai d'abord entrepris de déterminer la composition du chlorure d'argent en le réduisant par l'hydrogène.

Cette expérience peut se faire avec une très-grande exactitude en prenant des précautions fort simples. Dans un ballon bien propre on verse une dissolution d'azotate d'argent pur, on ajoute un excès d'acide chlorhydrique, et on lave le précipité à grande eau dans le ballon lui-même. On porte l'eau chaque fois à l'ébullition, et, en ayant soin de n'opérer que le soir, à la lumière d'une lampe, le chlorure reste, comme on sait, parfaitement blanc. Versé dans un creuset de porcelaine, on peut ensuite le sécher et le fondre sans la plus légère altération. Ainsi préparé, le chlorure est absolument incolore et transparent, comme le montrent les échantillons que j'ai l'honneur de présenter.

La réduction par l'hydrogène offre quelques difficultés que je suis parvenu à éviter. Le gaz, préparé au moyen du zinc, de l'eau et de l'acide sulfurique, traversait un flacon d'eau, un de potasse très-concentrée, deux tubes de Liebig à chlorure d'or, et deux grands tubes de ponce sulfurique. Dans mes premiers essais, le chlorure d'argent fut simplement renfermé dans un tube de verre vert recourbé, puis dans un tube de verre dur, pareil à celui dont M. Dumas faisait usage pour contenir l'oxyde de cuivre dans ses analyses de l'eau; mais ce dernier lui-même est sensiblement attaqué, et se colore fortement. J'ai dû placer le chlorure dans une nacelle de platine au milieu d'un tube de verre dur, et l'expérience est ainsi devenue tout à fait exacte. Pour un

poids égal à 6 ou 8 grammes, le feu doit être soutenu pendant douze, quatorze ou même dix-huit heures, et le verre supporte cette température sans paraître le moins du monde altéré.

J'ai fait d'abord deux réductions isolées, et j'ai cru ensuite pouvoir placer trois tubes au bout l'un de l'autre dans le même courant. Les expériences présentent une extrême concordance.

<i>Première expérience.</i>	I.	4,355 <sup>gr</sup>	de chlorure ont laissé	3,281 <sup>gr</sup>	d'argent.
			Perte . . . . .	1,074	
<i>Deuxième expérience.</i>	II.	9,695	de chlorure ont laissé	7,303	d'argent.
			Perte . . . . .	2,392	
<i>Troisième expérience.</i>	III.	8,0305	de chlorure ont laissé	6,0505	d'argent.
			Perte . . . . .	1,980	
	IV.	4,903	de chlorure ont laissé	3,694	d'argent.
			Perte . . . . .	1,209	
	V.	6,205	de chlorure ont laissé	4,6745	d'argent.
		Perte . . . . .	1,5305		

D'après ces expériences,

I.	100 d'argent s'unissent à . . . . .	32,734 de chlore.
II.	100 d'argent s'unissent à . . . . .	32,754
III.	100 d'argent s'unissent à . . . . .	32,724
IV.	100 d'argent s'unissent à . . . . .	32,729
V.	100 d'argent s'unissent à . . . . .	32,741
	Moyenne . . . . .	32,736

Ce résultat est presque identique avec celui de M. Berzelius, 32,75 (1).

La proportion  $32,736 : 100 :: 450 : x$  donne 1374,6 pour l'équivalent de l'argent.

11. Si donc on parvenait à démontrer que l'équivalent du chlore est 450, on voit que l'argent devrait être considéré comme égal à 1375, ou réciproquement.

Or on peut rattacher l'équivalent de l'argent à celui du carbone, qui a été si parfaitement établi par M. Dumas.

(1) On verra plus loin que, malgré leur concordance, ces nombres ne représentent pas le véritable chiffre de la composition du chlorure d'argent.

La plupart des sels organiques à base d'argent s'obtiennent généralement dans un grand état de pureté; leur analyse peut fournir le métal pur et le carbone à l'état d'acide carbonique; de sorte qu'il suffit de comparer les poids de ces corps pour en déduire l'équivalent cherché.

Ce principe a déjà servi de base aux déterminations des équivalents du carbone par MM. Liebig et Redtenbacher (1), du zinc par M. Favre, et de l'uranium par M. Peligot.

12. Je me suis décidé à analyser l'oxalate d'argent. On sait qu'il se décompose avec une grande facilité; une chaleur très-douce le détruit, et occasionne une vive explosion: mais si l'on mélange intimement ce sel avec à peu près cinq ou six fois son poids de sable ou d'une autre matière inerte, la décomposition se produit encore à une basse température, sans secousse et avec la plus parfaite tranquillité.

Dans un petit matras B (*voyez la fig. 1*), j'introduis 100 ou 150 grammes de sable pur et très-blanc. La tare exacte de l'appareil étant déterminée avec le plus grand soin, je mêle peu à peu le sable, dans un mortier d'agate, avec un poids de sel évalué d'une manière approximative. En opérant avec précaution, jamais il ne se produit une perte sensible. Il suffit de placer le mortier sur une feuille de papier bien lisse pour s'assurer que pas un grain de sable ne s'échappe quand on fait le mélange avec lenteur. Une fois le sable et l'oxalate mêlés, je les verse dans le ballon, qui renferme ainsi un poids de sable bien connu, et une quantité d'oxalate qui doit être considérée comme indéterminée.

Le ballon en verre ordinaire peut contenir environ 150 grammes d'eau; son col est long de 15 ou 16 centimètres et large de 15 millimètres. On y adapte un bouchon percé de deux trous: le premier reçoit un tube *t* qui amène à volonté un courant d'air bien dépouillé d'acide carbonique par

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, tome IV, page 87.

les appareils R, P, P', P'', dont on conçoit facilement l'usage à la simple inspection de la figure; le second tube *t'* sert à conduire les gaz au travers de l'oxyde de cuivre contenu dans le tube C. Cette précaution m'a été commandée par la remarque suivante : au lieu de sable j'avais d'abord employé du sulfate de potasse pur et fondu, et il est arrivé, dans plusieurs essais, que le sulfate prit une teinte jaune et fournit une dissolution qui noircissait l'argent ou un fil de cuivre décapé. La production de sulfure ne peut s'expliquer sans admettre qu'il se forme, dans cette circonstance, une petite quantité d'oxyde de carbone pendant la décomposition de l'oxalate d'argent. Toutefois, en substituant le sable au sulfate, j'ai fait une expérience directe pour constater cette formation d'oxyde de carbone, mais je n'en ai pu obtenir aucune trace : 129 centimètres cubes du gaz obtenu se sont entièrement dissous dans la potasse.

L'acide carbonique, en sortant du tube C, traverse deux grands tubes de ponce sulfurique (1); il arrive ainsi parfaitement desséché dans les tubes T, T', T'', destinés à l'absorber.

La décomposition de l'oxalate peut être conduite avec facilité : comme tous les sels du même acide, il noircit d'abord par l'action de la chaleur, et, à mesure que la température s'élève, cette couleur noire disparaît et fait place à un blanc légèrement grisâtre, ce qui permet de suivre aisément la marche de l'opération.

Quand le courant d'acide carbonique s'arrête malgré l'élévation de la température, on ouvre les robinets R et R' : le balayage des gaz contenus dans le ballon commence aussitôt, et l'acide carbonique ne tarde pas à venir tout entier dans le tube T.

Il ne faut plus alors que procéder aux pesées dont le nombre se réduit à deux.

---

(1) J'ai imaginé la disposition représentée sur la *fig. 4*. On peut avec des tubes ainsi construits réunir une longueur de 8 ou 10 mètres de ponce dans un petit espace, et sans avoir autant à craindre les ruptures.

L'acide carbonique s'obtient en pesant les trois tubes T, T', T''; et, pour diminuer autant que possible les chances d'erreur, j'ai toujours pris le poids des trois tubes ensemble, en leur faisant équilibre par un système de tubes exactement semblables (1). MM. Lecomte et Bianchi m'ont construit une excellente balance, sensible au milligramme, avec un kilogramme sur chaque plateau, ce qui m'a permis d'opérer sans difficultés et avec une grande précision.

Pour déterminer l'argent, il suffit de peser le ballon refroidi : l'augmentation de poids représente évidemment le métal. Je me suis assuré dans chaque analyse que le ballon lui-même n'éprouve à cet égard aucun changement.

Jusqu'ici l'expérience ne présente pas, comme on voit, d'autre embarras sérieux que le mélange du sel et du sable; il faut l'exécuter avec de grandes précautions. Je ferai toutefois observer qu'une perte légère, 2 ou 3 milligrammes par exemple, ne pouvait m'empêcher de reconnaître la différence supposée entre l'équivalent de M. Berzelius et celui que j'espérais obtenir; mais j'ai rencontré des obstacles inattendus dans la préparation même de l'oxalate d'argent.

13. J'ai d'abord employé l'oxalate d'argent neutre et l'acide oxalique pur : on peut obtenir ces deux matières dans un état de pureté vraiment complet, et si l'on verse une dissolution étendue, bouillante, d'azotate dans une solution pareillement étendue et bouillante d'acide oxalique, on obtient un précipité blanc éblouissant, qui ne subit aucune altération à l'abri de la lumière du jour. Il semble qu'après une trentaine de lavages par décantation à l'eau distillée bouillante, ce sel devrait être pur; mais j'ai reconnu qu'il n'en est point ainsi.

En effet, dans toutes les opérations que j'ai exécutées avec l'oxalate obtenu de cette manière, il s'est toujours produit, vers la fin de l'expérience, *une quantité plus ou moins con-*

---

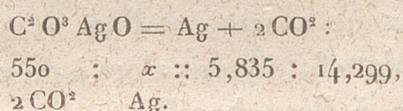
(1) On sait que MM. Regnault, Dumas et Boussingault se servent de cet ingénieux procédé pour éviter des corrections toujours imparfaites.

*sidérable de vapeurs rouges.* Je donnerai les nombres obtenus dans deux opérations, sans les regarder, bien entendu, comme des déterminations exactes.

*Première expérience.*

Ballon et sable (tare).....	95,582 <sup>gr</sup>
Ballon, sable et argent.....	81,283
Argent.....	14,299
Les trois tubes avant l'expérience...	7,632
Les trois tubes après l'expérience...	1,797
Acide carbonique.....	5,835

On aurait, d'après cette expérience et d'après la formule



et l'on trouve

$$x = 1347,8.$$

Les vapeurs rouges proviennent sans doute d'une petite quantité d'azotate d'argent retenu par le sel. En admettant que l'oxygène les ait suivies jusque dans la potasse, elles y ont reproduit de l'acide azotique, et le résultat précédent serait un minimum. En effet, dans l'oxalate, un équivalent d'argent correspond à une perte de 550, et dans l'azotate, à une perte de 675 (1).

Une autre portion du même oxalate fut ensuite soumise à l'analyse, en plaçant derrière l'oxyde de cuivre, dans le tube C, une colonne de cuivre métallique. Les vapeurs rouges se sont encore montrées ; mais le cuivre les a détruites, et j'ai obtenu les nombres suivants :

*Deuxième expérience.*

Ballon et sable (tare).....	114,539 <sup>gr</sup>
Ballon, sable et argent.....	96,785
Argent.....	17,754

(1) L'azotate se sépare en argent Ag, en vapeurs rouges AzO<sup>4</sup> et oxygène O<sup>2</sup>. AzO<sup>4</sup> + O = 675 sont seuls retenus par la potasse, l'autre équivalent d'oxygène s'échappe.

Les trois tubes avant l'expérience...	18,937
Les trois tubes après l'expérience...	<u>11,720</u>
Acide carbonique.....	7,217

Le calcul conduit pour cette expérience à

$$\text{Ag} = 1353,0.$$

En supposant, comme tout à l'heure, que les vapeurs rouges proviennent d'une certaine quantité d'azotate d'argent, on devrait prendre ce résultat pour un maximum, puisque les vapeurs qui correspondent à un résidu d'argent n'ont rien dû, cette fois, ajouter à l'acide carbonique; mais cette supposition ne permet pas de déduire une valeur entièrement exacte, et l'on ne peut s'y arrêter.

Le même oxalate fut soumis alors à de nombreux lavages par décantation à l'eau bouillante : après cinquante ou soixante de ces lavages, les liqueurs filtrées précipitaient encore légèrement par l'acide chlorhydrique, et il me sembla peu utile de prolonger une purification aussi difficile. Une certaine quantité du sel donna, par sa décomposition, les nombres qui suivent :

*Troisième expérience.*

Ballon et sable (tare).....	<sup>gr</sup> 108,199
Ballon, sable et argent.....	<u>96,649</u>
Argent.....	11,550
Les trois tubes avant l'expérience...	19,268
Les trois tubes après l'expérience...	<u>14,565</u>
Acide carbonique.....	4,703

Ce qui conduit à l'équivalent

$$\text{Ag} = 1350,73.$$

Dans cette expérience, il se produit encore des vapeurs rouges sensibles.

Une nouvelle quantité d'oxalate d'argent fut préparée au moyen de l'azotate d'argent et de l'oxalate d'ammoniaque rendu très-légèrement acide par un petit excès d'acide oxalique. Le précipité qu'on obtient de cette manière n'est ja-

mais aussi cristallin que celui qui se forme avec l'acide oxalique seul. On obtient souvent par ce dernier procédé, dans des liqueurs très-acides, un oxalate cristallisé en aiguilles de 2 ou 3 millimètres de longueur, et ces aiguilles, qui se décomposent sans changer de forme, laissent un résidu d'argent flexible doué d'un grand éclat métallique. Toutefois la décomposition s'opère pour les deux sels avec la même netteté.

Voici les résultats fournis par le nouvel oxalate :

*Quatrième expérience.*

Ballon et sable (tare).....	127,090
Ballon, sable et argent.....	116,299
Argent.....	10,771
Les trois tubes avant l'expérience..	21,790
Les trois tubes après l'expérience..	17,403
Acide carbonique.....	4,387

d'où

$$\text{Ag} = 1350,35.$$

Un deuxième sel, obtenu dans une autre préparation et par le même procédé, m'a fourni :

*Cinquième expérience.*

Ballon et sable (tare).....	126,546
Ballon, sable et argent.....	117,872
Argent.....	8,674
Les trois tubes avant l'expérience.	17,357
Les trois tubes après l'expérience.	13,824
Acide carbonique.....	3,533

et le calcul donne

$$\text{Ag} = 1350,32.$$

Il est inutile de dire que les sels employés dans les trois dernières expériences ont été préparés avec les soins les plus minutieux. Les lavages ont toujours été faits par décantation à l'eau bouillante, et pour chaque échantillon leur nombre a été porté au moins jusqu'à cent. Ces efforts n'ont pas suffi pour débarrasser l'oxalate des traces d'azotate que les ana-

lyses y ont toujours révélées : dans les dernières expériences comme dans les premières, il y a toujours eu des vapeurs rouges manifestes (1).

Le seul moyen de vérifier les trois derniers résultats et de lever les doutes qu'on pourrait conserver malgré leur grande concordance, c'était évidemment d'écarter l'acide azotique en faisant usage d'un autre sel que l'azotate d'argent pour préparer l'oxalate de ce métal. J'ai eu recours à l'acétate, qui peut s'obtenir aisément dans un état de pureté parfaite, et qui présente une solubilité suffisante. Quelques détails sur les précautions que j'ai prises pour obtenir un oxalate pur au moyen de ce sel prouveront, je l'espère, que rien n'a été négligé de ce qui devait conduire à des résultats exacts dans une étude dont les difficultés sont si grandes.

L'argent obtenu par la décomposition de son azotate dans une capsule de porcelaine (2), et fondu dans un creuset de même substance, fut converti en azotate et rendu bien neutre par la fusion. Le sel dissous dans l'eau, puis décomposé par la potasse pure, fournit de l'oxyde d'argent qui fut lavé par décantation à l'eau très-chaude, longtemps après que 50 grammes d'eau de lavage évaporés ne donnaient plus le caractère de l'acide azotique avec l'acide sulfurique et le sulfate de fer de M. Desbassyns de Richemont. L'oxyde lui-même fut essayé par ce procédé si délicat, et en opérant sur environ 3 grammes je n'ai pas trouvé trace d'acide azotique.

---

(1) La persistance des sels insolubles d'argent à retenir ainsi des traces d'azotate est presque générale ; mais la quantité du sel retenu, dans le cas de l'oxalate, serait certainement trop faible pour qu'on reconnût sa présence par toute autre méthode analytique. 10 grammes d'oxalate essayés par l'acide sulfurique et le sulfate de fer n'ont pas donné de coloration certaine.

(2) L'argent présente alors à un haut degré la faculté connue d'absorber l'oxygène ; au moment où il se fige, un dégagement considérable a lieu par plusieurs ouvertures, et lance des gouttelettes de métal dans toutes les directions.

Il fut alors versé dans de l'acide acétique bien exempt d'acide chlorhydrique ou sulfurique : la liqueur filtrée produisit une belle cristallisation d'acétate qu'on sépara des eaux mères, et qui servit à obtenir l'oxalate d'argent. Par le mélange d'une dissolution étendue d'acétate avec une dissolution d'acide oxalique bien pur, on reproduit un sel parfaitement blanc qui sèche promptement dans le vide au-dessus de l'acide sulfurique, et se trouve propre à l'analyse.

Voici les nombres fournis par ce nouveau sel :

*Sixième expérience.*

Ballon et sable (tare).....	gr 12,6960
Ballon, sable et argent.....	1,2605
Argent.....	11,4355
Les trois tubes avant l'expérience...	14,969
Les trois tubes après l'expérience...	10,311
Acide carbonique.....	4,658

Ces nombres conduisent à

$$\text{Ag} = 1350,26.$$

Ce résultat s'accorde si bien avec les précédents, que je n'ai pas cru devoir faire une seconde expérience avec le même oxalate; il suffit, je pense, pour prouver que les vapeurs rouges n'ont pas eu d'influence sensible dans l'analyse des trois sels obtenus avec l'azotate d'argent : ces vapeurs ne se sont montrées que pendant un instant très-court, au moment où la décomposition de l'oxalate venait de s'achever, et elles étaient si peu abondantes, qu'une personne étrangère ne les eût certainement pas aperçues sans avoir été avertie.

J'ajouterai que tous ces sels ont été préparés, le soir, à la lumière d'une lampe, et qu'ils ont été conservés soigneusement dans l'obscurité jusqu'au moment de l'analyse : ils n'avaient reçu de la lumière aucune altération et se trouvaient toujours parfaitement blancs.

14. L'acétate dont j'ai parlé n'avait pas été consacré tout

entier à la préparation de l'oxalate . il me restait de très-beaux cristaux que je m'empressai de soumettre à l'analyse, en faisant usage d'un procédé peu différent du premier.

A la suite du robinet R', *fig. 2*, je place un tube qui conduit l'air dans une petite cloche renfermant quelques centimètres cubes de mercure. Quand il a traversé ce liquide, l'air pénètre dans la première partie H d'un tube à analyse auquel on adapte le tube S par un bon bouchon recouvert d'un tube de caoutchouc. La deuxième partie G renferme l'acétate contenu dans un tube intérieur ouvert aux deux extrémités. La troisième partie F est remplie d'oxyde de cuivre, qui ne doit pas être trop fin. Vient ensuite un tube à acide sulfurique, et tout l'appareil propre à absorber la potasse, comme dans le cas de l'oxalate.

L'acétate n'a pas besoin d'être pesé d'avance; il suffit de connaître les poids de l'acide carbonique et de l'argent, ce qui ne présente aucune difficulté sérieuse. En effet, l'acide carbonique s'obtient aisément en déterminant l'augmentation de poids des trois tubes T, T', T'', comme je l'ai dit précédemment; pour connaître le poids du métal, il faut couper, après l'opération, les deux tubes *m*, *n*, peser les tubes G, dissoudre l'argent et les peser de nouveau quand le métal est enlevé.

Il est nécessaire que les tubes F, G, H se continuent sans ligature, parce que l'acide acétique concentré, produit dans la décomposition, ne serait pas retenu par les tubes de caoutchouc. Le tube H n'est destiné qu'à prévenir l'action de l'acide qu'une décomposition trop vive repousse parfois vers le robinet R' : il offre un espace où l'acide se condense, et la cloche K l'empêche absolument de rétrograder. Au reste, on évite entièrement ce retour en conduisant l'opération avec lenteur, et en maintenant un courant d'air pendant toute sa durée. Ces diverses précautions suffisent pour conduire à des résultats exacts.

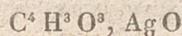
Les cristaux d'acétate se décomposent presque sans chan-

ger de forme, et l'argent qu'ils fournissent est parfaitement pur lorsqu'on a eu soin de faire passer un courant d'air à sa surface convenablement chauffée. Voici les résultats que m'ont fournis les analyses :

## I.

Tubes et argent (tare).....	gr 27,344
Tubes seuls.....	19,261
Argent.....	<u>8,083</u>
Les trois tubes avant l'expérience....	37,612
Les trois tubes après l'expérience....	31,027
Acide carbonique.....	<u>6,585</u>

La formule



représente, comme on sait, l'acétate d'argent. Tout le carbone étant brûlé pour former de l'acide carbonique, on voit qu'à 1 équivalent d'argent répondent 4 équivalents de cet acide, ou une quantité double de celle qui se forme avec l'oxalate. Il faut donc écrire la proportion

$$\begin{array}{l} 1100 : x :: 6,5805 : 8,083, \\ 4 CO^2 \quad Ag. \end{array}$$

ce qui conduit à

$$x = 1350,23.$$

Le même sel a donné, dans une autre expérience :

## II.

Tubes et argent (tare).....	gr 17,437
Tubes seuls.....	28,652
Argent.....	<u>11,215</u>
Les trois tubes avant l'expérience....	31,027
Les trois tubes après l'expérience....	21,892
Acide carbonique.....	<u>9,135</u>

ce qui conduit à

$$Ag = 1350,46.$$

Une troisième analyse fut faite avec un sel provenant de la même préparation, et qu'on avait fait cristalliser une fois de plus. Voici les nombres :

## III.

Tubes seuls (tare).....	33,278 <sup>gr</sup>
Tubes et argent.....	18,927
Argent.....	14,351
Les trois tubes avant l'expérience....	18,0150
Les trois tubes après l'expérience....	6,3215
Acide carbonique.....	11,6935

d'où

$$\text{Ag} = 1349,99.$$

Le même sel, soumis à une nouvelle cristallisation, donna les résultats suivants :

## IV.

Tubes seuls (tare).....	28,437 <sup>gr</sup>
Tubes et argent.....	19,407
Argent.....	9,030
Les trois tubes avant l'expérience....	22,226
Les trois tubes après l'expérience....	14,868
Acide carbonique.....	7,358

d'où l'on tire

$$\text{Ag} = 1349,96.$$

J'ai fait une nouvelle préparation d'acétate en me servant d'argent réduit du chlorure par le gaz hydrogène et avec toutes les précautions que j'ai indiquées. Ce sel, cristallisé trois fois, a donné les mêmes résultats que le précédent, ainsi qu'on peut en juger par les chiffres qui suivent :

## V.

Tubes seuls (tare). ....	28,203 <sup>gr</sup>
Tubes et argent.....	7,976
Argent.....	20,227
Les trois tubes avant l'expérience....	30,403
Les trois tubes après l'expérience....	13,928
Acide carbonique.....	16,475

ce qui donne

$$\text{Ag} = 1350,51.$$

Je n'ai pas cru devoir faire d'autres analyses du même sel :

la concordance des résultats est aussi grande qu'on peut l'espérer. Les expériences faites avec l'acétate donnent un équivalent plus faible que celles de l'oxalate, mais la différence est vraiment négligeable.

15. Tous les nombres sont résumés dans le tableau suivant :

	Oxalate.		Acétate.
Troisième expérience..	1350,73	I.....	1350,23
Quatrième expérience..	1350,35	II.....	1350,46
Cinquième expérience..	1350,32	III.....	1349,99
Sixième expérience....	1350,26	IV.....	1349,96
	166	V.....	1350,51
			251,15
Moyennes....	1350,415		1350,23
			1350,415
			1350,230
			645
Moyenne des moyennes .....	1350,3225		

16. Si l'on se reporte maintenant aux résultats fournis par la réduction du chlorure d'argent, on peut obtenir l'équivalent du chlore en posant la proportion

$$\begin{array}{ccccccc} 100 & : & 32,736 & :: & 1350,3225 & : & x, \\ \text{Argent.} & & \text{Chlore.} & & \text{Ag} & & \text{Cl} \end{array}$$

ce qui donne

$$\text{Cl} = 442,041.$$

Les deux équivalents déterminés par ces expériences se confondent, pour ainsi dire, avec ceux que M. Berzelius avait obtenus par une méthode bien différente, et ils s'éloignent fort peu de ceux que M. Marignac a trouvés par la même méthode. Cependant leur différence avec ces derniers est sensible, et elle n'est pas négligeable dans certains cas, par exemple lorsqu'on veut se servir des équivalents du chlore et de l'argent pour déterminer ceux des autres corps simples, ainsi que M. Pelouze l'a fait récemment dans un travail remarquable (1).

(1) *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, tome XX, page 1047.

J'ai dû chercher avec attention la cause de cette discordance.

17. MM. Berzelius et Marignac ont fait la même série d'expériences, savoir :

- 1°. L'analyse du chlorate de potasse ;
- 2°. Celle du chlorure de potassium ;
- 3°. Celle du chlorure d'argent.

Les équivalents du chlore et de l'argent déterminés par ces chimistes subissent l'influence des erreurs possibles dans les trois analyses. Ils sont entièrement liés, comme je l'ai déjà fait remarquer, à l'expérience du chlorate de potasse, et il est facile de juger que la plus faible erreur de cette détermination amène des variations assez fortes dans le chiffre des deux équivalents.

En faisant usage de la série d'expériences que je viens de décrire, l'équivalent de l'argent se rattache immédiatement à celui du carbone par les analyses de l'oxalate et de l'acétate de ce métal. L'équivalent du chlore est ensuite fourni par la réduction du chlorure d'argent. Or l'équivalent du carbone est fixé d'une manière rigoureuse, et mes expériences sur les deux sels organiques d'argent présentent une si grande concordance, qu'il est, je crois, difficile de supposer une erreur notable dans les nombres que j'ai obtenus pour le métal. On ne peut guère non plus élever de doute sur les chiffres de la réduction du chlorure d'argent, car l'expérience est une des plus simples et des plus sûres qu'on puisse exécuter dans ce genre de recherches ; d'ailleurs mes nombres sont presque identiques avec ceux de MM. Berzelius et Marignac. Restent les analyses du chlorure de potassium et du chlorate de potasse sur lesquelles je me trouvais amené naturellement à élever quelques doutes.

On a vu plus haut que je n'avais pas osé d'abord répéter les expériences faites par des chimistes si distingués ; mais je n'avais plus désormais que ce moyen de dissiper mon incertitude, et il m'a semblé, qu'en tout état de choses, les

chimistes trouveraient peut-être quelque intérêt à pouvoir comparer deux séries d'expériences exécutées par la même personne.

18. En premier lieu, j'ai entrepris l'analyse du chlorure de potassium.

Une certaine quantité de chlorate de potasse bien pur fut calcinée dans une cornue de verre ou dans un creuset de platine et portée jusqu'à la fusion. Le chlorure formé fut introduit, pendant qu'il était encore chaud, dans un flacon à l'émeri où son refroidissement pût s'opérer à l'abri de toute humidité. Pour déterminer son poids, on fit la tare du flacon, et, après en avoir fait sortir la quantité de sel nécessaire à l'analyse, on rétablit exactement l'équilibre. Le chlorure, dissous dans un ballon et traité par un excès d'azotate d'argent, produisit du chlorure d'argent auquel on conserva toute sa blancheur en prenant soin de n'opérer que le soir. Après une dizaine de lavages par décantation à l'eau bouillante, ce corps fut réuni sur un filtre et fondu avec les précautions habituelles. Voici les nombres que j'ai obtenus :

	Chlorure de potassium.	Chlorure d'argent.
Chlorure obtenu dans le verre.... { I.....	10,7000	20,627
{ II.....	10,5195	20,273
Chlorure obtenu dans le platine.. III.....	8,5870	16,556
	<u>29,8065</u>	<u>57,456</u>

Ces nombres sont bien peu différents de ceux de MM. Berzelius, Marignac et Pelouze, comme on peut en juger par les chiffres suivants :

100 de chlor. de potass. ont donné 192,40 de chlor. d'arg. (M. Berzelius).  
 100 de chlor. de potass. ont donné 192,35 de chlor. d'arg. (M. Marignac).  
 100 de chlor. de potass. ont donné 192,19 de chlor. d'arg. [M. Pelouze (1).]  
 100 de chlor. de potass. ont donné 192,75 de chlor. d'arg. (mes analyses).

Cependant la quantité de chlorure d'argent que j'ai pu obtenir avec 100 parties de chlorure de potassium est un

(1) Mémoire déjà cité.

peu plus forte que dans les expériences de ces trois chimistes: cela ne peut tenir à la méthode analytique, car MM. Berzelius et Marignac ont fait usage du même procédé. Comme, en outre, on ne court aucune chance de gain dans cette analyse, il est vraisemblable que la différence tient seulement à ce que j'ai toujours opéré sur le chlorure fondu, tandis que ces trois messieurs ont employé le sel cristallisé.

19. Si maintenant on cherche à déduire l'équivalent du potassium des trois expériences qui précèdent, en adoptant les nombres 442,04 et 1350,32, on trouve :

$$57,456 : 29,8065 :: 1792,36 : x,$$

Chlorure d'argent    Chlor. de potass.    1350,32 + 442,04    K Cl.

Et cette proportion donne... K Cl = 929,824

Si l'on retranche..... Cl..... 442,040

On obtient..... K..... 487,784

M. Berzelius avait obtenu..... 489,915

M. Marignac..... 488,857

M. Pelouze..... 489,300

20. Voici donc les trois équivalents du chlore, de l'argent et du potassium, déterminés par deux séries d'expériences différentes.

La première, celle de MM. Berzelius et Marignac, embrasse d'abord, et comme point de départ, l'analyse du chlorate de potasse, puis l'analyse du chlorure de potassium et celle du chlorure d'argent.

La deuxième série décrite dans ce Mémoire s'appuie sur l'équivalent du carbone, et comprend les analyses de l'oxalate et de l'acétate d'argent, celle du chlorure de ce métal et celle du chlorure de potassium.

Ces deux séries, dans lesquelles une seule analyse a été faite par une méthode commune, conduisent à des nombres sensiblement différents; et, puisque M. Berzelius a donné la préférence aux résultats de M. Marignac sur les siens propres, c'est avec les nombres de ce savant chimiste que je dois maintenant comparer les miens.

21. La question peut être précisée par la considération suivante :

Si mes expériences sont exactes, la composition du chlorate de potasse doit être ainsi représentée :

1 équivalent de chlore.....	442,040	}	929,824
1 équivalent de potassium..	487,784		
6 équivalents d'oxygène....			600,000
1 équivalent de chlorate...			1529,824

et si l'on établit la proportion

$$1529,824 : 929,824 :: 100 : x,$$

$$\text{KO, ClO}^5 \quad \text{K Cl.}$$

on trouve pour la valeur de  $x$  le nombre 60,780 ; c'est-à-dire que 100 parties de chlorate doivent laisser par la calcination 60,780 de chlorure de potassium.

Or M. Marignac, après des recherches nombreuses et délicates, a trouvé que le résidu des 100 parties de chlorate n'est pas moindre que 60,839.

La différence entre 60,780 et 60,839 ne s'élève guère qu'à  $\frac{1}{1031}$ , et il est difficile de la constater par l'expérience. En songeant que M. Berzelius, M. Pelouze, et M. Marignac lui-même, avaient trouvé dans des expériences antérieures un nombre plus fort, 60,85, j'ai dû craindre de ne rencontrer qu'un échec en répétant moi-même cette dernière analyse. Mais, contre mon attente, le résultat s'est montré favorable, et j'ose croire qu'il restera démontré par les expériences dont je vais donner les détails, que les chiffres de la décomposition du chlorate de potasse sont plus exactement représentés par les nombres déduits de mes analyses que par ceux qu'on admet jusqu'à présent.

*Décomposition du chlorate de potasse.*

22. Le sel dont j'ai fait usage a été purifié de la manière suivante : on le fit dissoudre dans l'eau chaude, et l'on ajouta quelques gouttes de potasse pour décomposer les traces de chlorure de fer et de manganèse dont il est presque

toujours souillé : ces deux corps sont , comme on sait , les causes de la coloration que présente alors le chlorate quand on le fait fondre. La liqueur filtrée fut ensuite acidulée faiblement par l'acide chlorhydrique , et le sel qui s'en séparait , soumis à douze ou quinze cristallisations dans l'eau pure , me sembla présenter toutes les garanties désirables.

Mais si la préparation du chlorate de potasse n'est sujette à aucune difficulté réelle , il n'en est pas de même de son analyse. Cette opération m'a paru la plus délicate et la plus difficile de toutes , et ce n'est qu'après bien des tentatives infructueuses que j'ai pu obtenir des chiffres assez concordants pour n'être plus inquiet de leur exactitude.

Lorsqu'on chauffe le chlorate , même avec précaution , et dans un vase fermé comme une cornue de verre , l'oxygène se dégage toujours en si grande quantité dans un point donné , qu'il projette et entraîne des gouttelettes du liquide au sein duquel il prend naissance. Ces gouttelettes , solidifiées par le refroidissement qu'elles éprouvent à la partie supérieure de la cornue , se déposent partout sur ses parois et dans toute la longueur du col sous la forme d'une poussière très-fine ; une quantité plus ou moins grande de cette poussière serait même expulsée par le gaz , si l'on ne prenait la précaution de s'opposer à son entraînement. On conçoit qu'au début de l'expérience les particules projetées sont entièrement formées de chlorate non décomposé , tandis qu'à la fin elles ne renferment que du chlorure ; et en supposant que la décomposition eût été conduite avec régularité , la proportion du chlorate et celle du chlorure doivent être à peu près égales. Un essai préalable m'a prouvé qu'il en est ainsi : 15,5 milligrammes du mélange pris au bec d'une cornue m'ont donné 14 milligrammes de chlorure d'argent , qui correspondent sensiblement à 8 milligrammes de chlorure de potassium.

De là résultent deux choses :

1°. Que la portion de matière solide expulsée par le gaz

oxygène, et recueillie dans des appareils convenables, ne doit pas être considérée comme du chlorure de potassium pur;

2°. Que lorsque la calcination du chlorate contenu dans la panse de la cornue se trouve terminée, on doit encore chauffer jusqu'au rouge toutes les autres parties du vase, de manière à décomposer le chlorate ou l'heptachlorate qui s'y sont déposés.

On voit que l'expérience présente des difficultés assez grandes, aussi bien dans son exécution que dans l'appréciation de ses résultats.

Voici d'abord les précautions que j'ai prises pour l'exécuter d'une manière exacte : le sel, desséché dans une étuve à la température de 200 degrés, ou même fondu dans un bain d'alliage fusible (ce qu'on peut faire sans le décomposer), fut introduit dans une cornue de verre très-dur, et dont le bec effilé s'adaptait par un tube de caoutchouc à l'appareil représenté *fig. 3*. F est un tube rempli d'amiante sec ; E un tube de ponce sulfurique ; D un second tube semblable ; B un appareil à potasse ; A un tube de ponce sulfurique. Les deux tubes E, F sont destinés à arrêter la matière saline projetée par le gaz, et pour bien constater qu'ils font rigoureusement cet office, j'ai ajouté les trois tubes A, B, D dont voici la destination : si quelque parcelle appréciable du sel entraîné pouvait traverser le tube F, à coup sûr elle serait arrêtée dans le tube suivant qui renferme de la ponce sulfurique, et puisqu'elle se compose de chlorate, d'heptachlorate et de chlorure, il se produirait nécessairement du chlore, de l'oxyde de chlore et de l'acide chlorhydrique que la potasse contenue dans l'appareil B ne manquerait pas d'absorber.

Cet appareil m'a permis de fixer les résultats de la décomposition du chlorate avec une très-rigoureuse exactitude. En effet, j'ai reconnu d'abord que les deux tubes E, F suffisent parfaitement à retenir les particules salines quand

le dégagement de gaz n'est pas trop rapide ; les tubes A, B, D n'éprouvent pas la plus légère augmentation de poids, et si je les ai conservés dans toutes mes analyses, c'est que le tube à potasse me donnait un moyen simple de régler la marche de la décomposition plutôt qu'il me servait de contrôle.

Le sel fut chauffé tantôt à l'aide d'une lampe d'alcool à large mèche, et tantôt avec le charbon ; quand le dégagement d'oxygène avait complètement cessé, le chlorure de potassium étant déjà ramolli, je séparais la cornue de l'appareil ABDEF pour déterminer aisément la fusion complète du chlorure, et faire rougir à la lampe tous les points de la voûte et du col recouverts de matière saline. Les cinq tubes, dont le poids total ne dépassait pas 200 grammes, ont été pesés ensemble.

Voici les résultats des analyses :

I.																							
Cornue.....	gr																						
	29,848	Les cinq tubes avant l'expér.	gr 15,857																				
Cornue et chlorate...	8,781	Les cinq tubes après l'expér.	15,848																				
	<hr/>																						
Chlorate séché.....	21,067	Sel entraîné.....	0,009																				
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: right;">gr</td> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Cornue lavée.....</td> <td style="text-align: right;">29,810</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cornue et chlorure. ....</td> <td style="text-align: right;">17,011</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;"><hr/></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Chlorure fondu.....</td> <td style="text-align: right;">12,799</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					gr			Cornue lavée.....	29,810			Cornue et chlorure. ....	17,011				<hr/>			Chlorure fondu.....	12,799		
	gr																						
Cornue lavée.....	29,810																						
Cornue et chlorure. ....	17,011																						
	<hr/>																						
Chlorure fondu.....	12,799																						

Les 9 milligrammes de sel entraîné peuvent être considérés, sans erreur sensible, comme formés de 4<sup>milligr</sup>,5 de chlorate et 4<sup>milligr</sup>,5 de chlorure. Le poids du chlorate réellement décomposé n'est donc que de 21,067 — 0,0045 = 21,0625. Le chlorure devient, par la même raison,

$$12,799 + 0,0045 = 12,8035,$$

et l'on a cette proportion

$$21,0625 : 12,8035 :: 100 : x.$$

La valeur de  $x$  ou le résidu pour 100 a été de 60,788.

( 33 )

II.

Cornue (tare).....	<sup>gr</sup> 21,153	Les cinq tubes avant l'expér.	<sup>gr</sup> 17,537
Cornue et chlorate.....	0,298	Les cinq tubes après l'expér.	17,527
Chlorate séché.....	20,855	Sel entraîné.....	0,010
Cornue lavée.....	<sup>gr</sup> 21,108		
Cornue et chlorure.....	8,438		
Chlorure fondu.....	12,670		

Le chlorate réellement décomposé a été de 20,850, et le chlorure produit de 12,675.

Ces nombres conduisent à 60,790.

III.

Cornue (tare).....	<sup>gr</sup> 29,848	Les cinq tubes avant l'expér.	<sup>gr</sup> 17,437
Cornue et chlorate.....	16,817	Les cinq tubes après l'expér.	17,428
Chlorate fondu.....	13,031	Sel entraîné.....	0,009
Cornue lavée.....	<sup>gr</sup> 29,812		
Cornue et chlorure.....	21,898		
Chlorure fondu.....	7,914		

Le chlorate réellement décomposé a été de 3,0265, et le chlorure, de 7,9185.

Ce qui conduit à 60,793.

IV.

Cornue (tare).....	<sup>gr</sup> 48,100	Les cinq tubes avant l'expér.	<sup>gr</sup> 6,341
Cornue et chlorate.....	18,716	Les cinq tubes après l'expér.	6,330
Chlorate séché.....	29,384	Sel entraîné.....	0,011
Cornue lavée.....	<sup>gr</sup> 48,069		
Cornue et chlorure.....	30,215		
Chlorure fondu.....	17,854		

Le chlorate décomposé n'est que de 29,3785, et le chlorure, de 17,8595.

Ces nombres donnent 60,791.

## V.

Cornue (tare).....	48,1800 <sup>gr</sup>	Les cinq tubes avant l'expér.	6,244 <sup>gr</sup>
Cornue et chlorate.....	8,9565	Les cinq tubes après l'expér.	6,230
Chlorate fondu.....	39,2325	Sel entraîné.....	0,014
		Cornue lavée.....	48,138 <sup>gr</sup>
		Cornue et chlorure.....	24,302
		Chlorure fondu.....	23,836

Le chlorate décomposé a été de 39,2255, et le chlorure, de 23,843.

Ce qui conduit à 60,785.

## VI.

Cornue (tare).....	30,2285 <sup>gr</sup>	Les cinq tubes avant l'expér.	8,066 <sup>gr</sup>
Cornue et chlorate.....	0,9910	Les cinq tubes après l'expér.	8,053
Chlorate séché.....	29,2375	Sel entraîné.....	0,013
		Cornue lavée.....	30,1865 <sup>gr</sup>
		Cornue et chlorure.....	12,4220
		Chlorure fondu.....	17,7645

Le chlorate décomposé a été de 29,231, et le chlorure, de 17,771.

On obtient 60,795.

## VII.

Cornue (tare).....	36,152 <sup>gr</sup>	Les cinq tubes avant l'expér.	5,123 <sup>gr</sup>
Cornue et chlorate.....	0,405	Les cinq tubes après l'expér.	5,113
Chlorate fondu.....	35,747	Sel entraîné.....	0,010
		Cornue lavée.....	36,113 <sup>gr</sup>
		Cornue et chlorure.....	14,389
		Chlorure fondu.....	21,724

Le chlorate décomposé a été de 35,742, et le chlorure, de 21,729.

Ce qui donne 60,795.

Le tableau suivant résume ces expériences :

	CHLORATE.	CHLORURE.	SEL entraîne.	CHLORATE réel.	CHLORURE réel.	CHLORURE pour 100.
1	gr 21,0670	gr 12,7990	gr 0,009	gr 21,0625	gr 12,8035	60,788
2	20,8550	12,6700	0,010	20,8500	12,6750	60,790
3	13,0310	7,9140	0,009	13,0265	7,9185	60,793
4	29,3840	17,8540	0,011	29,3785	17,8595	60,791
5	39,2325	23,8360	0,014	39,2255	23,8430	60,785
6	29,2375	17,7645	0,013	29,2310	17,7710	60,795
7	35,7470	21,7240	0,010	35,7420	21,7290	60,795
Moyenne.....						637 60,791

Tels sont les résultats que j'ai obtenus par l'analyse du chlorate de potasse. On voit qu'ils sont tous inférieurs aux chiffres de MM. Berzelius, Pelouze et Marignac. Ils sont un peu supérieurs à celui qui se trouve fixé par mes propres déductions. Cependant la différence de la moyenne 60,791 avec le nombre 60,780 est assez faible pour que je n'hésite pas à y voir la confirmation des premières expériences contenues dans ce Mémoire.

Je dois faire observer que je n'ai pu parvenir à des résultats concordants avant d'avoir reconnu l'altération des cornues qui se trouve indiquée par les nombres écrits dans les pages précédentes. Pour toutes les pesées d'une même expérience, la tare était constante, et l'on voit que *ces vases ont augmenté considérablement de poids*. Ainsi, dans la première expérience, la cornue, sortant du magasin, exigeait un poids de 29<sup>gr</sup>,848 pour équilibrer la tare, et après la fusion du chlorure, il ne fallait plus que 29<sup>gr</sup>,810; l'accroissement a été de 0,038 dans la première analyse; de 0,045 dans la deuxième; de 0,036 dans la troisième; de 0,031 dans la quatrième; de 0,051 dans la cinquième; de 0,042 dans la sixième, et de 0,039 dans la septième.

Cette altération ne provient pas assurément d'une action chimique du verre sur le chlorate ou le chlorure. Ce dernier, même après avoir été fondu, se détache parfaitement de toute la surface intérieure des cornues qui conserve le plus brillant poli : c'est la face extérieure qui absorbe les cendres du charbon sans qu'on puisse toujours reconnaître à la vue les modifications produites. Dans plusieurs expériences, l'état du verre avait si peu changé, que l'œil le plus exercé n'aurait soupçonné qu'avec peine une altération notable.

Je me hâte de dire qu'il ne faudrait certainement point attribuer la différence des résultats de M. Marignac et des miens à ce qu'un chimiste si distingué n'aurait pas aperçu cette cause d'erreur. Les détails de ses expériences ne sont pas publiés; mais je tiens pour certain qu'il a employé des vases plus réfractaires que ceux dont nous disposons à Paris, ou bien qu'il a tenu compte de leur variation de poids; si le résidu de chlore est plus faible dans mes expériences, je pense que cela tient à ce que j'ai poussé la décomposition jusqu'au point de rendre la fusion complète dans toutes les parties des vases (1).

23. Depuis que j'ai entrepris ces recherches, plusieurs chimistes ont publié des travaux qui se rattachent au même sujet.

M. Gerhardt a fait l'analyse du chlorate de potasse, et il a cru pouvoir déduire de ses expériences que le résidu de chlorure est beaucoup supérieur au nombre de M. Marignac. Ainsi, au lieu de 60,839 pour 100 de chlorate, M. Gerhardt a jugé que le poids du chlorure s'élève à 60,95 (2).

---

(1) Il ne m'a pas été possible jusqu'ici de me procurer des cornues capables de résister à la chaleur de fusion du chlorure de potassium. On m'a fait espérer de m'en procurer dans quelque temps, et je répéterai sur-le-champ l'analyse.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, tome XXI, page 1280, n° 23.

M. Faget, préparateur à la Faculté des Sciences de Montpellier, a aussi présenté une Note relative à l'équivalent du chlore, mais cette Note n'a pas été publiée (1).

Je n'examinerai pas le plus ou moins de fondement des assertions de M. Gerhardt, parce que M. Marignac y a répondu par des observations pleines de justesse.

24. La discussion à laquelle M. Marignac s'est ainsi trouvé conduit (2) lui a donné l'occasion de publier quelques expériences inédites relatives à l'acétate d'argent. Cet habile chimiste a trouvé, par la décomposition du sel opérée *sans doser l'acide carbonique*, un équivalent d'argent égal à 1349,6. Le même équivalent, déduit de la série d'analyses connue depuis longtemps, et que j'ai retracée plus haut, se trouve identique avec ce nouveau nombre; en effet, il est égal à 1349,66.

Cette concordance vraiment extrême et l'habileté si justement reconnue de M. Marignac m'obligent à présenter mon opinion sur les causes de la discordance qui existe entre ses résultats et les miens. Le désaccord me paraît tenir évidemment aux deux faits que voici :

1°. L'analyse de l'acétate d'argent a été exécutée par M. Marignac sans doser l'acide carbonique, ainsi que je viens de le dire. Le calcul était basé sur le poids du sel pris avant l'expérience, et sur celui de l'argent qu'on obtenait après la décomposition. On comprend que les résultats déterminés de cette manière reposent sur l'emploi de 2 équivalents, celui de l'eau et celui de l'acide carbonique, ce qui présente nécessairement un peu moins de certitude que la méthode dont j'ai fait usage, et qui rattache l'équivalent de l'argent à l'équivalent de l'acide carbonique seul. On voit surtout que, pour peu que le sel ait conservé quelque trace d'humidité, ce qui est toujours difficile à éviter, même

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, tome XXII, page 224, n° 5.

(2) Supplément à la *Bibliothèque universelle de Genève*, n° 1, p. 53; 1846.

pour l'acétate d'argent, les résultats des analyses sont soumis à des chances de diminution pour l'équivalent du métal.

2°. Le chlorate de potasse ne donne pas un résidu aussi fort que celui qu'on avait admis jusqu'à présent. Je n'hésite pas à insister sur ce point, et j'ose espérer que les expériences ultérieures confirmeront entièrement celles que je viens de faire connaître.

Ces considérations suffisent, à mon avis, pour expliquer les différences, assez légères d'ailleurs, qui existent entre les résultats des chimistes célèbres auxquels nous devons les premières déterminations sur ce sujet et les nombres que je propose aujourd'hui.

25. Le tableau suivant permet de comparer les équivalents de M. Marignac avec ceux qui se déduisent de mes expériences :

	D'après M. Marignac.	D'après mes analyses.
Le chlore . . . . .	443,28	442,04
L'argent . . . . .	1349,66	1350,32
Le potassium . . . . .	488,86	487,78

Ces derniers nombres ne permettent, pas plus que les précédents, de ranger les équivalents du chlore, de l'argent et du potassium parmi les *multiples de l'équivalent* de l'hydrogène.

26. Peut-on les considérer comme des *multiples de l'atome 6,25* ?

Remarquons d'abord que l'on a

$$\begin{aligned} 6,25 \times 71 &= 443,75 \\ 6,25 \times 78 &= 487,50 \\ 6,25 \times 216 &= 1350,00 \end{aligned}$$

Ces nombres diffèrent bien peu de ceux qu'on admet généralement et de ceux que j'ai trouvés dans mes expériences; pour bien sentir cette vérité, le mieux n'est pas de faire porter la comparaison sur les équivalents déduits d'une série d'*analyses conjuguées*, si l'on peut s'exprimer ainsi, mais

plutôt de mettre les résultats obtenus *dans chaque analyse* en regard de ceux qu'on doit obtenir avec les équivalents théoriques. On évite ainsi plus sûrement de combiner des erreurs qui s'accumulent souvent dans les déterminations successives, et dépassent à la fin les limites même de l'observation commune. Je crois qu'on en verra la preuve dans ce qui va suivre.

Si nous admettons, pour un moment, les nombres 443,75, 487,5, 1350, on est conduit aux résultats suivants :

100 d'argent s'unissent à.....	32,870 de chlore;
100 de chlorure de potassium.....	= 192,62 de chlorure d'argent;
100 de chlorate de potasse.....	= 60,82 de chlor. de potassium.

J'ai obtenu

100 d'argent s'unissent à.....	32,736 de chlore;
100 de chlorure de potassium.....	= 192,7 de chlorure d'argent;
100 de chlorate de potasse.....	= 60,79 de chlor. de potassium.

La différence des résultats de l'analyse avec les nombres théoriques peut véritablement être négligée pour les deux derniers, mais l'analyse du chlorure d'argent ne paraît pas pouvoir être entachée d'une erreur aussi forte; mes expériences de réduction par l'hydrogène présentent une si grande concordance, qu'elles semblent refuser tout soutien à l'hypothèse que j'examine en ce moment.

27. Cependant j'ai opéré sur des poids assez faibles, et il arrive, dans ce cas, qu'une erreur légère modifie les résultats d'une manière très-sensible, et ne permet de saisir qu'avec de grandes difficultés le rapport véritable des deux équivalents. Voulant m'assurer par des expériences nouvelles que les premiers résultats approchaient suffisamment de la vérité, j'ai préparé du chlorure d'argent avec des précautions excessives, et je n'ai pas employé pour son analyse moins de 28 à 30 grammes à la fois. J'ai pu reconnaître ainsi que la composition de ce corps était vraiment un peu différente, et qu'elle peut se représenter presque exactement par les nombres qui correspondent aux multiples 443,75 et 1350.

Voici le détail des analyses :

*Première expérience.* 28,278 de chlorure ont donné 21,284 d'argent et 6,994 de chlore.

*Seconde expérience.* 30,387 de chlorure ont donné 22,872 d'argent et 7,515 de chlore.

Ces deux expériences ont été faites en plaçant le chlorure dans une double nacelle de platine, ce qui est presque nécessaire pour éviter le débordement de la substance fondue lorsque sa quantité est si considérable : le tube dans lequel on exécutait la décomposition était lui-même entouré d'une feuille métallique. Le verre qui provenait de la fabrique de Plaine-de-Walsh, et qui avait si bien résisté dans mes premières expériences, a été cette fois profondément attaqué ; mais les nacelles se sont maintenues parfaitement isolées dans l'intérieur du tube.

On déduit de ces expériences :

100 d'argent s'unissent à.....	32,860 de chlore;
100 d'argent s'unissent à.....	32,853 de chlore.
	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>
	113
Moyenne.....	32,8565

Ce résultat s'accorde presque entièrement avec l'hypothèse dont il s'agit, et me semble tout à fait propre à lui donner un grand appui.

La différence qu'il présente avec mes premiers nombres tient sans nul doute à l'une des deux circonstances que je vais indiquer ou peut-être même à toutes deux :

1°. A l'influence qu'une même erreur de pesée produit quand on opère sur des poids faibles ou forts; et, pour me faire bien comprendre, je citerai un exemple : si les équivalents du chlore et de l'argent sont 442,04 et 1350,32, 4<sup>gr</sup>,355 de chlorure employés dans la première expérience (10) ont dû laisser 3,281 d'argent; si les mêmes équivalents sont 443,75 et 1350, ils auraient dû laisser 3,278, c'est-à-dire un poids dont la différence avec le pre-

mier n'est que de 3 milligrammes en employant un poids de 4 grammes.

Je ne crois pas que personne conteste l'immense difficulté d'éviter une erreur aussi faible que celle de 2 ou 3 milligrammes sur le résultat définitif d'une expérience où l'on doit faire plusieurs pesées, et l'on voit cependant qu'elle peut avoir ici une influence énorme. Cette seule considération prouve clairement, ce me semble, qu'il est de toute nécessité d'employer pour la détermination des équivalents un poids de matière assez considérable, et que les résultats obtenus en dehors de cette condition restent sujets à une incertitude qui ne permet de les envisager que comme des approximations plus ou moins grandes.

Avec des poids de 28 et 30 grammes, la différence s'élève, pour les deux mêmes suppositions, à 20 ou 22 milligrammes; et comme on n'a vraiment pas de chances plus grandes d'erreur dans les pesées, on doit obtenir ainsi des résultats beaucoup plus approximatifs.

2°. Il est possible que, dans mes premières expériences, les tubes aient augmenté légèrement de poids, et j'avoue que cette circonstance m'aurait échappé, car ils n'ont pas présenté de traces sensibles d'altération.

Je ferai remarquer que les analyses les plus récentes du chlorure d'argent, faites par M. Marignac, se rapprochent beaucoup de celles que je viens de décrire.

28. On peut calculer les trois équivalents du chlore de l'argent et du potassium en *conjuguant* les dernières analyses du chlorure d'argent avec celles de l'oxalate, de l'acétate et du chlorure de potassium. Voici les résultats :

1°. La proportion

$$\begin{array}{ccccccc} 100 & : & 32,8565 & :: & 1350,3225 & : & x \\ \text{Argent.} & & \text{Chlore.} & & \text{Ag} & & \text{Cl} \end{array}$$

donne

$$\text{Cl} = 443,669.$$

2°. Les 28<sup>gr</sup>,8065 de chlorure de potassium ayant donné 57<sup>gr</sup>,456 de chlorure d'argent, il faut, pour obtenir l'équi-

valent du potassium, chercher la quantité d'argent contenue dans les 57<sup>sr</sup>,456, et en déduire le chlore par différence; on peut écrire

$$1793,99 \begin{cases} 1350,3225 \\ 443,669 \end{cases} : 1350,3225 :: 57,456 : x,$$

Cl Ag Ag

ce qui donne

$$x = 43,24669,$$

et l'on a :

Chlorure d'argent.....	57,45600
Argent.....	43,24669
Chlore.....	<u>14,20931</u>
d'où	
Chlorure de potassium.....	29,80650
Chlore.....	<u>14,20931</u>
Potassium.....	15,59719

Alors on a

$$14,20931 : 15,59719 :: 443,669 : x,$$

Chlore. Potassium. Cl K

et la valeur de K = 487,004.

Les trois équivalents sont donc ainsi :

Chlore.....	443,669
Argent.....	1350,322
Potassium.....	487,004

29. Enfin, et malgré les différences légères que présentent encore mes nouveaux résultats avec ceux qu'on devrait obtenir dans l'hypothèse de multiplicité des atomes, je crois qu'on ne peut s'arrêter à ces différences, par la raison évidente qu'elles sont au-dessous des limites d'observation et qu'on pourrait admettre comme fournis par l'expérience, les nombres suivants :

Chlore.....	443,75 = 6,25 × 71
Potassium.....	487,50 = 6,25 × 78
Argent.....	1350,00 = 6,25 × 216

30. En adoptant ces nombres, les équivalents déterminés par M. Pelouze, dans le travail que j'ai cité plus haut, subissent une modification dont le tableau suivant peut faire apprécier l'importance :

Équivalents de M. Pelouze.		Équivalents modifiés.	
En admettant.	{ Cl.... 443,20 Ag.... 1349,01	En admettant.	{ Cl.... 443,75 Ag.... 1350,00
Potassium.....	489,30		489,43
Sodium.....	287,17		287,15
Barium.....	858,03		858,40
Strontium.....	548,02		548,18
Silicium.....	88,94		88,77
Azote.....	175,08		174,99
Phosphore.....	400,30		399,72
Arsenic.....	937,50		937,48

Les différences ne sont pas bien considérables; je remarquerai seulement que ces nombres sont généralement assez rapprochés des multiples de 6,25, ainsi qu'on peut le voir dans ce second tableau :

Potassium.....	489,30	487,50	6,25	×	71
Sodium.....	287,17	287,50			46
Barium.....	858,03	856,25			137
Strontium.....	548,02	550,00			88
Silicium.....	88,94	87,50			14
Azote.....	175,08	175,00			28
Phosphore.....	400,30	400,00			64
Arsenic.....	937,50	937,50			150

Je n'ai pas le bonheur de travailler sous la direction immédiate de M. Dumas, mais j'ai sollicité ses conseils à plusieurs reprises; il me les a donnés avec tant de bienveillance, que je manquerais à un devoir si je ne témoignais ici combien je lui suis reconnaissant.

*Vu et approuvé,*

Le 14 juillet 1846.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,  
J. DUMAS.

*Permis d'imprimer,*

L'INSPECTEUR GÉNÉRAL DES ÉTUDES;

*Vice-recteur de l'Académie  
de Paris,*

ROUSSELLE.

---

---

# THÈSE DE PHYSIQUE.

---

## DÉTERMINATION DE LA FORCE MAGNÉTIQUE.

---

### I. — *Force des aimants naturels ou artificiels.*

Il n'existe pas de méthode propre à faire connaître la valeur absolue d'une intensité magnétique.

On ne peut déterminer que la valeur relative de cette intensité, ce qui s'obtient par l'emploi de deux méthodes distinctes :

#### 1°. Méthode des oscillations.

Elle repose sur le principe suivant :

Un aimant qui oscille librement sous l'influence de la terre peut être assimilé à un pendule simple, et ses mouvements sont soumis à la loi représentée par la formule connue

$$T = \pi \sqrt{\frac{L}{M}},$$

dans laquelle :

T est le temps d'une oscillation ;

$\pi$ , le rapport de la circonférence au diamètre = 3,1415, etc. ;

L, la distance de l'axe de rotation au pôle oscillant ;

M, la force magnétique terrestre.

#### 2°. Méthode de la balance de Coulomb.

L'emploi de cette méthode est fondé sur ce principe, dé-

montré par le calcul et l'expérience, que la force de torsion est proportionnelle à l'angle de torsion.

Description de la balance de Coulomb.

## II. — *De la force magnétique terrestre.*

Recherche du méridien magnétique.

Boussole de déclinaison. — Construction de l'aiguille de déclinaison.

Méthode d'observation dite du *retournement*.

La déclinaison véritable est la demi-somme des angles que l'aiguille forme avec le méridien astronomique dans ses deux positions.

Variations de la déclinaison.

## III. — *Direction de la force magnétique terrestre dans le plan du méridien magnétique.*

Boussole d'inclinaison.

Méthodes d'observation.

### 1°. *Observation dans le plan du méridien magnétique.*

Il faut d'abord constater avec soin la position du zéro de l'instrument.

L'inclinaison ne peut être connue qu'au moyen de quatre observations successives divisées en deux couples : le premier a pour but de remédier à l'irrégularité de l'aimantation ; le second est nécessité par l'excentricité du centre de gravité de l'aiguille.

On peut déterminer le plan du méridien magnétique au moyen de l'appareil lui-même. C'est le plan perpendiculaire à celui dans lequel on rend l'aiguille verticale.

### 2°. *Observation dans deux plans rectangulaires.*

L'inclinaison véritable peut se déduire des inclinaisons observées dans deux plans rectangulaires quelconques, au moyen de la formule

$$\cot^2 I = \cot^2 I' + \cot^2 I'',$$

I étant l'inclinaison véritable,  
I', I'' les inclinaisons dans les plans rectangulaires.

IV. — *Intensité de la force magnétique de la Terre.*

1°. On peut la déterminer en faisant usage de la méthode des oscillations.

En des lieux différents, les intensités sont comme les carrés des nombres d'oscillations exécutés dans le même temps.

Les oscillations peuvent être prises sur l'aiguille de déclinaison ou sur celle d'inclinaison.

2°. Détermination de la force magnétique terrestre au moyen d'un élément thermo-électrique et d'une boussole de sinus.

*Vu et approuvé,*

Le 14 juillet 1846.

LE DOYEN DE LA FACULTE DES SCIENCES,  
J. DUMAS.

*Permis d'imprimer,*

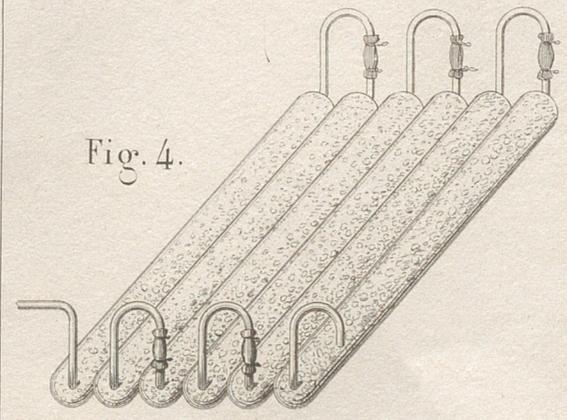
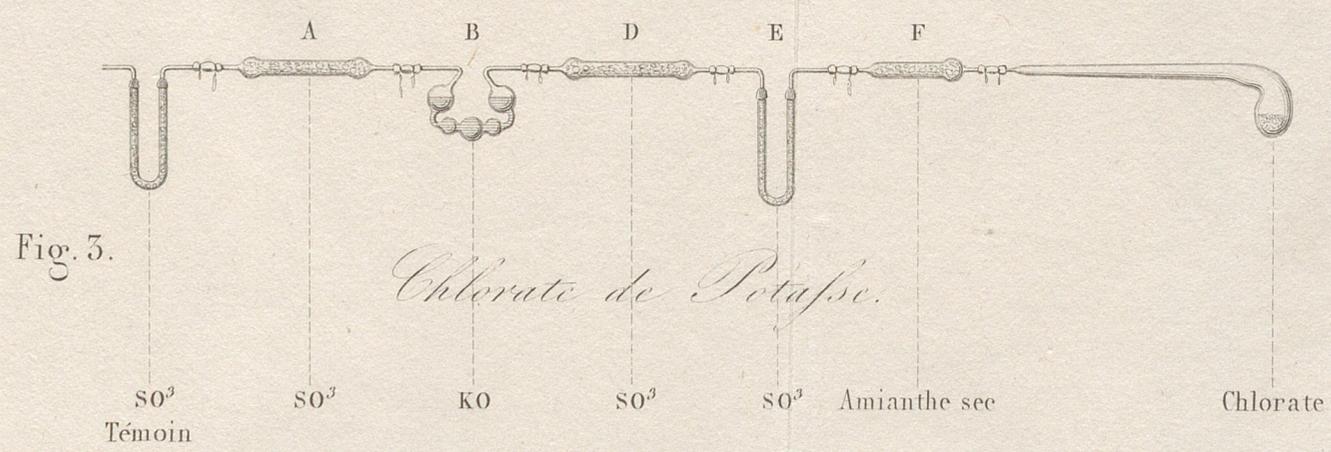
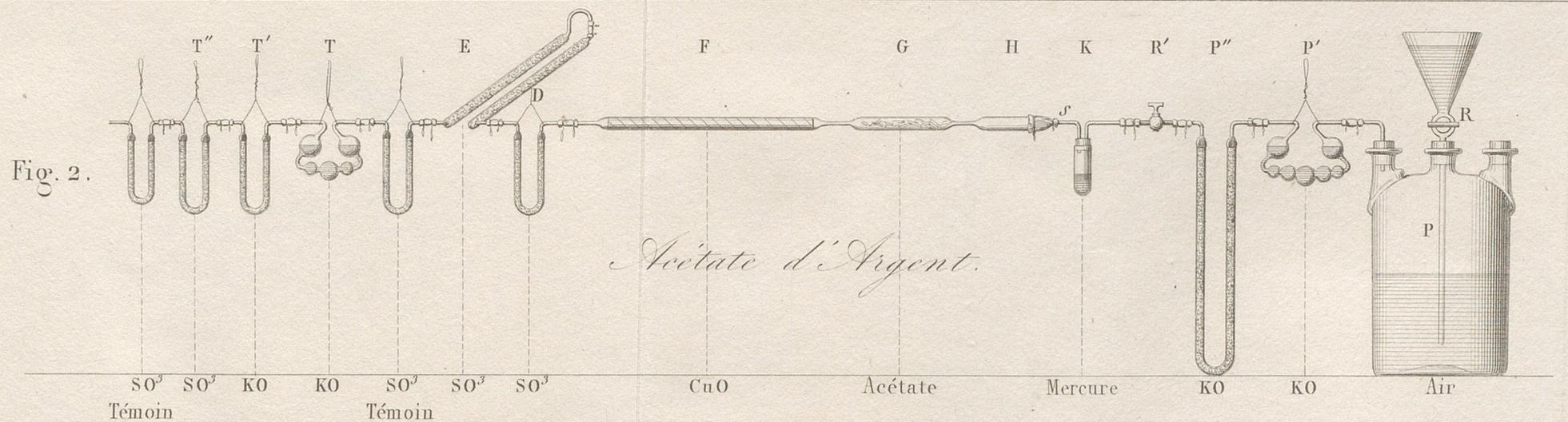
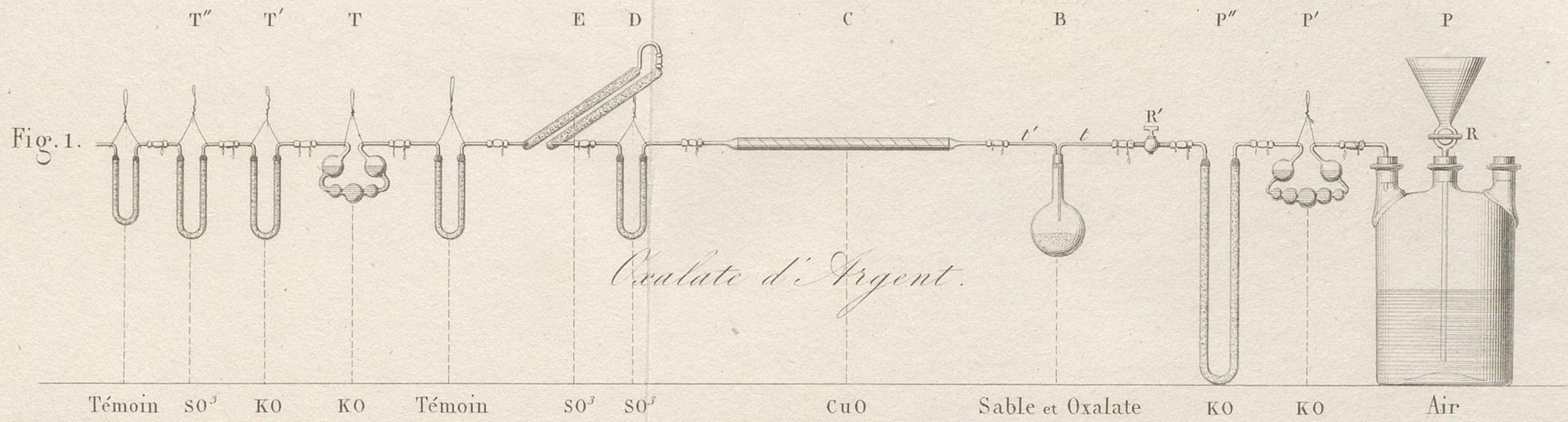
L'INSPECTEUR GÉNÉRAL DES ÉTUDES,

*Vice-recteur de l'Académie  
de Paris,*

ROUSSELLE.



Mémoire sur les Equivalens chimiques du Chlore, de l'Argent et du Potassium, par M. E. Maumené.



BIBLIOTHEQUE  
DE L'UNIVERSITE  
DE FRANCE.

Gravé par E. Wormser.



