

## 1789, dans le Laboratoire de Lavoisier

par Gérard BORVON  
Lycée, 29220 Landerneau

---

Nous sommes certainement quelques-uns à avoir voulu partager avec nos collègues littéraires le plaisir d'illustrer 1789. La période impose un nom : Lavoisier. 1789 est justement l'année où il fait paraître son «Traité Élémentaire de Chimie». Cet ouvrage en deux tomes ayant été réédité par un éditeur bruxellois (1), il est accessible pour un prix raisonnable. C'est un cours de chimie dans lequel Lavoisier introduit la nouvelle nomenclature qui est pour une bonne part son œuvre (2) et où il dresse un tableau complet de la connaissance chimique à son époque.

Une classe de seconde se prête bien à un travail sur Lavoisier\* : ces élèves font leurs premiers pas **dans** la chimie et seront donc sensibles aux premiers pas **de** la chimie. D'autre part une classe de seconde offre un public composite susceptible d'adhérer à cette forme un peu nouvelle de travail.

L'expérience (3) m'a fait adopter pour ces classes un type d'exercice qui pour le moment me donne satisfaction. Il s'agit d'entrer en contact avec un travail scientifique historique, non pas de façon encyclopédique, mais en utilisant les outils scientifiques récemment acquis. Ne pas se limiter à la vie publique de Lavoisier, aux étapes de sa carrière telles qu'elles apparaissent dans les dictionnaires, mais entrer dans son laboratoire, retrouver ses manipulations, les refaire, prendre connaissance de ses mesures, vérifier ses calculs.

Nous avons retenu pour cet exercice deux expériences fondamentales : la combustion du fer dans l'air et la découverte du dioxygène - la décomposition de l'eau par le fer et la préparation du dihydrogène. Ces deux réactions ont été réalisées en T.P. Il n'y avait rien d'artificiel à les introduire dans un programme de seconde, elles illustrent parfaitement un

(1) Culture et Civilisation - 115, avenue Gabriel Lebon - Bruxelles 1965.

(2) La nouvelle nomenclature a été élaborée par Lavoisier, De Morveau, Berthollet et Fourcroy.

(3) Voir «En direct avec Mariotte» B.U.P. n° 699.

\* N.D.L.R. : La loi de Lavoisier est également au programme de cinquième, et certaines activités proposées ici sont transposables en classe de 3<sup>e</sup>.

cours sur la notion d'élément chimique ou sur l'écriture de l'équation bilan. Les élèves disposaient ensuite d'un dossier de travail en trois parties. La première établissait un contact avec les unités de masse, de longueur et de volume en vigueur au XVIII<sup>e</sup> siècle. Ce travail de conversion s'accompagnait d'un exercice sur le système décimal (fiche non publiée ici) : Lavoisier pour faciliter la communication entre savants étrangers proposait ce système, lui même établissait des fiches de conversion (que nous donnons) et faisait construire pour son usage des masses marquées décimales. Calculer que 3 pouces 5 lignes et  $7/12$  peuvent plus utilement s'écrire 3,46538 pouces est certainement un bon moyen de comprendre l'introduction ultérieure de ce système par les législateurs révolutionnaires.

Les deuxième et troisième parties étaient constituées par deux exercices sur la combustion du fer et la décomposition de l'eau. Ce travail devait être accompagné d'une recherche biographique sur Lavoisier. La correction orale des exercices était ensuite l'occasion de compléter et de préciser la place de Lavoisier dans l'histoire de la chimie et en particulier d'évoquer sa réfutation de la théorie du phlogistique. En conclusion : une expérience qui sans consommer un temps excessif et en conservant la forme classique de l'«exercice» de chimie, a permis une approche historique des débuts de la chimie. Nous présentons ici pour les collègues intéressés, les principales fiches de ce travail.



TRAITÉ  
ÉLÉMENTAIRE  
DE CHIMIE,  
PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU  
ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

Avec Figures :

*Par M. LAVOISIER, de l'Académie des Sciences, de la Société Royale de Médecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, de la Société Helvétique de Basle, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Padoue, &c.*

---

---

TOME SECOND.

---

---



A PARIS,

Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente.

---

---

M. DCC. LXXXIX.

*Sous le Privilège de l'Académie des Sciences & de la Société Royale de Médecine.*

*Page de garde du livre de Lavoisier publié à Paris en 1789.*

**FICHE n° 1 : Masses, longueurs, volumes au XVIII<sup>e</sup> siècle**

Compléter les tableaux suivants :

*Mesure des masses*

*Au XVIII<sup>e</sup> siècle le système de masses, en France, comprend : la livre, le marc, l'once, le gros, le grain.*

Unité du XVIII <sup>e</sup> siècle	Définition	Valeur en grammes
Livre		489,505846 g
Marc	1 marc = 1/2 livre	
Once	1 once = 1/16 livre	
Gros	1 gros = 1/8 once	
Grain	1 grain = 1/72 gros	

*Mesure des longueurs*

Le système comprend le pied, le pouce, la ligne, le 1/12 de ligne.

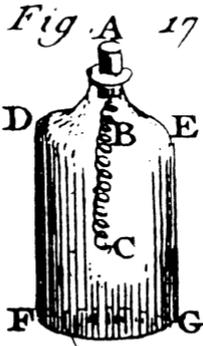
Unité du XVIII <sup>e</sup> siècle	Définition	Valeur en cm
pied (de roi)		32,5 cm
pouce	1 pouce = 1/2 pied	
ligne	1 ligne = 1/12 pouce	
1/12 ligne		

*Volumes*

Les chimistes utilisent le pouce cube (ou pouce cubique) comme unité de volume.

<b>Exercice :</b> 1 pouce cube =		cm <sup>3</sup>
1 litre =		pouces cube
<b>Exercice :</b>		
Lavoisier trouve qu'une livre d'eau a un volume de 24,687 pouces cubiques. Êtes vous d'accord ?		
<i>(à-rédiger sur feuille séparée)</i>		

**FICHE n° 2 : Une expérience fondamentale : la combustion du fer dans l'oxygène**

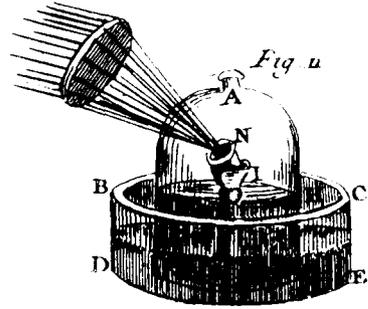
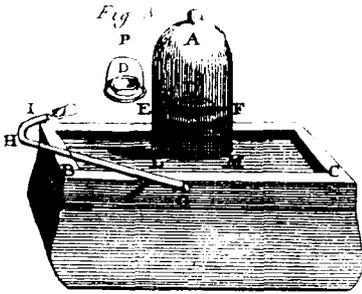


Dans son traité élémentaire de Chimie (1789), Lavoisier décrit une combustion du fer dans le dioxygène qui ressemble beaucoup à celle que nous réalisons au laboratoire.

“ Tout le monde connoît aujourd’hui la belle expérience de M. Ingenhouz sur la combustion du fer. On prend un bout de fil de fer très-fin B C, *planche IV, figure 17*, tourné en spirale, on fixe l’une de ses extrémités B, dans un bouchon de liége A, destiné à boucher la bouteille D E F G. On attache à l’autre extrémité de ce fil de fer, un petit morceau d’amadou C. Les choses ainsi disposées, on emplit avec de l’air dépouillé de sa partie non respirable, la bouteille D E F G. On allume l’amadou C, puis on l’introduit promptement, ainsi que le fil de fer B C dans la bouteille, & on la bouche comme on le voit dans la figure que je viens de citer.

Aussi-tôt que l’amadou est plongée dans l’air vital, elle commence à brûler avec un éclat éblouissant ; elle communique l’inflammation au fer, qui brûle lui même en répandant de brillantes étincelles, lesquelles tombent au fond de la bouteille, en globules arrondis qui deviennent noirs en se refroidissant, & qui conservent un reste de brillant métallique. Le fer ainsi brûlé, est plus cassant & plus fragile, que ne le seroit le verre lui-même ; il se réduit facilement en poudre & est encore attirable à l’aimant, moins cependant qu’il ne l’étoit avant sa combustion.”

Pour pouvoir effectuer des mesures précises, Lavoisier élabore un montage d'une grande ingéniosité (voir figures 3 et 11 ci-dessous).



Le fer est placé dans une soucoupe sous une cloche contenant du dioxygène, l'ensemble étant posé sur une cuve à mercure. On peut ainsi mesurer le volume de dioxygène consommé dans la combustion et la masse de l'oxyde de fer formé. Remarquez (figure 11) l'emploi d'une loupe pour enflammer une mèche à travers la cloche. Quand la combustion est terminée :

“ on enlève doucement la cloche ; on détache de la capsule les globules de fer qui y sont contenus ; on rassemble soigneusement ceux qui pourroient s'être éclabouffés & qui nagent sur le mercure, & on pèse le tout. Ce fer est dans l'état de ce que les anciens Chimistes ont nommé *éthiops martial* ; il a une sorte de brillant métallique ; il est très cassant , très-friable , & se réduit en poudre sous le marteau & sous le pilon. Lorsque l'opération a bien réussi , avec 100 grains de fer on obtient 135 à 136 grains d'éthiops. On peut donc compter sur une augmentation de poids au moins de 35 livres par quintal.

Si l'on a donné à cette expérience toute l'attention qu'elle mérite, l'air se trouve diminué d'une quantité en poids exactement égale à celle dont le fer est augmenté. Si donc on a brûlé 100 grains de fer & que l'augmentation de poids que ce métal a acquise ait été de 35 grains, la diminution du volume de l'air est assez exactement de 70 pouces cubiques à raison d'un demi-grain par pouce cube. On verra dans la suite de ces Mémoires, que le poids de l'air vital est en effet, assez exactement, d'un demi-grain par pouce cube. <sup>v</sup>

Par la description qu'il en donne, on aura compris que le corps appelé par Lavoisier «éthiops martial» est ce que nous appelons oxyde magnétique. De même dans le premier texte «l'air dépouillé de sa partie non respirable» est pour nous le dioxygène (la partie non respirable étant le diazote). Il faut cependant savoir que c'est Lavoisier qui en 1787, soit deux ans plus tôt, avait inventé le mot oxygène et le terme oxyde. Pourquoi n'utilise-t-il pas ce vocabulaire moderne ? Le texte que nous citons se trouve au début de son cours de chimie, il craint d'effrayer son lecteur par l'introduction, dès les premières pages de termes peu classiques. La «poudre d'algaroth», le «sel alembroth», le «pompholix», le «turbith minéral», sont des termes familiers aux chimistes du XVIII<sup>e</sup> siècle alors que le mot hydrogène est considéré comme barbare !

Relevons encore dans le texte suivant le souci de la rigueur expérimentale chez Lavoisier.

“ Je rappellerai ici une dernière fois que dans toutes les expériences de ce genre, on ne doit point oublier de ramener par le calcul le volume de l'air au commencement & à la fin de l'expérience à celui qu'on auroit eu à 10 degrés du thermomètre, & à une pression de 28 pouces : j'entrerai dans quelques détails sur la manière de faire ces corrections, à la fin de cet Ouvrage. <sup>v</sup>

Aujourd'hui nous savons que le **volume molaire des gaz est 22,4 l** à la température de  $0^{\circ}\text{C}$  et à la pression de 760 mm de mercure. On vérifiera facilement que la pression de 28 pouces de mercure est très proche de la valeur précédente. Par contre la température de  $10^{\circ}$  correspond à l'échelle Réaumur qui va du  $0^{\circ}$  de la glace fondante au  $80^{\circ}$  de l'eau bouillante, c'est donc une température correspondant au  $12,5^{\circ}$  de notre échelle.

L'utilisation de la «loi des gaz parfaits» nous permettra de calculer le volume molaire des gaz dans les conditions d'un laboratoire du XVIII<sup>e</sup> siècle : **23,5 l**.

Nous pouvons maintenant comparer nos connaissances avec les résultats expérimentaux de Lavoisier.

**Exercice :** (à rédiger sur feuille)

- 1) Quelle masse de fer exprimée en grammes représentent 100 grains de fer ?
- 2) Quelle quantité d'oxyde magnétique (exprimée en grammes puis en grains) peut-on obtenir par la combustion de ces 100 grains de fer ? Comparez à la valeur mesurée par Lavoisier.
- 3) Quel est le volume de dioxygène consommé dans cette réaction si le volume molaire des gaz est 23,5 l ? Comparez à la valeur mesurée par Lavoisier.
- 4) Lavoisier indique que la masse (le «poids») du dioxygène («air vital») est assez exactement d'un demi-grain par pouce-cube. Déterminez la masse volumique du dioxygène en  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Comparez à la valeur proposée par Lavoisier (on prendra à nouveau 23,5 l comme volume molaire des gaz).



**FICHE n° 3 : La Décomposition de l'eau par le fer**

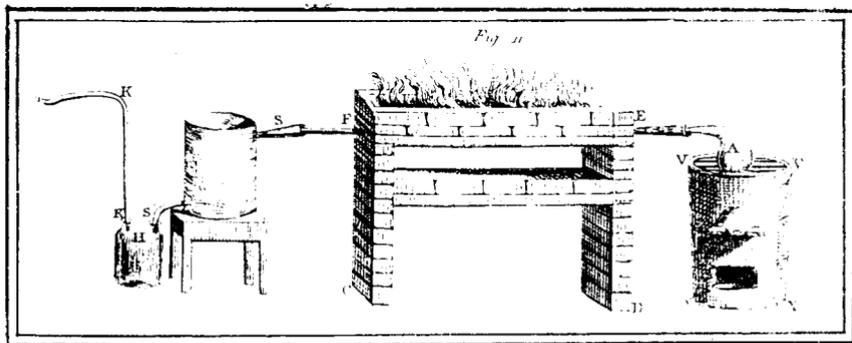
L'eau était avec la terre, l'air et le feu, l'un des quatre éléments qui, dans la tradition grecque antique entraient dans la composition de tous les corps. Jusqu'au XVIII<sup>e</sup> siècle elle est encore considérée comme une substance simple. Lavoisier montre ici qu'il faudra à présent la compter parmi les corps composés.

88 L'EAU N'EST POINT UNE SUBST. SIMPLE,

EXPÉRIENCE PREMIÈRE,

*Préparation.*

On prend un tube de verre EF, *planche VII, fig. 11*, de 8 à 12 lignes de diamètre, qu'on fait passer à travers un fourneau, en lui donnant une légère inclinaison de E en F. A l'extrémité supérieure E de ce tube, on ajuste une cornue de verre A, qui contient une quantité d'eau distillée bien connue, & à son extrémité inférieure F, un serpentin SS' qui s'adapte en S' au gouleau d'un flacon H à deux tubulures; enfin à l'une des deux tubulures du flacon s'adapte un tube de verre recourbé KK, destiné à conduire les fluides aëriiformes ou gaz dans un appareil propre à en déterminer la qualité & la quantité.



on met dans le tube EF, *planche VII, fig. 11*, 274 grains de petites lames de fer très-doux roulées en spirales. On fait rougir le tube comme dans les expériences précédentes ; on allume du feu sous la cornue A, & on entretient l'eau qu'elle contient toujours bouillante, jusqu'à ce qu'elle soit entièrement évaporée, qu'elle ait passé en totalité dans le tube EF, & qu'elle se soit condensée dans le flacon H.

#### *Effet.*

Il ne se dégage point de gaz acide carbonique dans cette expérience, mais seulement un gaz inflammable 13 fois plus léger que l'air de l'atmosphère : le poids total qu'on en obtient est de 15 grains, & son volume est d'environ 416 pouces cubiques. Si on compare la quantité d'eau primitivement employée avec celle restant dans le flacon H, on trouve un

déficit de 100 grains. D'un autre côté, les 274 grains de fer renfermés dans le tube EF se trouvent peser 85 grains de plus que lorsqu'on les y a introduits ; & leur volume se trouve considérablement augmenté : ce fer n'est presque plus attirable à l'aimant , il se dissout sans effervescence dans les acides ; en un mot, il est dans l'état d'oxide noir, précisément comme celui qui a été brûlé dans le gaz oxygène.

#### *Réflexions.*

Le résultat de cette expérience présente une véritable oxidation du fer par l'eau ; oxidation toute semblable à celle qui s'opère dans l'air à l'aide de la chaleur. Cent grains d'eau ont été décomposés ; 85 d'oxygène se sont unis au fer pour le constituer dans l'état d'oxide noir, & il s'est dégagé 15 grains d'un gaz inflammable particulier : donc l'eau est composée d'oxygène & de la base d'un gaz inflammable, dans la proportion de 85 parties contre 15.

Ainsi l'eau indépendamment de l'oxygène qui est un de ses principes, & qui lui est commun avec beaucoup d'autres substances, en contient un autre qui lui est propre, qui est son radical constitutif, & auquel nous nous sommes trouvés forcés de donner un nom. Aucun ne nous a paru plus convenable que celui d'hydrogène, c'est-à-dire, principe générateur de l'eau, de *υδωρ* eau, & de *γίνωμαι* j'engendre. Nous appellerons gaz hydrogène la combinaison de ce principe avec le calorique, & le mot d'hydrogène seul exprimera la base de ce même gaz, le radical de l'eau.

**Analyse du Texte - Exercices**

I - Lavoisier trouve donc que l'eau contient, en plus de l'oxygène, le corps auquel il donne le nom d'«hydrogène».

Il constate que ce gaz est 13 fois plus léger que l'air. Qu'en pensez-vous ?

Plus précisément il trouve que 416 pouces cubiques d'hydrogène ont une masse de 15 grains. Comparez à un résultat contemporain (on prendra 23,5 l comme volume molaire des gaz).

---

II - Comment appelle-t-on aujourd'hui l'«oxyde noir» obtenu dans l'oxydation du fer par l'eau ? Quelle est sa formule ? Quelle masse de cet oxyde peut-on obtenir à partir de 274 grains de fer ? Comparez à la valeur trouvée par Lavoisier.

---

III - Lavoisier trouve que l'eau est composée de 15 % d'hydrogène et 85 % d'oxygène. Que pensez vous de la précision de sa mesure ?

**La «République» a utilisé cette découverte de Lavoisier**

La légende veut que la grâce de Lavoisier ait été refusée par ses juges sous le prétexte que la «République n'avait pas besoin de savants». Il meurt donc le 8 mai 1793.

En octobre de la même année le chimiste Guyton de Morveau qui avait participé avec lui à l'établissement de la nouvelle nomenclature est chargé par le Comité de Salut Public de produire de l'hydrogène en grande quantité par le procédé mis au point par Lavoisier. Motif : gonfler les ballons d'observation destinés à l'armée. Le premier de ces aérostats s'élèvera au-dessus du champ de bataille de Fleurus au printemps de 1794. L'armée républicaine avait su utiliser la découverte du savant disparu.

561



# TABLES

## A L'USAGE DES CHIMISTES.

### N<sup>o</sup>. I.

*TABLE pour convertir les onces, gros & grains  
en fractions décimales de livre, poids de marc.*

### TABLE POUR LES GRAINS.

<i>Grains poids de marc.</i>	<i>Fractions décimales de livre correspon- dantes.</i>	<i>Grains poids de marc.</i>	<i>Fractions décimales de livre correspon- dantes.</i>
	livre.		livre.
1	0,000108507	13	0,001410591
2	0,000217014	14	0,001519098
3	0,000325521	15	0,001627605
4	0,000434028	16	0,001736112
5	0,000542535	17	0,001844619
6	0,000651042	18	0,001953125
7	0,000759549	19	0,002061633
8	0,000868056	20	0 002170140
9	0,000976563	21	0,002278647
10	0,001085070	22	0,002387154
11	0,001193577	23	0,002495661
12	0,001302084	24	0,002604168

N n

562

## T A B L E S.

<i>Grains poids de marc.</i>	<i>Fractions décimales de livre correspon- dantes.</i>	<i>Grains poids de marc.</i>	<i>Fractions décimales de livre correspon- dantes.</i>
	livre.		livre.
25	0,002712675	51	0,005533857
26	0,002821182	52	0,005642364
27	0,002929689	53	0,005750871
28	0,003038196	54	0,005859378
29	0,003146703	55	0,005967885
30	0,003255210	56	0,006076392
31	0,003363717	57	0,006184899
32	0,003472224	58	0,006293406
33	0,003580731	59	0,006401913
34	0,003689238	60	0,006510420
35	0,003797745	61	0,006618927
36	0,003906252	62	0,006727434
37	0,004014759	63	0,006835941
38	0,004123266	64	0,006944448
39	0,004231773	65	0,007052955
40	0,004340280	66	0,007161462
41	0,004448787	67	0,007269969
42	0,004557294	68	0,007378476
43	0,004665801	69	0,007486983
44	0,004774308	70	0,007595490
45	0,004882815	71	0,007703997
46	0,004991322	72	0,007812504
47	0,005099829	73	0,007921011
48	0,005208336	74	0,008029518
49	0,005316843	75	0,008138025
50	0,005425350	76	0,008246532

## T A B L E S.

563

<i>Grains poids de marc.</i>	<i>Fractions décimales de livre correspon- dantes.</i>	<i>Grains poids de marc.</i>	<i>Fractions décimales de livre correspon- dantes.</i>
	livre.		livre.
77	0,008355039	89	0,009657123
78	0,008463546	90	0,009765030
79	0,008572053	91	0,009874137
80	0,008680560	92	0,009982644
81	0,008789067	93	0,010091151
82	0,008897574	94	0,010199658
83	0,009006081	95	0,010308165
84	0,009114588	96	0,010416672
85	0,009223095	97	0,010525179
86	0,009331602	98	0,010633686
87	0,009440109	99	0,010742193
88	0,009548616	100	0,010850700

POUR LES GROS.

POUR LES ONCES.

<i>gros</i>	<i>livre.</i>
1	0,0078125
2	0,0156250
3	0,0234375
4	0,0312500
5	0,0390625
6	0,0468750
7	0,0546875
8	0,0625000
9	0,0703125
10	0,0781250
11	0,0859375
12	0,0937500
13	0,1015625
14	0,1093750
15	0,1171875
16	0,1250000

<i>onces.</i>	<i>livre.</i>
1	0,0625000
2	0,1250000
3	0,1875000
4	0,2500000
5	0,3125000
6	0,3750000
7	0,4375000
8	0,5000000
9	0,5625000
10	0,6250000
11	0,6875000
12	0,7500000
13	0,8125000
14	0,8750000
15	0,9375000
16	1,0000000

N n ij

## T A B L E S.

569

## N°. IV.

*T A B L E pour convertir les lignes & fractions de lignes  
en fractions décimales de pouce.*

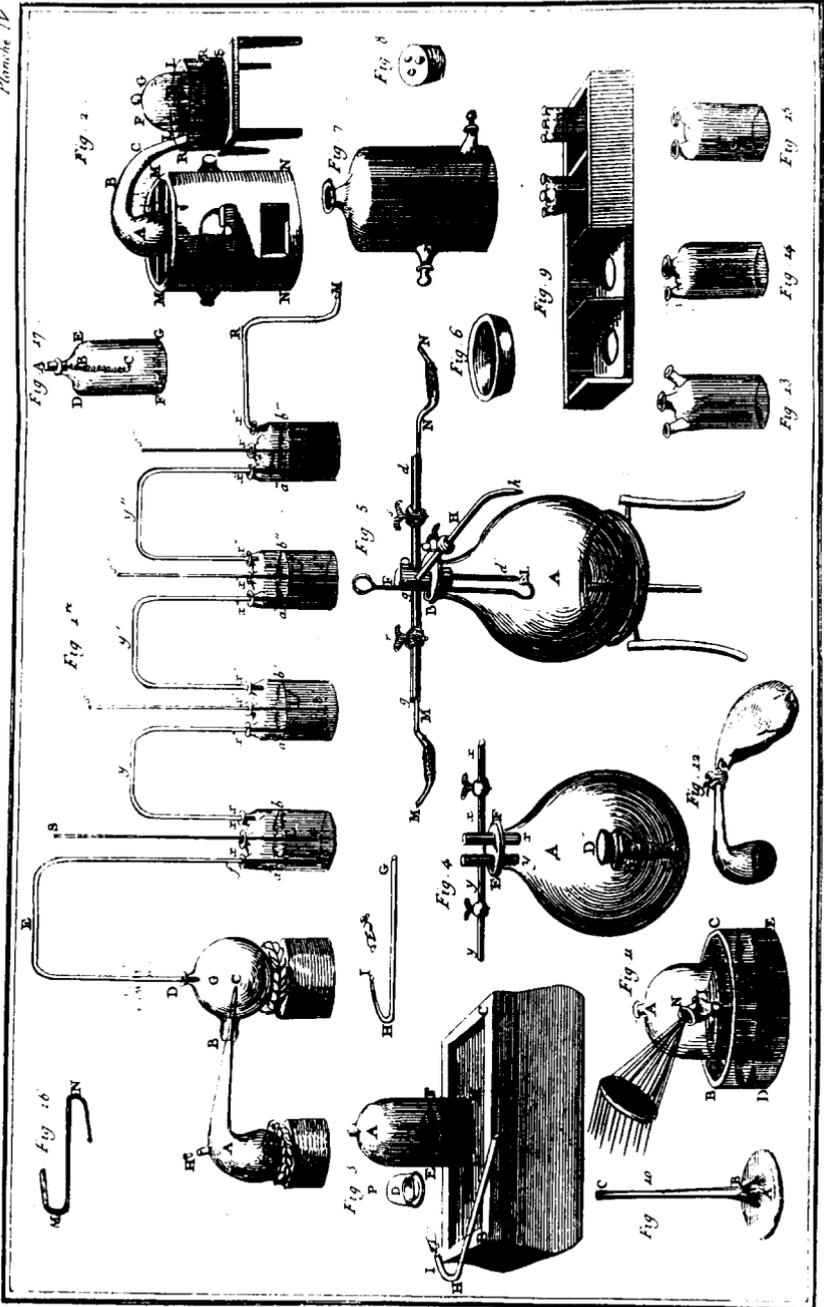
T A B L E  
POUR LES FRACTIONS  
DE LIGNE.

T A B L E  
POUR LES LIGNES.

<i>Douzièmes de lignes.</i>	<i>Fractions décimales de pouce corres- pondantes.</i>
	pouces.
1	0,00694
2	0,01389
3	0,02083
4	0,02778
5	0,03472
6	0,04167
7	0,04861
8	0,05556
9	0,06250
10	0,06944
11	0,07639
12	0,08333

<i>Lignes.</i>	<i>Fractions décimales de pouce corres- pondantes.</i>
	pouces.
1	0,08333
2	0,16667
3	0,25000
4	0,33333
5	0,41667
6	0,50000
7	0,58333
8	0,66667
9	0,75000
10	0,83333
11	0,91667
12	1,00000

Plaque IV



Plaque V

Matériel de laboratoire de Lavoisier.