

2-30-6876

116824593

Biblioteca Universitaria	
GRANADA	
Colección	C
Estante	5
Folio	
Fecha	6-5-68

S

BIBLIOTECA REAL	
GRANADA	
Sala:	A
Estante:	45
Folio:	247

2 400 40



30-4-

1974
 BIBLIOTECA REAL
 GRANADA

DESCRIPTION
DES EXPÉRIENCES
DE LA MACHINE
AÉROSTATIQUE

DE MM. DE MONTGOLFIER,

Et de celles auxquelles cette découverte a donné lieu ;

SUIVIE

DE RECHERCHES sur la hauteur à laquelle est parvenu le Ballon du Champ-de-Mars ; sur la route qu'il a tenue ; sur les différens degrés de pesanteur de l'air dans les couches de l'atmosphère ;

D'UN MÉMOIRE sur le gaz inflammable & sur celui qu'on employé MM. de Montgolfier ; sur l'art de faire les Machines aérostatiques, de les couper, de les remplir, & sur la manière de diffoudre la gomme élastique, &c. &c. ;

D'UNE LETTRE sur les moyens de diriger ces Machines, & sur les différens usages auxquels elles peuvent être employées.

OUVRAGE orné de neuf planches en taille-douce, représentant les diverses Machines qui ont été construites jusqu'à ce jour, particulièrement celle de Versailles, & celle dans laquelle des hommes ont été enlevés jusqu'à la hauteur de 324 pieds, &c. &c.

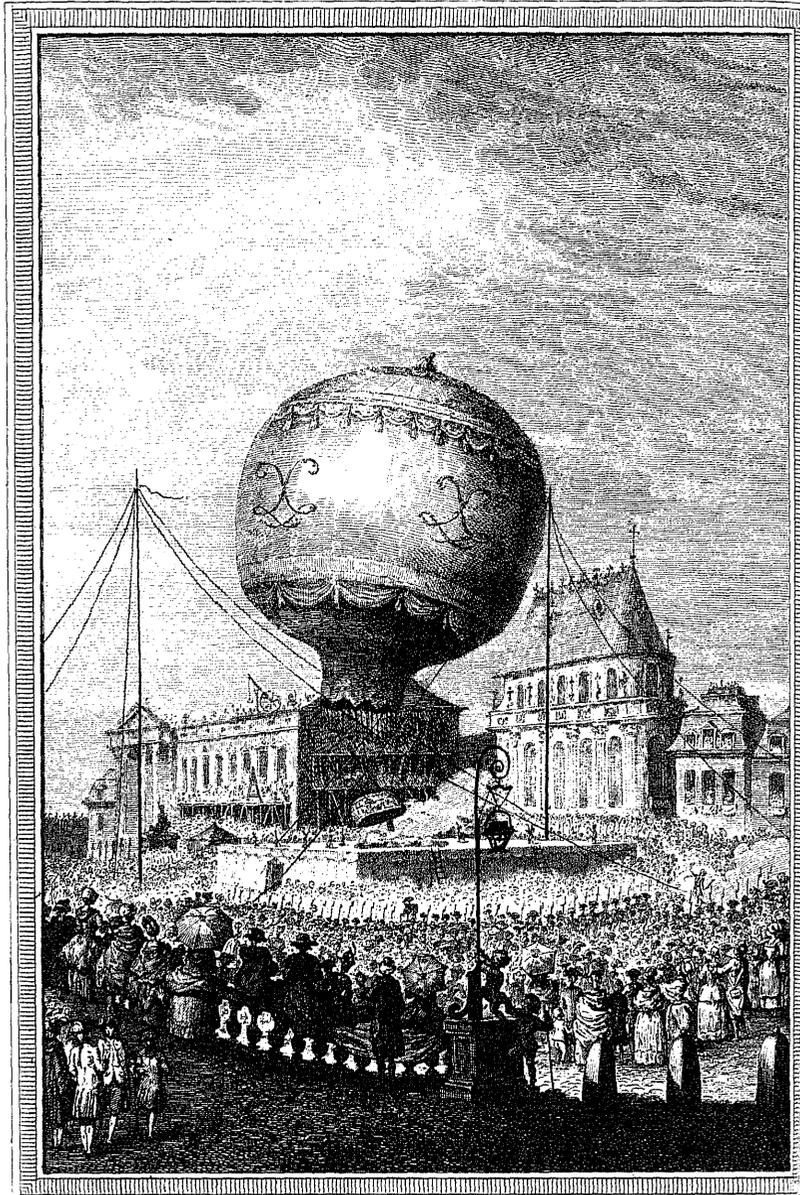
Par M. FAUJAS DE SAINT-FOND.

A PARIS,

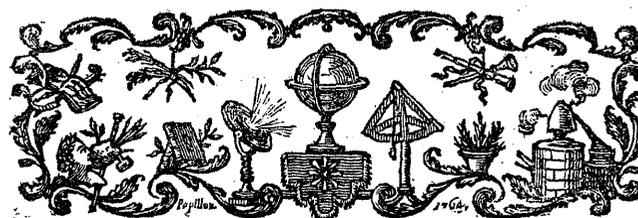
Chez CUCHET, rue & hôtel Serpente.

M. DCC. LXXXIII.

Avec Approbation & Privilège du Roi.



*Expérience faite à Versailles, en présence de leurs Majestés et de la Famille Royale, par M. Montgolfier, le 19. Sept. 1783.
La Machine Aérostatique avoit 57. Pieds de haut, sur 42. de Diamètre.*



MONTGOLFIER nous apprit à créer un nuage ;
Son génie étonnant aussi hardi que sage ,
Sous un immense voile enfermant la vapeur ,
Par la capacité détruit la pesanteur.
Notre audace bientôt en saura faire usage :
Nous soumettrons de l'air le mobile élément ,
Et des champs azurés le dangereux voyage
Ne nous paroitra plus qu'un simple amusement.

Par M. GUDIN DE LA BRENELERIE,

A MONSIEUR
LE COMTE DE VAUDREUIL ,
Grand Fauconnier de France , Maré-
chal des Camps & Armées du Roi ,
Chevalier de l'Ordre du S. Esprit, &c.
&c. &c. &c.

MONSIEUR LE COMTE,

*J'AI l'honneur de vous adresser les dé-
tails d'une découverte qui occupe les
Savans de l'Europe , qui a fait l'objet
des derniers travaux du célèbre Euler ,
& qui fixe dans ce moment l'attention de
plusieurs Souverains.*

Cette étonnante découverte, dont on ne trouve aucune trace dans l'antiquité, est une de celles que l'effort de l'esprit humain paroît avoir saisie le plus tard, quoique le principe en soit simple & à la portée de tout le monde.

Les premiers essais qui en ont constaté le succès, ont été faits au mois de Juin dernier, dans une petite ville de France; & les progrès des expériences répétées à Paris ont été tels, qu'au mois de Novembre suivant, l'on a vu des hommes s'élever & se soutenir sans aucune espèce de danger, à une grande hauteur, & se ménager les moyens de monter & de descendre à volonté.

Des résultats aussi satisfaisans ne peuvent que donner les idées les plus avantageuses d'une Machine, dont les succès iront peut-être quelques jours au-delà de nos espérances, si nous pouvons mettre

de la suite & de la constance dans nos recherches.

Il est vrai que si notre zèle se ralentit, celui de nos voisins en acquerra peut-être plus d'activité; car, puisqu'on va s'occuper en Allemagne, en Russie & en Italie de ces mêmes expériences, il est à presumer que les Anglois qui ont en vénération les Sciences, ne resteront pas dans une indifférence & une oisiveté étrangère à leur caractère.

Quoi qu'il en soit, j'ai cru devoir réunir sous un même point de vue, le tableau de tout ce qui a été fait d'intéressant à ce sujet; mon unique but a été d'être utile à ceux qui voudront suivre le même objet, & de rendre justice en même-temps aux Auteurs de cette découverte.

Je me félicite, dans cette circonstance, de m'être occupé d'un travail qui me procure l'avantage de faire paroître cet

Ouvrage sous vos auspices : votre amour pour les Lettres & les Beaux-Arts vous donne des droits mérités sur tout ce qui leur est relatif ; & l'on ne sauroit trop vous savoir gré de ce que vous les rendez si recommandables , dans une Cour où l'on en sent depuis si long-tems l'utilité , & où l'on s'est toujours fait gloire de les protéger & de les faire fleurir.

Je suis , avec le plus respectueux attachement ,

MONSIEUR LE COMTE ,

Votre très-humble & très-obéissant serviteur,
FAUJAS DE SAINT-FOND.



DISCOURS

PRÉLIMINAIRE.

LA découverte de MM. de Montgolfier a produit une grande sensation dans l'Europe , & elle est incontestablement le fruit du génie ; mais jusqu'à présent les détails des belles expériences qui ont été faites à ce sujet , sont si peu connus , & tout ce qu'on en a rapporté est si vague , & souvent si contradictoire , que les personnes éloignées de la capitale , se sont trouvées dans une incertitude & un embarras qui ne leur a pas permis de suivre une carrière aussi neuve & aussi intéressante.

C'est dans l'intention de parer à cet inconvénient , & de donner aux savans une preuve du désir que j'ai de faire quelque chose qui puisse leur être agréable , que je m'empresse de publier des faits

que j'ai suivis moi-même avec attention; j'ai tâché de ne négliger aucune des circonstances qui pourroient tendre à donner des éclairciffemens sur cette matière.

Toutes les personnes instruites, & qui prennent intérêt aux sciences, ont très-bien senti le mérite de cette découverte, & ont rendu justice à ceux qui en étoient les inventeurs; mais, comme l'on ne doit pas s'attendre que les hommes aient tous le même génie & la même façon de penser, & qu'il en est d'assez malheureusement nés, pour n'approuver que ce qu'ils ont fait eux-mêmes, MM. de Montgolfier ont dû trouver quelques contradicteurs & des jaloux. Ils ont été, à la vérité, en bien plus petit nombre dans un siècle éclairé, que dans un tems où il y auroit eu moins d'instructions; un seul n'a pas craint d'avancer *qu'il avoit eu depuis plus d'un an le projet d'exécuter une Machine aérostatique en taffetas enduit de gomme élastique, qu'il vouloit remplir d'air inflammable.* Mais il

n'est point de découverte que l'ignorance ou la médiocrité n'enlevât au génie, en employant un pareil langage. Quelques autres, moins mal intentionnés, mais nés avec un esprit inquiet, & possédés de la manie de vouloir ôter toute espèce de découverte à leurs contemporains, ont prétendu que MM. de Montgolfier avoient eu parmi les auteurs anciens des guides qui les ont dirigés, & que leur expérience n'est pas nouvelle. Ces derniers voulant prouver leur assertion, se sont enfoncés dans l'érudition, & ont bouleversé des bibliothèques entières; ils ont cité *Lana, Leibnitz, Borelli, le père Galien*, & jusqu'à un manuscrit espagnol, qu'on a d'abord dit exister à la bibliothèque du Roi, & ensuite dans celle de Turin. Comme ce manuscrit n'est certainement pas à Paris, & qu'on n'a donné aucune preuve qu'il fût dans la bibliothèque du Roi de Sardaigne, & sur-tout comme on n'a pas dit un mot de ce qu'il contenoit, il est inutile d'en

(x)

parler davantage. Quant à Leibnitz & à Borelli, ces deux savans, loin de donner des idées sur la manière de s'enlever, en ont au contraire l'un & l'autre nié la possibilité.

Lana & *Galien* méritent plus d'attention ; le livre de ce premier auteur étant très-rare, j'entrerai dans quelques détails à son sujet ; je rapporterai aussi quelques passages curieux du père *Galien*, dont l'ouvrage, tombé dans l'oubli, quoique le fruit d'une imagination vive & systématique, n'est pas dénué de tout mérite.

Le jésuite Pierre-François Lana de Brescia, publia en 1670 un ouvrage italien, qui a pour titre *Prodromo dell'arte maestra. Brescia, 1670, nella stamperia dei Rizzardi*, in-folio, avec des gravures. Ce livre est extrêmement rare, & l'exemplaire que j'ai consulté est celui de la bibliothèque du Roi (1).

(1) Quoique la bibliothèque fût fermée à cause des vacances, M. l'Abbé des Aulnays, qui sacrifie son repos au

(xj)

L'on trouve dans le chapitre 6, le projet de *construction d'un navire qui devoit se soutenir & voyager dans l'air à voile & à rames.*

Les principaux agens de cette machine, consistoient en quatre Sphères ou Globes, dans lesquels le vide parfait devoit être produit. Leur diamètre étoit de 20 pieds ; leur superficie, selon les calculs de l'auteur, de 1232 pieds, & leur solide de 5749 pieds $\frac{1}{3}$. Mais outre que ces proportions ne sont pas exactes, c'est que sa manière d'opérer le vide est des plus défectueuses ; car il exigeoit pour cela de remplir les Ballons d'eau, de les vider, & de fermer tout de suite le robinet par où l'eau devoit s'échapper. Enfin, *Lana* ne donnant à l'épaisseur de son cuivre que $\frac{1}{32}$ de ligne, rendoit l'exécution de ses Globes absolument impossible. Aussi Leibnitz qui a commenté ce projet, conclut avec rai-

soin de sa place & à l'avantage des sciences, a bien voulu se prêter à toutes les recherches qui pouvoient m'intéresser.

fon de l'excessive ténuité de cette enveloppe, que la chose ne pouvoit pas avoir lieu; *quod fieri nequit.*

Comme la gravure qui accompagne l'ouvrage *dell'arte maestra*, représente quatre Ballons qui se soutiennent en l'air, & qui supportent, au moyen de cordages, un bateau avec une voile, les personnes qui ont été à portée d'observer cette planche sans lire le texte, n'ont pas manqué de conclure que MM. de Montgolfier n'ont fait que copier *Lana*; mais l'on voit à présent que leur découverte est absolument étrangère aux idées du Jésuite italien.

L'ouvrage de *Lana* n'étant pas entre les mains de tout le monde, j'ai cru qu'on verroit avec plaisir la forme de son bateau supporté par des Globes, & c'est ce qui m'a déterminé à le faire graver. Voyez la planche IX, copiée très-servilement sur celle de cet auteur.

Le père *Joseph Galien*, dominicain, ancien professeur de philosophie & de

théologie dans l'université d'Avignon, publia en 1755, à *Avignon chez le libraire Fez*, une brochure petit in-12, intitulée *l'art de naviger dans les airs, amusement physique & géométrique, précédé d'un mémoire sur la nature & la formation de la grêle.*

Ce livre dont il y a eu une seconde édition chez le même libraire en 1757, & qui n'avoit été regardé jusqu'à présent que comme un délire d'imagination, n'est pas sans intérêt depuis la découverte de MM. de Montgolfier, & je pense que les lecteurs en verront ici avec plaisir quelques passages. « Nous voici donc » arrivés, dit le père Galien, au moment de la construction de notre vaisseau pour naviger dans les airs & transporter, si nous le voulons, une nombreuse armée avec tous ses attirails de guerre & ses provisions de bouche, jusqu'au milieu de l'Afrique, ou dans d'autres pays non moins inconnus. » Pour cela, il faut lui donner une vaste

(xiv)

» capacité ; qu'importe , il n'en coûtera
» pas davantage , dès que nous ne le
» fabriquerons qu'en idée.

» Plus il fera grand , plus sa pesanteur
» en fera absolument plus grande , mais
» aussi elle en fera moindre respective-
» ment à son énorme grandeur , comme
» peuvent le comprendre ceux qui ont
» quelque teinture de géométrie , & qui
» savent que plus un corps est grand ,
» moins il a à proportion de superficie ,
» quoiqu'il en ait absolument davantage.

» Nous construirons ce vaisseau de
» bonne & forte toile doublée , bien
» cirée ou goudronnée , couverte de peau ,
» & fortifiée de distance en distance de
» bonnes cordes , ou même de cables
» dans les endroits qui en auront besoin ,
» soit en dedans , soit en dehors , en telle
» sorte qu'à évaluer la pesanteur de tout
» le corps de ce vaisseau , indépendam-
» ment de sa charge , ce soit environ
» deux quintaux par toise carrée.

» Quant à la forme qu'il faudra don-

(xv)

» ner à ce vaisseau , on aura assez le loi-
» sir d'y penser , avant que de mettre la
» main à l'œuvre ; contentons-nous pour
» le présent d'examiner si un vaisseau de
» figure cubique , ayant , par exemple ,
» 1000 toises de diamètre , dont le seul
» corps , indépendamment de sa charge ,
» pèseroit 200 livres ou 2 quintaux par
» toise carrée , pourroit se soutenir dans
» l'air à la région de la grêle , supposé
» que la pesanteur de l'air de cette région
» soit à celle de l'eau , comme 1 est à
» 1000 , & que la pesanteur de l'air de
» la région immédiatement au-dessus ,
» ne soit à celle de l'eau que comme 1
» est à 2000.

» Le vaisseau seroit plus long & plus
» large que la ville d'Avignon , & sa
» hauteur ressembleroit à celle d'une
» montagne bien considérable. Un seul
» de ses côtés contiendrait un million
» de toises carrées ; car 1000 est la ra-
» cine carrée d'un million. Il auroit six
» côtés égaux , puisque nous lui don-



(xvi)

» nons une figure cubique. Nous suppo-
» nons aussi qu'il fût couvert ; car , s'il
» ne l'étoit pas, il ne faudroit avoir égard
» qu'à cinq de ses côtés, pour mesurer
» combien pèseroit le corps de tout le
» vaisseau indépendamment de sa cargai-
» son, en lui donnant deux quintaux de
» pesanteur par toise quarrée. Ayant
» donc six côtés égaux, & chaque côté
» étant d'un 1000000 de toises quarrées,
» dont chacune pesant deux quintaux,
» il s'ensuit que le seul corps de ce vaisseau
» pèseroit 12000000 de quintaux, pesan-
» teur énorme, au-delà de dix fois plus
» grande que n'étoit celle de l'arche de
» Noé avec tous les animaux, & tou-
» tes les provisions qu'elle renfermoit ».

Le père Galien interrompt alors ces
détails pour calculer la pesanteur de cette
arche célèbre, & cette épisode l'éloigne,
pour quelque tems, de son vaisseau.
Mais enfin il y revient, & continue ainsi
sa narration.

« Nous voilà donc embarqués dans l'air
» avec

(xvii)

» avec un vaisseau d'une horrible pesan-
» teur. Comment pourra-t-il s'y soutenir
» & transporter avec cela une nomi-
» breuse armée, tout son attirail de
» guerre & ses provisions de bouche,
» jusqu'au pays le plus éloigné? C'est ce
» que nous allons examiner.

» La pesanteur de l'air de la région
» sur laquelle nous établissons notre na-
» vigation, étant supposée à celle de l'eau
» comme 1 à 1000, & la toise cube
» d'eau pesant 15120 livres, il s'ensuit
» qu'une toise cube de cet air pèsera
» environ 15 livres & 2 onces; & celui
» de la région supérieure étant la moitié
» plus léger, la toise cube ne pèsera
» qu'environ 7 livres 9 onces. Ce sera
» cet air qui remplira la capacité du
» vaisseau; c'est pourquoi nous l'appel-
» lerons l'air intérieur, qui réellement
» pèsera sur le fond du vaisseau, à rai-
» son de 7 livres 9 onces par toise cube;
» mais l'air de la région inférieure lui
» résistera avec une force double, de



» forte que celui-ci ne consumera que
 » la moitié de sa force pour le con-
 » trebalancer , & il lui en restera encore
 » la moitié , pour contrebalancer &
 » soutenir le vaisseau avec toute sa
 » cargaison.

» Le vaisseau que nous avons lancé
 » en idée sur la région de la grêle , est
 » de figure cubique ; mille millions de
 » toises cubes pesant chacune 7 livres
 » 9 onces , font 7562500000 livres , ou
 » 75625000 quintaux. Notre vaisseau se
 » soutiendra donc dans la région où nous
 » l'avons placé , pourvu qu'avec sa car-
 » gaison , il ne pèse pas au-delà de
 » 75625000 quintaux. Mais parce que ,
 » pour naviger sans danger évident , il
 » faut que le vaisseau élève ses bords
 » jusqu'à une certaine hauteur au-dessus
 » de son fluide , autrement , à la moin-
 » dre secousse , le fluide y entreroit , &
 » le feroit couler à fond ; allégeons notre
 » vaisseau de 5625000 quintaux , & ne
 » lui laissons pour tout son poids avec sa

» cargaison , que 70000000 de quintaux.
 » Par le moyen de cet allégement , qui
 » feroit un peu plus que la douzième
 » partie de tout le poids , ce vaisseau
 » s'éleveroit au-delà de 83 toises au-
 » dessus du niveau de la région de la grêle
 » sur laquelle il navigeroit.

» Qui de 70000000 quintaux , ôte
 » 12000000 quintaux que pèseroit le
 » seul corps du vaisseau , reste encore
 » pour sa cargaison 58000000 quintaux ;
 » ce qui iroit 54 fois au-delà de ce que
 » pouvoit peser l'arche de Noë avec
 » tout ce qu'elle contenoit d'animaux
 » & de provisions pour un an que
 » dura le déluge. Quand bien
 » même il entreroit dans notre vais-
 » seau quatre millions de personnes ,
 » pesant chacune trois quintaux , ce qui
 » est un poids au-dessus de ce que pèse
 » le commun des hommes , & que nous
 » permettrions à chacune de ces person-
 » nes d'avoir avec lui 9 quintaux en
 » provision ou en marchandises , tout

» cela ne feroit qu'une charge de quarante-
 » huit millions de quintaux. Il s'en man-
 » queroit donc encore dix millions de
 » quintaux, pour son entière cargaison.

» Je comprends donc qu'il ne feroit
 » pas nécessaire de construire, pour no-
 » tre navigation aérienne, des vaisseaux
 » d'une si prodigieuse grandeur.

» Quant à la forme qu'il faudroit
 » donner à ces vaisseaux, elle feroit
 » fans doute bien différente de celle
 » dont nous venons de parler. Il y au-
 » roit beaucoup de choses à ajouter ou
 » à réformer, pour les rendre com-
 » modes, & bien des précautions à
 » prendre pour obvier aux inconvé-
 » niens; mais ce font des choses que
 » nous laissons aux sages réflexions de
 » nos habiles machinistes.

» Cette navigation, au reste, ne fe-
 » roit pas si dangereuse que l'on pour-
 » roit se l'imaginer: peut-être le feroit-
 » elle moins que celle de mer. Dans
 » celle-ci, tout est perdu lorsque le

» vaisseau vient à couler à fond; au-
 » lieu que le cas arrivant dans celle-là,
 » on se trouveroit doucement mis à
 » terre, au grand contentement de ceux
 » qui feroient ennuyés de voguer entre
 » le ciel & la terre, & qui aimeroient
 » mieux venir nous raconter ce qu'ils
 » auroient vu se passer dans ce haut pays
 » des nues, que de continuer leur route.

» Le vaisseau, en descendant ici bas,
 » iroit avec une lenteur à ne rien faire
 » craindre de funeste pour les gens de
 » dedans, la vaste étendue de la colonne
 » d'air de dessous s'opposant à la vitesse
 » de sa chute. D'ailleurs ce vaisseau,
 » après même s'être submergé & rempli
 » d'air grossier, ne pèseroit jamais un
 » tiers de plus qu'un pareil volume de
 » cet air. Il viendroit donc à terre beau-
 » coup plus lentement que ne peut faire
 » la plume la plus légère, puisque cette
 » plume, malgré sa légèreté, pèse grand
 » nombre de fois plus que l'air en pareil
 » volume, & par conséquent beaucoup

» plus à proportion des masses, que
 » ne feroit notre vaisseau submergé ».

Je me suis laissé insensiblement entraîner à transcrire ici tout ce que le père Galien a dit de plus remarquable sur la construction & l'usage de son vaisseau ; j'avoue de bonne foi que cette espèce de rêve philosophique qui avoit passé jusqu'à ce jour pour le délire le plus complet, a dans ce moment je ne fais quoi de curieux & d'intéressant qui attache.

L'idée de ce vaisseau, d'une capacité immense, fait avec une enveloppe de toile ou de cuir, & plein d'un air une fois plus léger que l'air atmosphérique, présente une espèce de rapport qui se rapproche jusqu'à un certain point de l'expérience de la Machine aérostatique ; & l'intérêt qu'on a pris à la découverte de MM. de Montgolfier, influe avantageusement sur la théorie hardie, mais ingénieuse du docteur dominicain.

Il est incontestable, en supposant que

MM. de Montgolfier aient eu connoissance de ce livre, qu'ils n'ont pu y puiser aucun des moyens analogues à ceux qu'ils ont employés ; le père Galien ayant besoin d'un air plus léger que l'air atmosphérique, ne pouvoit le trouver que dans la région de la grêle, & il y transportoit son vaisseau sur les ailes de l'imagination, pour y prendre des provisions de cet air. MM. de Montgolfier au contraire, cherchant un air aussi léger, savent le créer, & le produisent à volonté. L'un, semblable à Cyrano de Bergerac, voyage dans l'empire des chimères (1) ; les deux autres, éclairés par le flambeau du génie, calculant des

(1) Une preuve que le père Galien, en donnant son *Traité sur l'art de naviguer dans les airs*, n'avoit jamais prétendu faire un ouvrage sérieux, c'est qu'il s'exprime dans un avertissement qui est à la tête de son livre, de la manière suivante : « Quant à la conséquence ultérieure de pouvoir naviguer dans l'air, à la hauteur de la région de la grêle, je ne pense pas que cela expose jamais personne aux frais & aux dangers d'une telle navigation ; il n'est question ici que d'une

forces nouvelles , & les dirigeant avec méthode , débutent par une expérience faite pour étonner l'esprit humain.

M. de la Folie, de Rouen , auteur d'un roman philosophique publié en 1775 , in-8°. sous le titre du *Philosophe sans prétention* , ou *l'homme rare* , fit placer à la tête de son livre une gravure qui représente un homme dans une espèce de cage garnie de nuages , couronnée par deux Globes , & suspendue en l'air. Plusieurs personnes qui se sont contentées de voir l'estampe sans lire l'ouvrage , n'ont pas manqué de publier que ce nouveau char volant avoit donné à MM. de Montgolfier l'idée de la Machine aérostatique ; mais en rapprochant les passages du livre de l'académicien de Rouen , nous verrons bientôt que sa manière de construire des globes , & de se diriger dans l'air , n'a absolument aucun rap-

» simple théorie sur la possibilité , & je ne la propose ,
 » cette théorie , que par manière de *récréation physique*
 » & *géométrique* ».

port avec les procédés savans de MM. de Montgolfier.

L'auteur du Roman , après avoir mis plusieurs interlocuteurs en scène , en fait parler un qu'il nomme *Sciniilla* , par allusion à l'électricité , de la manière suivante :

« J'ai cru ne pas devoir différer un
 » seul moment à vous faire part d'une
 » découverte intéressante. Depuis long-
 » tems les hommes ont cherché par
 » quelles loix mécaniques ils pourroient
 » franchir les espaces aëriens. Je suis flatté
 » de pouvoir vous offrir aujourd'hui la
 » réussite de mes recherches. La voici ,
 » dit-il : Deux esclaves ont porté mon
 » appareil sur la plate-forme de notre
 » tour ; rendons-nous-y ». Douze pages
 témoins de ce discours se rendent au lieu
 indiqué , & l'un deux après avoir sa-
 vamment disserté sur la force & sur l'é-
 cart des leviers , passe à la description de
 la Machine dans les termes suivans. » Je
 » vis deux Globes de verre de trois pieds

(xxvj.)

» de diamètre , montés au-dessus d'un
» petit siège assez commode. Quatre
» montans de bois , couverts de lames de
» verre , soutenoient ces deux Globes.
» Dans l'intervalle de ces montans pa-
» roissoient quelques ressorts que je ju-
» geai devoir donner le mouvement
» aux deux Globes. La pièce inférieure
» qui servoit de soutien & de base au
» siège , étoit un plateau enduit de cam-
» phre & couvert de feuilles d'or. Le
» tout étoit entouré de fil de métal.
» Aussi-tôt que j'eus apperçu cette Ma-
» chine électrique d'une nouvelle forme ,
» je devins incrédule sur la réussite de
» Scintilla.

» Scintilla , dont le corps étoit aussi
» alerte que l'imagination , monte les-
» tement sur sa mécanique , & pouf-
» fant promptement une détente , nous
» vîmes les deux Globes tourner avec
» une rapidité prodigieuse. Messieurs ,
» dit-il , vous voyez que pour m'élever
» en l'air , mon principal moyen est

(xxvij)

» d'annuller au-dessus de ma tête la
» pression de l'atmosphère. Observez que
» la percussion de la lumière agit ac-
» tuellement au-dessous de ma mécha-
» nique. C'est elle qui va m'enlever sans
» beaucoup d'efforts , & maître du mou-
» vement de mes Globes , je descen-
» drai ou monterai en telle propor-
» tion qu'il me plaira. Vous voyez en-
» core... Mais nous ne l'entendions
» plus , la Machine entourée tout-à-
» coup d'un cercle lumineux , s'étoit
» enlevée avec la plus grande vitesse.
» Jamais spectacle si nouveau & si beau
» ne s'offrit à nos yeux. Nous le vîmes
» pendant quelque tems rester immo-
» bile , puis redescendre , puis s'élever
» de nouveau. Enfin , nous le perdîmes
» de vue ». Chap. III , pag. 28 & suiv.

L'on voit clairement , par ce que je
viens de rapporter , qu'il n'est ques-
tion dans la Machine imaginaire & ro-
manesque de M. de la Folie , ni d'in-
vention ni de procédé qui ait pu éclairer

les auteurs de la Machine aérostatique.

Enfin, l'on a dit que M. Cavallo à Londres, après avoir fait des bulles de savon avec de l'air inflammable, avoit conclu de leur extrême légèreté & de leur tendance à s'enlever, qu'on pourroit, en donnant à l'air inflammable une enveloppe solide & imperméable, faire soutenir des corps considérables en l'air; mais nous allons voir encore par le témoignage d'un des amis de M. Cavallo lui-même, jusqu'à quel point ce physicien a poussé ses essais sur l'air inflammable. C'est de M. Brouffonet, très-habile naturaliste, & qui a vu opérer M. Cavallo, que je tiens les détails que je vais rapporter ici.

« En 1781, M. Cavallo avoit déjà fait
 » élever des bulles d'eau de savon pleines
 » d'air inflammable; cette expérience lui
 » avoit fait voir la possibilité de faire
 » élever des corps considérables dans
 » l'air. Il fit un sac oblong de trois à
 » quatre pieds de largeur en papier très-

» fin; mais il fut fort étonné de voir,
 » quand il voulut le remplir, que le gaz
 » inflammable passoit au travers du pa-
 » pier. Il essaya après cela de remplir
 » du même gaz des vessies de cochon,
 » qu'il ne put jamais parvenir à rendre
 » assez légères. Les vessies de poisson
 » qu'il employa encore, furent dans le
 » même cas. Il étoit pour lors persuadé
 » qu'il pourroit réussir en faisant une
 » bourse avec l'espèce de peau dont
 » se servent les batteurs d'or, collées les
 » unes avec les autres; mais je ne pense
 » pas qu'il ait jamais mis ce projet en
 » exécution; ainsi quoique persuadé de
 » la possibilité de faire enlever dans
 » l'air des corps au moyen de l'air
 » inflammable, il ne réussit qu'avec les
 » bulles d'eau de savon (1). Quand bien

(1) L'idée d'employer la peau dont se servent les batteurs d'or, s'étoit présentée à M. Cavallo à Londres; mais l'on vient de voir qu'elle resta sans exécution. M. Deschamps, peintre, qui ne connoissoit certainement pas ce qu'avoit pu faire M. Cavallo, imagina, après

» même MM. de Montgolfier auroient eu

la découverte de M. de Montgolfier, de faire des Globes en papier, qui ne retinrent pas mieux l'air inflammable que ceux faits à Londres; il se servit ensuite de peau de boudin, & les Ballons s'enlevèrent. Quelques jours avant que M. Deschamps fit connoître la matière qu'il employoit, M. le marquis d'Arlandes, qui cultive avec succès plusieurs parties de la physique, s'étoit déjà muni de la même peau des batteurs d'or, pour faire de semblables Ballons, & il en fit exécuter plusieurs pour son amusement, qui ne parurent à la vérité, qu'après ceux de M. Deschamps.

M. Têtu, jeune physicien, en construisit aussi de très-élégans; M. Bayer & d'autres personnes suivirent cet exemple.

Deux siècles auparavant, Jules-César & Scaliger, différaient contre Cardan, au sujet de la colombe volante d'Architas, & donnant la manière dont il croyoit qu'on pouvoit exécuter une colombe pareille, propose, comme un point essentiel, de faire usage de la peau des batteurs d'or. Ce qu'il a écrit à ce sujet, mérite de trouver place ici.

« Volanti columbæ maniculum, cujus auctorem Archi-
 » tam tradunt, vel facillimè profiteri audeo. Naviculum
 » spontè mobilem ac sui remigii auctorem faciam nullo
 » negotio. Eadem ratio cum volante avicula. Materia
 » ex junci medula parabilis, vesiculis amicta aut pel-
 » liculis cuibus auri bracteores, atque foliatores
 » (sic enim libet nunc) utuntur, nervulis obvoluta:
 » ubi semi-circulus rotam impulerit, motum præstabit
 » aliarum quibus alæ agitantur », &c. Scaliger de
 subtilitate ad Cardanum exercit, 326.

» connoissance de ces expériences, ce
 » qui ne paroît pas trop probable, on
 » ne fauroit en aucune manière leur dis-
 » puter le titre d'inventeurs, puisque l'air
 » qu'ils ont employé n'est pas le même, &
 » que la Machine qu'ils ont faite est d'une
 » nature entièrement différente de tout ce
 » que M. Cavallo avoit essayé à ce sujet ».

En voilà assez, je pense, sur cet objet; il me reste à dire un mot sur l'Ouvrage que je publie. Le peu de tems que j'ai eu pour mettre en ordre mes observations, m'oblige de réclamer la plus grande indulgence de la part des lecteurs.

J'ai cru que la meilleure manière de faire connoître les expériences aérostatiques faites jusqu'à ce moment, étoit de les décrire dans l'ordre & aux époques où elles ont eu lieu, en commençant par celle d'Annonay du 5 juin 1783, qui fixe la date de cette belle découverte.

J'ai décrit les appareils dont on a fait usage pour ces diverses expériences,

(xxxij)

& je me suis attaché à faire connoître ceux qui m'ont paru les plus avantageux pour développer les gaz ; ce qui m'a nécessairement mis dans le cas de parler de l'air inflammable , & de l'espèce de vapeur dont MM. de Montgolfier remplissent leur Machine.

Comme plusieurs personnes ont paru désirer connoître la manière la plus simple & la plus commode pour construire des Globes de toute grandeur en taffetas ou en toile , & leur donner une forme sphérique exacte , je suis entré dans quelques détails à ce sujet.

Le gaz inflammable , & l'espèce de vapeur qui fait élever les Machines aérotatiques de MM. de Montgolfier , étant les seules émanations connues jusqu'à ce jour , comme les plus propres à remplir cet objet , & comme celles à qui l'on doit donner la préférence , je fais quelques recherches sur cette matière.

Le peu de tems que j'ai eu & qui a presque été sans cesse interrompu par celui

(xxxiiij)

celui qu'il a fallu donner aux diverses expériences qui ont été faites , & que j'ai été bien aise de suivre avec attention , ne m'ayant permis que d'ébaucher pour ainsi dire cet Ouvrage , j'ose espérer que les personnes qui le liront voudront bien avoir égard aux circonstances où je me suis trouvé , & à l'empressement que j'ai eu de me rendre au désir qu'a témoigné le Public de jouir promptement des détails de tout ce qui a été fait jusqu'à présent relativement à ces expériences.

Les lecteurs en seront dédommagés par une lettre intéressante , qui m'a été adressée par M. de Meusnier , officier du Génie , dans laquelle on trouvera les plus savantes observations sur le Ballon du Champ de Mars , depuis l'instant de son ascension , jusqu'à celui de sa chute à *Ecouen* près de *Gonesse*. Cette lettre renferme des détails instructifs sur la pesanteur de l'air , & sur les

* c

différentes couches de l'atmosphère.

J'ai cru devoir aussi faire imprimer une lettre qui m'a été adressée par un anonyme. Les personnes que cette découverte intéresse, y trouveront quelques vues systématiques sur le parti qu'on peut tirer des Machines aérostatiques, & sur l'art de les diriger.

Enfin, j'ai accompagné ce livre de plusieurs planches, dessinées d'après nature avec une exactitude extrême, & qui donneront une idée précise des expériences qui ont été faites, & des Machines qu'on a employées.

Comme on se propose de faire incessamment de nouvelles expériences à Paris, & qu'on a le projet d'en tenter une à Lyon, avec une Machine aérostatique de cent pieds de diamètre, sous la direction de M. de Montgolfier l'aîné, je m'empresserai de faire connoître, par un supplément, le résultat de ces diverses expériences. D'un autre côté, deux acadé-

miciens de la société royale de Londres, & des savans de Pétersbourg & de Florence, ayant bien voulu m'annoncer que je serois très-exactement instruit de tout ce qui sera fait à cette occasion dans ces dernières villes, je me ferai un devoir de publier en même-tems tout ce qui m'aura été communiqué, au sujet de ces diverses expériences.



T A B L E

D E S A R T I C L E S .

<i>Expérience faite à Annonay en Vivarais, le 5 Juin 1783,</i>	page 1
<i>Expérience faite à Paris, au Champ-de-Mars, le 27 Août 1783, avec un Ballon de taffetas enduit de gomme élastique, plein d'air inflammable tiré du fer,</i>	7
<i>Expériences faites avec de petits Ballons en peau de beaudruche,</i>	22
<i>Expérience avec un Ballon de 70 pieds de hauteur, sur 40 de diamètre, faite par M. de Montgolfier, le 12 Septembre 1783, en présence de MM. les Commissaires de l'académie royale des sciences,</i>	29
<i>Expérience faite par M. de Montgolfier à Versailles, le 19 Septembre 1783, en présence du Roi & de la Famille Royale, avec une Machine aérostatique de 57 pieds de hauteur sur 41 de diamètre,</i>	36
<i>Lettre de M. de Meusnier, Officier au Corps royal du génie, à M. Faujas de Saint-Fond, sur la force d'ascension du Ballon parti du Champ-de-Mars, sur la marche qu'il a tenue</i>	

<i>après avoir percé la nue, sur la hauteur à laquelle l'air inflammable a pu réagir contre son enveloppe, suivie de recherches sur les degrés de pesanteur des différentes couches de l'atmosphère, &c.</i>	49
<i>Du gaz inflammable & des corps les plus propres à en produire,</i>	163
<i>Moyen de l'obtenir par l'acide vitriolique & le fer, en le faisant passer par l'eau,</i>	168
<i>Du gaz de M. de Montgolfier, de la manière la plus avantageuse de l'obtenir,</i>	176
<i>Observation sur ce gaz,</i>	178
<i>Des vapeurs en général, & des vapeurs vésiculaires,</i>	183
<i>Tentatives à faire pour imiter un nuage,</i>	187
<i>Du caoutchouc, connu sous le nom de gomme élastique, & de la manière de dissoudre cette substance végétale,</i>	190
<i>Lettre à M. Faujas de Saint-Fond sur la manière de diriger les Machines aérostatiques, & sur les différens usages auxquels elles peuvent être employées,</i>	196
<i>Lettre de M. Bourgeois,</i>	262
<i>Expériences faites à Paris avec une Machine aérostatique, dans laquelle des hommes se sont élevés à la hauteur de 324 pieds,</i>	268
<i>Lettre de M. de Montgolfier à M. Faujas de Saint-Fond,</i>	277

<i>Lettre de M. Giroud de Villette,</i>	279
<i>Lettre écrite de S. Pétersbourg à M. Sage, de l'Académie royale des sciences, au sujet des Machines aérostatiques,</i>	281
<i>Lettre de M. Pilatre de Rozier à M. Faujas de Saint-Fond,</i>	284
<i>Calcul de la quantité de gaz inflammable, obtenu par la combinaison du fer avec l'acide vitriolique, & du zinc avec l'acide marin,</i>	285
<i>Tableau comparatif des principales dimensions des Machines aérostatiques à air inflammable, avec diverses enveloppes, & des poids qu'elles peuvent enlever, en supposant l'air inflammable dans le rapport de 1 à 8,</i>	290
<i>Equilibre des Machines en toile, remplies, suivant les procédés de MM. de Montgolfier, en supposant l'air qui y est contenu moitié moins pesant que l'air atmosphérique, & le poids de l'enveloppe à 2 onces par pied,</i>	291
<i>Expérience faite à Lyon par M. de Montgolfier l'aîné,</i>	293
<i>Méthode graphique pour couper les fuseaux d'un Globe,</i>	295
<i>Description du robinet représenté dans la Planche I,</i>	296
<i>Description de la caisse à air inflammable, représentée Planche II,</i>	297

AVIS AU LECTEUR

Concernant les Planches.

LA précipitation avec laquelle cet ouvrage a été imprimé pour répondre aux pressantes sollicitations du Public, a produit quelques erreurs sur les renvois des *Planches*; mais au moyen de l'explication suivante, le lecteur pourra facilement se reconnoître, & corriger lui-même les erreurs.

Ordre des Planches.

Les Planches I & II ont rapport à l'expérience faite au Champ-de-Mars, & leur explication est à la fin de l'ouvrage.

La Planche III a rapport à la même expérience, & son indication doit être à la page 10.

La Planche IV a rapport à l'expérience faite en présence de MM. les Commissaires de l'Académie royale des sciences, & son indication doit être à la page 30.

La Planche V a rapport à l'expérience faite à Versailles, & son indication doit être à la page 45. Cette Planche étant plus ornée que

(xl).

les autres, est placé à la tête de l'ouvrage.

Les Planches VI & VII ont rapport à la lettre de M. Meunier. Au bas de la Planche VII sont les Figures 5 & 6 qui ont rapport à la méthode graphique pour couper les fuseaux d'un Globe, & leur indication doit être à la page 295.

La Planche VIII a rapport à l'expérience où des hommes se sont élevés à la hauteur de 324 pieds, & son indication doit être à la page 269.

La Planche IX a rapport au discours préliminaire, & son indication doit être à la page xij de ce Discours.

Le portrait de MM. de Montgolfier a été dessiné & gravé par M. Delaunay le jeune; il se vend, à Paris, chez l'Auteur, & chez Cuchet, Libraire, rue & hôtel Serpente, prix 1 liv. 4 sols.



EXPÉRIENCE



EXPÉRIENCE

FAITE

A ANNONAY EN VIVARAIS,

LE 5 JUIN 1783,

PAR MM. DE MONTGOLFIER.

MESSEURS Etienne & Joseph de Montgolfier, propriétaires d'une des belles manufactures de papier à Annonay en Vivarais, nés avec le goût des connoissances utiles, & doués d'un génie observateur, employoient leur loisir à l'étude de la physique; après avoir médité long-tems sur l'ascension des vapeurs dans l'atmosphère, où elles se réunissent pour former des nuages qui, malgré leurs masses & leur pesanteur, se soutiennent non-seulement à de grandes hauteurs, mais encore flottent & voyagent au gré des vents, ils entre-

A

virent la possibilité d'imiter la Nature dans une de ses plus grandes & de ses plus majestueuses opérations.

Ils conçurent dès-lors l'idée hardie de former, à l'aide d'une vaste enveloppe & d'une vapeur légère, une espèce de nuage factice que la seule pesanteur de l'air atmosphérique forceroit de s'élever jusqu'à la région où les orages & les tempêtes prennent naissance. L'idée seule de ce projet suppose nécessairement du génie, son exécution du courage, & une tête organisée de manière à trouver des ressources pour parer à la multitude d'obstacles qui devoient environner une entreprise de cette espèce.

Il y a loin sans doute d'une expérience de cabinet, quelque délicate & quelque ingénieuse qu'elle puisse être, à celle où il faut que l'homme combine des moyens pour imiter la Nature dans une opération qui n'avoit encore été tentée par personne; car tout ce qui avoit été fait jusqu'alors pour s'élever dans l'air, n'étant fondé que sur de faux calculs, ou sur des pratiques chimériques, n'avoit abouti qu'à jeter un ridicule mérité sur ceux qui s'obstinoient à prendre la route la plus opposée au véritable but.

Messieurs de Montgolfier, dirigés par de

meilleurs principes, après avoir profondément réfléchi sur le projet qui les occupoit, après s'être familiarisés avec cette grande idée, après avoir enfin réuni les moyens de son exécution, osèrent faire leur premier essai dans une ville où toutes les ressources de l'art sembloient leur manquer.

Le jeudi 5 Juin 1783, l'Assemblée des Etats particuliers de Vivarais se trouvant à Annonay, fut invitée par les Auteurs de la Machine aérostatique à assister à l'expérience qu'ils se proposoient de faire en public.

Quelle fut la surprise des Députés, quelle fut celle des spectateurs, lorsqu'on vit sur la place publique une espèce de ballon de cent dix pieds de circonférence, retenu par son pôle inférieur sur un châssis en bois de seize pieds de surface! Cette vaste enveloppe & son châssis pesoient cinq cens livres; elle pouvoit contenir vingt-deux mille pieds cubes de vapeur (*).

(*) Voici la note qui m'a été communiquée par M. de Montgolfier le jeune.:

La Machine aérostatique, dont l'expérience fut faite devant Messieurs des Etats particuliers de Vivarais, le jeudi 5 Juin 1783, étoit construite en toile doublée de papier, cousue sur un réseau de ficelle fixé aux toiles. Elle étoit à-peu-près de forme sphérique, & sa circon-

Quel fut l'étonnement général, lorsque les Inventeurs d'une telle Machine annoncèrent qu'aussitôt qu'elle seroit pleine d'un gaz qu'ils avoient le moyen de produire à volonté par le procédé le plus simple, elle

férence étoit de cent dix pieds ; un châssis en bois de seize pieds en quarré, la tenoit fixée par le bas. Sa capacité étoit d'environ 22000 pieds cubes ; elle déplaçoit donc, en supposant la pesanteur moyenne de l'air, comme $\frac{1}{800}$ de la pesanteur de l'eau, une masse d'air de 1980 livres.

La pesanteur du gaz étoit à-peu-près moitié de celle de l'air, car il pesoit 990 livres ; & la Machine pesoit avec le châssis 500 livres. Il restoit donc 490 livres de rupture d'équilibre, ce qui s'est trouvé conforme à l'expérience. Les différentes pièces de la Machine étoient assemblées par de simples boutonnières arrêtées par des boutons ; deux hommes suffirent pour la monter & pour la remplir de gaz, mais il en fallut huit pour la retenir, & qui ne l'abandonnèrent qu'au signal donné : elle s'éleva par un mouvement accéléré, mais moins rapide sur la fin de son ascension, jusqu'à la hauteur d'environ 1000 toises. Un vent à peine sensible vers la surface de la terre, la porta à 1200 toises de distance du point de son départ. Elle resta dix minutes en l'air ; la déperdition du gaz par les boutonnières, par les trous d'aiguilles & autres imperfections de la Machine, ne lui permit pas d'y rester davantage. Le vent, au moment de l'expérience, étoit au midi, & il pleuvoit ; la Machine descendit si légèrement qu'elle ne brisa ni les ceps, ni les échelas de la vigne, sur lesquels elle se reposa.

s'enlèveroit d'elle-même jusqu'aux nues ! Il faut convenir alors que, malgré la confiance qu'on avoit aux lumières & à la sagesse de Messieurs de Montgolfier, cette expérience paroissoit si incroyable à ceux qui alloient en être les témoins, que les personnes les plus instruites, celles même qui étoient le plus favorablement prévenues, doutoient presque sans balancer, de son succès.

Enfin, Messieurs de Montgolfier mettent la main à l'œuvre, ils procèdent au développement des vapeurs qui devoient produire le phénomène ; la Machine qui ne présentoit alors qu'une enveloppe de toile doublée en papier, qu'une espèce de sac gigantesque de trente-cinq pieds de hauteur, déprimé, plein de plis & vide d'air, se gonfle, grossit à vue d'œil, prend de la consistance, adopte une belle forme, se tend dans tous les points, fait effort pour s'enlever : des bras vigoureux la retiennent, le signal est donné, elle part & s'élance avec rapidité dans l'air, où le mouvement accéléré la porte en moins de dix minutes à mille toises d'élévation.

Elle décrit alors une ligne horizontale de sept mille deux cents pieds, & comme elle perdoit considérablement de son gaz, elle descendit lentement à cette distance, & elle

se feroit sans doute soutenue bien plus longtemps en l'air, si l'on avoit eu la facilité de porter dans son exécution la solidité & l'exactitude qu'elle exigeoit ; mais le but étoit rempli, & cette première tentative, couronnée d'un aussi heureux succès, mérite à jamais à Messieurs de Montgolfier la gloire d'une des plus étonnantes découvertes.

Pour peu qu'on veuille réfléchir sur les difficultés sans nombre que présentoit une expérience aussi hardie, sur la critique amère à laquelle elle exposoit ses Auteurs, si elle eût manqué par quelque accident, sur les dépenses qu'elle a entraînées, l'on ne peut s'empêcher d'avoir la plus grande admiration pour les Auteurs de la Machine aérostatique.



EXPÉRIENCE

*FAITE à Paris au Champ de Mars, le
27 Août 1783, à cinq heures du soir,
avec un Ballon de taffetas enduit de
gomme élastique, plein d'air inflammable,
tiré du fer.*

LES détails de la belle expérience de Messieurs de Montgolfier ne furent pas plutôt connus à Paris, que les Amateurs de la physique s'occupèrent sans perdre un moment, du projet de la répéter. Le procès-verbal dressé par les Etats particuliers de Vivarais, ainsi que les lettres venues d'Annonay, ne faisoient pas mention de l'espèce de gaz qui avoit été employé ; on favoit simplement que la vapeur dont ces Messieurs s'étoient servis, étoit une fois plus légère que l'air atmosphérique ; les Physiciens n'eurent donc pas de peine à comprendre qu'il s'agissoit d'un gaz différent de l'air inflammable qui est dix fois plus léger que l'air ordinaire ; & l'on conçut très-bien que ce n'étoit pas par ignorance que les Auteurs de la Machine n'avoient pas fait usage de l'air tiré du fer ; car l'on fait qu'ils sont versés dans la chimie & dans la physique ; mais ils avoient

été arrêtés par les difficultés de se procurer quarante mille pieds cubes d'air inflammable dans une ville dépourvue de toute ressource à cet égard : leur procédé étoit d'ailleurs beaucoup plus simple & bien moins dispendieux, mais il étoit encore inconnu. Il fallut donc avoir recours à d'autres moyens.

La légèreté de l'air inflammable étoit faite pour séduire ; mais comment oser tenter une expérience en grand dans ce genre ? dans quoi retenir une vapeur aussi subtile ? L'on ne fut pas long-tems à se décider ; le taffetas enduit de gomme élastique de M. Bernard, étoit connu, il en existoit des magasins à Paris. D'autres Artistes qui avoient cherché à l'imiter, vendoient des taffetas vernis au succin, à la gomme copale, à l'encoustique, &c. Enfin les moyens ne manquoient pas de ce côté-là. L'on se décida pour le taffetas enduit de gomme élastique ; & l'on borna le diamètre de la Machine à douze pieds environ, tant à cause du prix de l'enveloppe, que de la cherté de l'air inflammable, & des difficultés qu'il y avoit à s'en procurer promptement une grande quantité.

La chose ainsi arrêtée, l'on ouvre une souscription : le projet de cette expérience ayant couru de bouche en bouche, chacun en est

frappé, & tous s'empresrent de venir se faire inscrire. Bientôt les noms les plus illustres décorent le tableau de cette *première souscription nationale* ; elle mérite ce nom, rien n'avoit été écrit, rien n'avoit été annoncé dans aucun papier public, & tout le monde accouroit en foule pour contribuer à cette curieuse expérience.

Enfin le 23 Août, la Machine étant fabriquée, sa forme offrit celle d'un globe de douze pieds deux pouces de diamètre ; l'exécution en parut belle & régulière ; l'on s'occupu du soin de fixer la sphère dans une espèce de harnois destiné à la suspendre ; là, elle fut déprimée, & l'air atmosphérique étant entièrement sorti, le robinet par où on le forçoit de s'échapper fut promptement fermé : la Machine, en cet état, ne ressembloit plus qu'à une espèce de sac plein de plis & vide d'air.

A huit heures du matin, l'on mit la main à l'œuvre pour la remplir ; l'on y procéda d'abord au moyen d'une grande boîte à tiroirs doublés de plomb, surmontée d'un chapiteau ou conduit supérieur qui s'adaptoit au robinet adhérent au Ballon ; les tiroirs furent garnis de limaille de fer & d'acide vitriolique, affoibli d'eau : en multipliant ainsi les surfaces, le but étoit de se procurer une quantité considérable d'air inflammable ; mais cette espèce d'armoire

que je décrirai plus au long, sujette à mille inconvéniens, & beaucoup trop compliquée, fit perdre du tems & de l'air inflammable. Enfin, las de manœuvrer presque infructueusement ce mauvais appareil, il fallut y renoncer; il fut réformé à deux heures, & on y substitua un simple tonneau placé verticalement, dans lequel on jetoit, à l'aide d'une ouverture pratiquée sur son disque supérieur, une grande quantité de limaille de fer & d'acide vitriolique; ce trou étoit rebouché subitement, & l'air inflammable se dégageant alors par grandes bouffées, passoit par une seconde ouverture placée à côté de la première, & qui communiquoit d'abord à l'aide d'un tube de fer-blanc, & ensuite d'un tuyau de cuir verni à la gomme élastique, avec le robinet adhérent à l'orifice du Ballon.

Le gaz s'introduisant dans le tube, montoit avec rapidité dans le Globe, & lorsque l'effervescence cessoit, le robinet étoit fermé; de nouvelle limaille & de l'acide vitriolique étoient jetés par le trou qu'on débouchoit; le gaz se dégageoit, le robinet s'ouvroit, & l'air inflammable s'engouffroit dans le Ballon. Voyez la Planche III, où cette manœuvre a été dessinée d'après nature par M. Lawrens, habile Peintre Suédois.

Quoique cette opération allât très-vite, parce qu'elle étoit secondée par des Amateurs pleins de zèle & d'intelligence, elle étoit néanmoins encore sujette à quelques inconvéniens qui ne laissèrent pas de donner des inquiétudes: car l'acide vitriolique attaquant la limaille de fer, produisoit un degré de chaleur si violent, qu'une partie de l'eau mêlée à cet acide étoit promptement réduite en vapeurs rendues caustiques par l'action du gaz acide sulfureux qui se dégageoit en même tems.

Les vapeurs élevées avec le gaz inflammable jusqu'au faite intérieur de la Machine, s'y condensoient subitement, & couloient ensuite le long du taffetas qu'elles auroient certainement corrodé sans la couche de gomme élastique.

Comme cette eau imprégnée d'acide se réunissoit dans le bas de la Machine où elle formoit des espèces de bourrelets, l'on étoit obligé d'intervalle en intervalle de la faire écouler par le robinet, en secouant le taffetas.

D'un autre côté, la chaleur qui partoit du tonneau étoit si considérable qu'elle se communiquoit au tube de cuir & de là à la Machine; le robinet en étoit si échauffé qu'il étoit impos-

fible d'y tenir la main. L'on étoit donc obligé non-seulement de l'envelopper de linges mouillés, mais l'on étoit contraint, pour la conservation du Ballon, d'en arroser sans cesse le taffetas avec de petites pompes qu'on dirigeoit contre sa partie inférieure, pour affoiblir la chaleur qui étoit si forte, que sans cette précaution la Machine couroit le plus grand danger.

Ce premier essai fut très-pénible; mais le résultat en parut satisfaisant; puisqu'à neuf heures du soir le Ballon fut plein d'air au tiers. Quelques heures après tout fut détruit par trop de précaution; le robinet fut fermé avec soin; mais un des Artistes ayant quelques inquiétudes à ce sujet, alla malheureusement l'ouvrir en comptant de le fermer.

Le lendemain 24 l'on arriva avec empressement dès la pointe du jour, pour se remettre à l'œuvre, & l'on ne fut pas peu surpris de trouver le Ballon très-gonflé & presque plein, tandis que la veille il étoit à peine rempli au tiers.

L'on ne put rien concevoir d'abord à cette augmentation, & l'étonnement ne cessa que lorsqu'on se fut aperçu que le robinet, qui avoit trois pouces de largeur, étoit ouvert. Il parut cependant assez extraordinaire que le

Ballon eût aspiré une si grande quantité d'air atmosphérique. L'essai en fut fait sur-le-champ avec le pistolet de Volta, & il y eut explosion. La dose d'air commun étoit donc en proportion avec l'air inflammable comme deux à un.

Cet accident ne laissa pas que de décourager un peu, car l'on avoit eu de grandes peines la veille; mais enfin l'expérience étoit annoncée, & il falloit faire voir du moins aux Souscripteurs, que rien n'avoit été négligé. Ce qu'il y avoit de plus gênant encore, c'est qu'il n'étoit pas possible d'employer des gens de peine à manoeuvrer la Machine; car elle ne pouvoit être confiée qu'à des personnes intelligentes & adroites. Enfin, plusieurs Amateurs, portés de bonne volonté, vinrent se joindre aux autres. Le zèle & l'émulation s'en mêlèrent, & l'espérance ranima tout.

Il est à propos d'observer, avant de continuer l'historique de ces détails, que quoiqu'un Ballon de 12 pieds 2 pouces de diamètre ne soit pas d'une capacité bien considérable en apparence, il ne laissoit pas que d'être d'un volume remarquable, lorsqu'il s'agissoit de le remplir d'air inflammable; & l'on en sera convaincu, lorsqu'on saura que, pour faire la quantité de gaz nécessaire, en y

comprenant, à la vérité, ce qui s'étoit perdu la veille, & ce qu'il en falloit pour remplir de nouveau & entretenir le Ballon, l'on employa 1000 livres pesant de limaille de fer en poudre ou en copeaux, & 498 livres d'acide vitriolique à 46 degrés de concentration. Les personnes exercées dans l'art des expériences, comprendront très-bien que celle-ci ne devoit pas être sans difficultés, ni sans danger, puisqu'il s'agissoit de manier une aussi grande quantité d'acide concentré, & de développer autant d'air inflammable, si fétide & si fatigant à respirer.

Toute la journée du 24 fut employée à produire de l'air inflammable, à rafraîchir le Ballon, & à le préserver d'accident ; mais les coopérateurs furent bien dédommagés de leurs peines, lorsqu'ils apperçurent qu'il tendoit à s'élever avec effort, à six heures du soir, quoiqu'il ne fût rempli qu'à demi. Le courage redoubla, l'enthousiasme s'en mêla ; l'on vit dès-lors le succès de l'expérience ; à sept heures, le Globe faisoit effort contre les liens qui le retenoient. L'on prit les précautions les plus sûres, pour qu'il n'arrivât aucun accident pendant la nuit ; le robinet fut soigneusement fermé, la clef fut emportée, & chacun se retira content.

L'on juge que le lendemain 25, ce fut à

qui arriveroit le premier pour rendre visite à la Machine. Elle fut reconnue être dans le meilleur état ; l'on y introduisit du gaz pour réparer les pertes inévitables qui s'étoient faites pendant la nuit, soit par des pores imperceptibles, soit par des trous d'aiguilles que la gomme élastique n'avoit pas entièrement bouchés. On la pesa à six heures du matin, après l'avoir débarrassée de ses attaches ; & quoiqu'elle ne fût pleine environ qu'à demi, elle enlevoit vingt-une livres : comme le jour fixé pour l'expérience publique étoit indiqué au 27, on ne voulut pas la remplir davantage, crainte de la fatiguer. Pesée de nouveau à neuf heures du soir, elle n'enlevoit plus que dix-huit livres ; elle avoit donc perdu dans quinze heures trois livres de poids ; c'est-à-dire, que l'équilibre en moins étoit rompu de trois livres.

Le 26, le Globe fut visité à la pointe du jour, & fut trouvé en très-bon état ; il avoit perdu de l'air inflammable à-peu-près dans les mêmes proportions que la veille. On se remit au travail pour augmenter le gaz ; & dès huit heures du matin, on sortit le Ballon de son harnois, on l'attacha à de petites cordes, & on eut le plaisir de le voir s'élever à plus de 100 pieds.

Une nombreuse populace accourut aussitôt

de toute part ; la Place des Victoires fut couverte de monde, & la surprise des personnes qui n'étoient pas prévenues fut extrême, en voyant dans les airs un corps de ce diamètre. Mais le vent qui survint, pouvant le fatiguer, on le retira pour le remettre à sa première place, dans la cour où étoit son établissement ; & il eut ce jour - là une si grande quantité de visites, qu'une garde du Guet à pied & à cheval, établie à la porte, ne put jamais retenir l'affluence du monde, & qu'il fallut se déterminer à laisser les portes ouvertes pour satisfaire la curiosité & l'empressement du Public.

Comme le Ballon devoit passer par la porte cochère, on avoit eu l'attention de ne pas achever de le remplir dans la journée ; ce n'étoit certainement pas un petit embarras que cette sortie de la cour. L'on avoit eu d'abord le projet de le faire passer par-dessus la maison, en le retenant avec une corde & le laissant s'élever de lui-même, pour le retirer ensuite par la Place des Victoires. Mais comme cette opération devoit se faire pendant la nuit, afin de n'être pas gêné par un Public toujours importun, & qu'il étoit aussi difficile que périlleux d'agir dans les ténèbres avec une Machine de cette espèce, il fallut se déterminer

à le faire passer par la porte cochère, en la confiant à des mains habiles, qui devoient la diriger avec prudence.

L'on expédia d'abord pour le Champ de Mars l'attirail & tous les accessoires nécessaires à l'expérience ; à deux heures après minuit le Ballon fut dégagé de ses liens ; des personnes intelligentes le transportèrent jusqu'à la porte : & comme il n'étoit pas plein, on eut la facilité de le comprimer & de lui faire adopter une forme allongée, qui lui permit d'arriver sur la Place des Victoires sans le plus léger accident. Il fut déposé sur un brancard prêt à le recevoir, & disposé pour cet objet. Les mêmes lisières qui le tenoient suspendu dans la cour, le rendirent stable, & il entra en marche.

Rien de si singulier que de voir ce Ballon ainsi porté, précédé de torches allumées, entouré d'un cortège, & escorté par un détachement du Guet à pied & à cheval. Cette marche nocturne, la forme & la capacité du corps qu'on portoit avec tant de pompe & de précaution ; le silence qui régnoit, l'heure indue, tout tendoit à répandre sur cette opération une singularité & un mystère véritablement faits pour en imposer à tous ceux qui n'auroient pas été prévenus. Aussi les

Cochers de fiacres qui se trouvèrent sur la route, en furent si frappés, que leur premier mouvement fut d'arrêter leurs voitures, & de se prosterner humblement, chapeau bas, pendant tout le tems qu'on défiloit devant eux.

Enfin le Ballon arriva par les rues des *Petits-Champs*, de *Richelieu*, de *S. Nicaise*, par le *Caroussel*, le *Pont-Royal*, la rue de *Bourbon* & les *Invalides*, à l'Ecole Militaire, où il fut déposé au milieu du Champ de Mars, dans une enceinte disposée pour le recevoir. La course qu'il venoit de faire n'étoit pas petite, car la Carte de Paris donne 1700 toises depuis la partie de la Place des Victoires d'où il partit, jusqu'au point où il arriva.

Les lifières qui l'enveloppoient servirent à le retenir en place, au moyen de petites cordes fixées vers le méridien du globe, & qui furent arrêtées dans des anneaux de fer plantés en terre.

Dès l'instant où le jour parut, l'on s'occupait à faire de l'air inflammable pour remplir le Ballon. L'activité qu'on mit dans ce travail, fut telle, qu'à midi il étoit assez plein pour avoir une belle forme, & qu'il falloit peu de tems pour achever de le remplir; mais l'on réservait au Public le reste de l'opération,

pour lui donner une idée de la manière dont on produisoit le gaz.

Le Champ de Mars étoit garni de troupes; les avenues étoient gardées de tout côté; les ordres étoient donnés pour faciliter la marche des voitures, & prévenir les accidens. A trois heures, l'on vit le Champ de Mars se couvrir de monde; les carrosses arrivoient de toute part, & bientôt ils ne purent aller qu'à la file. Les bords de la rivière, le chemin de Versailles, l'amphithéâtre de Passy étoient garnis d'une foule immense de Spectateurs. L'Hôtel de l'Ecole Militaire & le Champ de Mars renfermoient la plus superbe & la plus nombreuse assemblée. A cinq heures, un coup de canon fut le signal qui annonça que l'expérience alloit commencer; il servit en même-tems d'avertissement pour les Savans placés sur la terrasse du Garde-Meuble de la Couronne, sur les tours de Notre-Dame & à l'Ecole Militaire, & qui devoient appliquer les instrumens & les calculs à leur observation. Le Globe, dépouillé des liens qui le retenoient, s'éleva, à la grande surprise des Spectateurs, avec une telle vitesse, qu'il fut porté en deux minutes à 488 toises de hauteur; là, il trouva un nuage obscur dans lequel il se perdit; un second coup de

canon annonça sa disparition , mais on le vit bientôt percer la nue , reparoître un instant à une très - grande élévation , & s'éclipser dans d'autres nuages.

La pluie violente qui survint au moment où le Globe s'élevoit , ne l'empêcha pas de monter avec une extrême rapidité ; & l'expérience eut le plus grand succès , elle étonna tout le monde. L'idée qu'un corps parti de terre , voyageoit dans l'espace , avoit quelque chose de si admirable & de si sublime , elle paroissoit si fort s'écarter des loix ordinaires , que tous les Spectateurs ne purent se défendre d'une impression qui tenoit de l'enthousiasme. La satisfaction étoit si grande , que les Dames , élégamment vêtues , les yeux dirigés sur le Globe , recevoient la pluie la plus forte & la plus abondante , sans se déranger , s'occupant beaucoup plus alors de voir un fait aussi surprenant , que du soin de se garantir de l'orage.

Le Globe avoit 12 pieds 2 pouces de diamètre ; sa circonférence exacte étoit donc de 38 pieds 3 pouces 8 lignes ; sa capacité intérieure de 943 pieds 6 lignes cubes ; le poids du taffetas & du robinet , de 25 livres ; & la force d'ascension , lorsqu'il s'est élevé , de 35 livres. *Voyez* les détails à ce sujet , dans la Lettre

de M. de Meunier & dans celle qui la suit.

L'on eut tort , dans cette expérience , d'introduire de l'air atmosphérique dans le Globe , pour achever de le remplir & lui donner une forme bien arrondie ; cet air ne pouvoit qu'occasionner une pression nuisible à l'enveloppe : mais on en eut un bien plus grand encore d'y faire passer trop d'air inflammable , ce qui augmenta de beaucoup le degré de force expansive. Cet air lui donnoit la facilité de réagir avec violence contre les parois du Ballon , lorsqu'il seroit parvenu à une région où l'air atmosphérique seroit moins dense. Mais il n'est pas étonnant que , dans une première expérience de cette nature , on n'ait pas tout prévu ; l'on fait d'ailleurs qu'une circonstance qu'il est inutile de rappeler ici , empêcha les personnes qui avoient prévu cette faute , & qui avoient recommandé de l'éviter , d'être entendues. Quoi qu'il en soit , le Ballon ne se soutint tout au plus que trois quarts-d'heure en l'air , & tomba à cinq heures trois quarts , à côté de la remise d'Ecouen , ayant une ouverture sur sa partie supérieure. Il fut ramassé par des Paysans de Gonesse , qui le traînèrent à travers les champs pendant un mille , & le mirent dans le plus mauvais état. L'on compte environ cinq-lieues du point

de son départ à celui de sa chute, c'est-à-dire, du Champ de Mars, à Ecouen.

L'expérience n'en fut pas moins intéressante, & la première qui ait été faite en ce genre. MM. Robert, Mécaniciens, avoient été chargés de construire le Globe, & M. Charles, Professeur de Physique, du soin de veiller à leurs travaux.

EXPÉRIENCES

AÉROSTATIQUES,

FAITES

AVEC DE PETITS BALLONS.

M. de Montgolfier le jeune étant arrivé à Paris quelque tems avant l'expérience du Champ de Mars, & ayant été invité par l'Académie Royale des Sciences à répéter celle d'Annonay, s'occupa à faire construire une Machine de 70 pieds de hauteur, sur 40 de diamètre. Il fallut du tems pour exécuter un Ballon de ce volume.

Dans cet intervalle, les Amateurs de la physique s'exercèrent à faire diverses expériences en petit, d'après celle du Champ de Mars : car, quoique M. de Montgolfier fût bien éloigné sans doute de faire un mystère

de son procédé, il s'étoit réservé de ne le déclarer qu'à la première expérience qu'il feroit lui-même ; & personne ne pouvoit désapprouver sa conduite à ce sujet.

L'on essaya d'abord de faire des Ballons en papier fin & léger ; mais cette matière étant perméable à l'air inflammable, personne ne put réussir à enlever des Ballons de cette espèce. Il fallut donc chercher une matière moins poreuse & plus légère encore, s'il étoit possible ; & l'on y réussit.

Le Journal de Paris, du 11 Septembre, apprit au Public, que M. le baron de Beaumanoir, qui cultive avec autant de succès que de zèle les sciences & les beaux-arts, devoit faire partir un Ballon de 18 pouces de diamètre (*). A midi de ce même jour, il fit

(*) Voici la lettre de M. le baron de Beaumanoir, telle qu'elle est imprimée dans le Journal de Paris.
 « Messieurs, je viens d'exécuter, aujourd'hui 10 Sep-
 » tembre, un *minimum* de la Machine aérostatique de
 » MM. de Montgolfier, par l'enlèvement d'un Ballon
 » d'un pied & demi de diamètre, & qui ne pesoit que
 » cinq gros trois quarts ; il a déplacé un volume d'air
 » de vingt-un gros, & s'est élevé par conséquent avec
 » une force de douze gros, en supposant l'air inflamma-
 » ble à trois gros un quart. Je vous prie de me per-
 » mettre de prendre date dans votre Journal pour une
 » expérience que les Amateurs pourront venir voir au- »

cette expérience en présence d'une nombreuse assemblée, dans le jardin qui fait face à l'hôtel de Surgeres, *rue de la Ville-l'Evêque*. Comme M. de Beaumanoir vouloit répéter l'expérience le soir, il n'abandonna pas le Ballon qui s'éleva très-bien, mais qui fut retenu par un fil de soie qui ne lui permit guère de monter au-delà de 50 pieds. A cinq heures du soir du même jour, ce petit Globe fut rempli de nouvel air inflammable, & fut abandonné à lui-même. Les Spectateurs eurent le plaisir de le voir s'élever à une très-grande hauteur ; il disparut ensuite en prenant la route de Neuilly, & l'on assure qu'il fut retrouvé à plusieurs lieues par des Payfans.

Quoique cette expérience pût être regardée en rigueur comme un objet de pure curiosité, elle ne laissa pas que d'intéresser les personnes qui se proposoient de faire des recherches pratiques sur les gaz. Celle-ci nous donnoit un fait de plus & une application en petit, qui pouvoit servir d'échelle & d'objet de comparaison. Ce n'étoit pas absolument le *minimum*, mais l'on étoit sur la voie de le trouver. Je fais, à la vérité, qu'en connoissant le poids

» jourd'hui jeudi à l'hôtel de Surgeres, rue de la Ville-
» l'Evêque, à onze heures précises du matin ».

J'ai l'honneur d'être, &c. LE BARON DE BEAUMANOIR.

des matières qu'on vouloit employer, le calcul conduisoit au même but ; mais l'expérience frappe beaucoup plus que la théorie, & elle fixe plus irrévocablement les idées. D'ailleurs il falloit trouver la matière légère qu'on vouloit employer ; & sans cette expérience, on n'y seroit certainement jamais parvenu.

La matière qu'employa M. le baron de Beaumanoir, étoit une substance animale, connue dans l'art du Batteur d'or sous le nom de *peau de beaudruche*. C'est entre des livrets de cette peau, d'une légèreté & d'une souplesse extrême, qu'on parvient à réduire l'or en feuillets si minces, qu'ils peuvent se soutenir & flotter assez long-tems dans l'air.

La *beaudruche* n'est que la pellicule intérieure qui tapisse le gros boyau du bœuf : on détache cette légère enveloppe, qu'on étend toute fraîche sur des planches, pour avoir la facilité d'enlever avec délicatesse les parties grasses & filandreuses qui la rendroient inégale ; on la laisse sécher en cet état, & on lui donne d'autres préparations pour l'adoucir & la rendre propre au genre d'emploi auquel on la destine.

Lorsque cette peau a passé plusieurs fois sous le marteau du Batteur d'or, l'on en fait usage pour les coupures, & elle produit le

même effet que le taffetas d'Angleterre ; c'est-à-dire, qu'elle intercepte très-bien l'action de l'air : elle est connue alors sous le nom de *peau divine*.

M. Deschamps de Neufchâteau, peintre demeurant dans la Cour du Commerce, eut le premier l'idée d'employer cette matière ; il en porta des échantillons à M. le baron de Beaumanoir, qui en reconnut l'avantage, & exécuta sur-le-champ le premier Ballon fait en ce genre (*). Le même Peintre en fit bientôt de plusieurs grandeurs ; & il parvint à leur donner la forme sphérique ou ovale la plus parfaite.

Peu de jours après, plusieurs personnes cherchèrent à imiter les Ballons de M. Deschamps, & elles y parvinrent. M. Gardeux, sculpteur, m'en apporta un de sept pouces de diamètre ; je le fis enlever dans le Jardin du Palais Royal, & il partit très-bien.

(*) M. Cavallo, à Londres, ne pouvant pas faire enlever des Ballons de papier, avoit eu en 1781 l'idée d'employer la même matière que M. Deschamps, mais il ne fit aucun essai à ce sujet. Croiroit-on que deux siècles auparavant, Jules-César Scaliger proposoit, pour imiter la Colombe volante d'Architas, de faire usage d'une enveloppe de la même peau des Batteurs d'or ? *Scaliger de subtilitate ad Cardanum exercit.* 326.

Enfin, M. Deschamps voulant renchérir sur ceux qui imitoient ses Ballons, en fit un de six pouces de diamètre, de la plus jolie forme. Il voulut bien m'en faire le sacrifice, & me pria de le mettre en expérience ; je le remplis d'air inflammable tiré du zinc par l'acide marin, en présence de M. le chevalier de Lorimier, de M. Mogué de Querville, de M. le comte de Baruel & de plusieurs autres personnes qui se trouvoient dans ce moment chez moi. Le petit Ballon s'éleva très-bien, & alla se fixer contre le plancher de mon appartement qui a douze pieds de hauteur. Il se seroit élevé à perte de vue, si j'avois voulu l'abandonner en plein air, mais j'étois bien-aïse de le conserver pour d'autres expériences.

Si ce Ballon qui avoit douze pouces de diamètre de moins que celui de M. le baron de Beaumanoir, n'est pas le *minimum*, il en est certainement très-près ; car, si l'on n'avoit pas pris les plus grandes précautions pour le remplir, il ne seroit certainement pas parti, cette matière prenant l'humidité de l'air, & sa force d'ascension n'étant que de dix grains (*).

(*) Ce Ballon, fait avec un soin extrême, avoit six

Bientôt les Ballons aérostatiques en peau de beaudruche devinrent à la mode, & il ne se passa pas de jour que l'on n'en enlevât plusieurs, soit à la ville, soit à la campagne. L'on en fit même de 30 pouces de diamètre. Mais cette matière est fort chère, & sujette à divers inconvéniens; car elle reçoit l'humidité, ce qui augmente son poids; & elle ne retient pas long-tems l'air inflammable, qui s'échappe bientôt par des pores invisibles à l'œil, mais qui n'en existent pas moins dans le tissu d'une membrane aussi délicate.

pouces de diamètre; il ne pesoit que . . . 36 grains.
 L'air atmosphérique qu'il déplaçoit étoit de 51
 Son solide étoit de 113 pouces $\frac{7}{8}$ cubes,
 dont 1728 font le pied cube d'air atmosphérique
 qui pèse 780 grains environ.
 L'air inflammable tiré du zinc, étant $\frac{1}{10}$,
 pesoit dans le Ballon 5
 Poids du Ballon 36
 La force d'ascension étoit donc de 10

Poids total, 51 grains.

Mais si l'on fait attention qu'il est très-difficile de remplir parfaitement un tel Ballon, qu'il en faut lier l'ouverture avec du fil, & qu'il se perd toujours de l'air dans cette manœuvre, l'on verra que la rupture d'équilibre étoit bien légère; ainsi un Ballon de cette espèce est très-rapproché du véritable *minimum*.

EXPÉRIENCE

FAITE avec un Ballon de 70 pieds de hauteur sur 40 de diamètre, dans le jardin de M. Reveillon, rue de Montreuil, fauxbourg S. Antoine, le 12 Septembre 1783, en présence de Messieurs les Commissaires de l'Académie Royale des Sciences.

LA Machine aérostatique que M. de Montgolfier faisoit exécuter au fauxbourg S. Antoine, étoit en toile de canevas, doublée tant en dedans qu'en dehors d'un fort papier.

Sa coupe géométrique étoit formée;

1°. Par un prisme de 24 pieds de hauteur;

2°. Par une pyramide de 27 pieds $\frac{1}{2}$ qui devoit couronner le prisme;

3°. Par un cône tronqué, de 18 pieds $\frac{1}{2}$, destiné à former la partie inférieure de la Machine.

Chacune de ces portions étoit composée de 24 bandes ou méridiens, réunis & cousus ensemble.

En cet état la Machine développée, pleine de gaz, & tendue dans tous les points, devoit

affecter la forme d'un sphéroïde. La Planche IV, dessinée d'après nature, en donne la figure la plus exacte.

La Machine étoit peinte en bleu d'azur, & représentoit unè espèce de tente avec son pavillon, & ses ornemens en couleur d'or. Sa longueur totale étoit de 70 pieds, & son poids de 1000 livres. L'air qu'elle déplaçoit pouvoit être évalué à environ 4500 livres; & la vapeur dont elle devoit être remplie, étant une fois plus légère que l'air commun, ne pesoit que 2250 livres: il y avoit donc un excès de légèreté de 1250 livres; la Machine pouvoit donc enlever un poids de cette force.

L'approche de l'équinoxe ayant amené les pluies d'automne, les opérations relatives à cette expérience furent sans cesse contrariées. La Machine étoit d'un si grand volume, qu'il étoit impossible de l'assembler & de la coudre autre part qu'en plein air & dans le jardin spacieux où elle devoit être établie. C'étoit un très-grand embarras que de ployer chaque soir une enveloppe si lourde, & que les forts papiers dont elle étoit couverte rendoient cassante; aussi falloit-il ordinairement au moins vingt hommes pour la remuer, & ils étoient obligés d'user d'adresse & de précaution pour

ne rien détruire. Jamais machine n'a donné autant d'inquiétude ni d'embarras.

Il est vrai que M. de Montgolfier n'auroit pu trouver un lieu plus commode ni plus agréable, & sur-tout un ami plus obligeant que M. Reveillon, propriétaire de la manufacture royale de papiers peints, de la rue de Montreuil. Les peines, le zèle & le désintéressement qu'il n'a cessé de mettre dans tout ce qui étoit relatif aux expériences de M. de Montgolfier, lui ont fait un véritable honneur dans l'esprit de tous ceux qui en ont été témoins. Les sciences sont si souvent contrariées, qu'on ne sauroit trop avoir de reconnaissance pour ceux qui s'empressent ainsi de leur être utiles.

Cette Machine auroit pu sans doute être construite d'une manière plus solide & moins sujette à être endommagée, & M. de Montgolfier en convenoit lui-même; mais divers motifs l'avoient déterminé à ne pas la faire autrement. Le premier étoit relatif à l'expérience d'Annónay, où l'on avoit procédé avec une enveloppe semblable qui avoit parfaitement réussi, & il étoit de la prudence, pour avoir les mêmes résultats, d'employer sévèrement la même méthode. Il falloit d'ailleurs s'occuper de la meilleure manière d'empêcher la vapeur

de se dissiper ; & la double enveloppe de papier étoit alors ce qu'il y avoit de plus convenable pour cet objet.

Le second motif ne pouvoit que faire honneur à la délicatesse de M. de Montgolfier, car Messieurs de l'Académie Royale des Sciences, mieux en état que personne d'apprécier le mérite de cette découverte, & en ayant senti toute l'importance, avoient offert de payer les frais de cette Machine sans les limiter, & cela suffisoit pour que l'Auteur cherchât les moyens les plus économiques de diminuer la dépense.

Enfin le 11 du mois de Septembre, le tems paroissant se disposer au beau, la Machine étant entièrement finie, fut mise en place & disposée pour faire les premières expériences. L'on en fit le soir même l'essai, l'on vit avec admiration cette belle Machine se remplir en neuf minutes, se redresser sur elle-même, se tendre dans tous les points, & prendre la plus belle forme. Huit hommes qui la retenoient, furent soulevés à plusieurs pieds, & elle se seroit enlevée à une grande hauteur, si on ne lui avoit pas opposé de nouvelles forces.

Messieurs les Commissaires de l'Académie des Sciences furent invités à assister le lendemain,

main, à huit heures du matin, à l'expérience qui leur étoit consacrée, & qui eût été répétée plusieurs fois à leur volonté, si le mauvais tems n'avoit pas tout dérangé.

Le lendemain, vendredi 12 Septembre, Messieurs Cadet, l'abbé Boffut, Briffon, Lavoisier & Desmarest, Commissaires, étant arrivés, l'on vit avec inquiétude que des nuages épais se dispoisoient à couvrir l'horizon, & qu'on étoit menacé d'orage. Cependant le mauvais tems n'étoit pas décidé, il étoit possible que tout se passât sans pluie ; les préparatifs étoient faits. Une assemblée nombreuse & distinguée, brûloit du desir de voir cette belle expérience. L'on craignoit d'ailleurs qu'en différant encore, l'expérience fût rejetée trop loin ; tout l'appareil étoit en état, il eût fallu du tems pour le démonter : l'on se décida donc à remplir le Ballon.

Cinquante livres de paille sèche qu'on alluma par paquets, & sur lesquelles on jeta à diverses reprises une dizaine de livres de laine hachée, produisirent en dix minutes une vapeur si expansive & douée d'une telle force, que la Machine, malgré sa pesanteur, quoique déprimée & repliée sur elle-même, se redressa graduellement & comme par ondulation : son volume & sa capacité étonnèrent les specta-

teurs ; & lorsqu'elle se fut développée en entier, & qu'elle tendit à s'enlever, la surprise & l'admiration redoublèrent.

La Machine perdit terre, & se soutint à plusieurs pieds avec une charge de cinq cens livres. Si l'on eût coupé dans ce moment les cordes qui la retenoient, elle alloit s'enlever à une très-grande hauteur. La pluie survint subitement ; alors le vent souffla avec impétuosité ; le plus sûr moyen de sauver la Machine, étoit de la laisser partir (*). Mais, comme elle étoit destinée à des expériences qui devoient avoir lieu à Versailles, on voulut ne pas l'abandonner, & les efforts qu'on fit pour l'obliger à descendre, joints à des coups de vent furieux & à la pluie qui l'inondoit, la déchirèrent en plusieurs endroits. Comme l'orage redoubla, & se soutint long-tems, il fut absolument impossible de la manœuvrer en cet état. Elle endura la pluie pendant plus de vingt-quatre heures ; les papiers se décollèrent & tombèrent en lambeaux ; le canevas fut mis à découvert, & cette belle & superbe Machine, qui avoit

(*) C'étoit l'avis de M. Argant, citoyen de Genève, ami de MM. de Montgolfier, & savant physicien, à qui l'on doit plusieurs découvertes importantes.

coûté tant de soins, fut détruite en très-peu de tems.

Les Spectateurs, sensibles à ce fâcheux événement, donnèrent à M. de Montgolfier les marques les plus flatteuses de l'intérêt qu'ils prenoient à sa découverte. Messieurs les Commissaires de l'Académie s'empresèrent de lui remettre sur-le-champ une attestation, qui fait honneur à leur justice & à leur manière de voir (*).

(*) Comme cette attestation constate l'ascension de la Machine avec les poids qu'elle portoit, & qu'elle prouve que l'expérience n'a été dérangée que par une force majeure, qui n'a diminué en rien le mérite de la découverte, j'ai cru devoir la consigner ici :

« Messieurs les Commissaires de l'Académie Royale
 » des Sciences se sont transportés, aujourd'hui 12 Sep-
 » tembre le matin, dans la Manufacture de papiers peints
 » de M. Reveillon, rue de Montreuil, fauxbourg Saint-
 » Antoine, pour être témoins des effets de la Machine
 » aérostatique de MM. de Montgolfier. Elle a été rem-
 » plie en grande partie de gaz, & elle a perdu terre,
 » chargée de quatre à cinq cens livres. Mais la pluie &
 » le vent qui avoient commencé pendant la nuit, & qui
 » ont été presque continuels pendant toute la matinée,
 » n'ont pas permis de continuer l'expérience, & ont
 » d'ailleurs tellement fatigué la Machine, qu'elle a
 » besoin de réparations essentielles. M. de Montgolfier
 » estime qu'il faut plusieurs jours pour la mettre en bon

E X P É R I E N C E

FAITE à Versailles, le 19 Septembre 1783, en présence du Roi & de la Famille Royale, par M. de Montgolfier, avec une Machine aérostatique de 57 pieds de hauteur sur 41 de diamètre.

LE jour de l'expérience de Versailles étoit fixé au 19, mais la Machine qui devoit servir à la répéter étoit absolument hors de service. M. de Montgolfier calcula les heures qui lui restoit ; ses amis se joignirent à lui (*), & le dimanche 14, on mit la main à un nouveau Ballon qu'on se détermina à construire entièrement en bonne toile. Rien ne fut épargné, l'on travailla nuit & jour ; & le jeudi 18, la

» état, & qu'il est nécessaire d'attendre, pour opérer,
 » un tems calme & serein. A Paris, à la Manufacture
 » de M. Reveillon, ce 12 Septembre 1783. *Signé,*
 » CADET, BOSSUT, BRISSON, LAVOISIER &
 » DESMAREST ».

(*) Entr'autres, MM. Reveillon, Argand, Mogué de Querville, Quinquet, Lange, Meigner, &c.

Machine fut entièrement construite, peinte & décorée : le soir même on en fit l'essai en présence de Messieurs les Commissaires de l'Académie qu'on eut l'attention d'y inviter, & elle réussit très-bien.

L'on avoit été obligé d'employer près d'un mois pour construire la Machine de canevas doublée en papier ; celle en toile, en y travaillant avec un zèle & une activité qui n'ont pas d'exemple, fut terminée le cinquième jour.

Le lendemain 19, elle fut établie dans la grande cour du château de Versailles, sur un théâtre octogone qui correspondoit à l'attirail & aux cordages tendus pour la manœuvrer.

Cette espèce d'échafaud, recouvert & entouré de toiles de toute part, avoit dans le milieu une ouverture de plus de quinze pieds de diamètre, autour de laquelle on pouvoit circuler au moyen d'une banquette destinée à ceux qui faisoient le service de la Machine. Une garde nombreuse décrivait une double enceinte autour de ce vaste théâtre.

Le dôme de la Machine étoit déprimé, & portoit horizontalement sur la grande ouverture de l'échafaud à laquelle il servoit de voûte ; le reste des toiles étoit abattu, & se replioit

circulairement sur les banquettes ; de sorte qu'en cet état , la Machine n'avoit aucune espèce d'apparence , & ressembloit à un amas de toiles de couleur qu'on auroit entassées sans ordre : il en régnoit cependant un très-grand dans la disposition & la conduite de tout cet appareil.

Le dessous de l'échafaud étoit consacré pour les opérations propres à produire la vapeur. C'étoit sous la grande ouverture , recouverte par le dôme de la Machine , que devoit se faire ce travail. Au milieu & à terre étoit un réchaud de fer à claire voie , de quatre pieds de hauteur , sur trois de diamètre , fait pour recevoir les matières combustibles. Un entourage en forte toile , peinte & de forme circulaire , adhérant à la base du Ballon , & descendant par le trou jusques sur le pavé , pouvoit être considéré comme un vaste entonnoir , comme une espèce de cheminée destinée à contenir les vapeurs , & à les conduire dans l'intérieur de la Machine ; de sorte que les personnes qui devoient diriger le feu , se trouvoient placées par ce moyen sous le Ballon même ; elles avoient à leur portée des provisions de paille & de laine hachée pour produire la vapeur , ainsi qu'une cage d'osier avec un mouton , un coq & un

canard , & tous les autres agrets nécessaires pour l'expérience.

Je m'étends peut-être un peu trop sur ces détails ; mais ils sont trop instructifs pour être négligés. Ils démontrent d'ailleurs combien cette expérience exigeoit de soins & de combinaisons. Il est vrai que M. de Montgolfier trouva toutes les facilités & tous les moyens qu'il pouvoit désirer (*).

A dix heures du matin la route de Paris à Versailles étoit couverte de voitures ; l'on arrivoit en foule de toutes parts : & à midi les avenues , les cours du château , les fenêtres

(*) M. le maréchal de Duras , gentilhomme de la Chambre , donna dans cette occasion des preuves de l'intérêt qu'il prenoit à cette découverte ; & le zèle qu'il voulut bien y mettre , lui attira l'hommage & la reconnaissance des savans & des gens de lettres.

Messieurs les Intendans des Menus se prêtèrent de leur côté à ce qui pouvoit dépendre d'eux , pour que M. de Montgolfier fût servi selon ses desirs.

M. d'Ormesson , contrôleur-général des finances , eut ce jour-là chez lui M. de Montgolfier & la plupart des membres de l'Académie des Sciences.

Enfin , M. le marquis de Cubières , écuyer du Roi , qui cultive d'une manière si distinguée les sciences & les beaux-arts , & qui a formé à Versailles un cabinet d'histoire naturelle & de physique si intéressant , ne resta pas en arrière pour prouver qu'il savoit apprécier une découverte de cet ordre.

& même les combles, étoient garnis de spectateurs. Tout ce qu'il y a de plus grand, de plus illustre & de plus savant dans la nation, sembloit s'être réuni comme de concert pour rendre un hommage solennel aux sciences, sous les yeux d'une Cour auguste qui les protège & les encourage.

Ce fut dans ce moment & au milieu de ce concours immense de citoyens de tout état, que leurs Majestés & la Famille Royale daignèrent se transporter dans l'enceinte, & voulurent bien pénétrer jusques sous la Machine même pour en examiner les détails & se faire rendre un compte exact de tous les préparatifs de cette belle expérience.

A une heure moins quatre minutes, le bruit d'une boîte annonce qu'on va remplir la Machine ; on la voit presque aussitôt s'élever, se gonfler & déployer avec rapidité les plis & replis dont elle est composée ; elle se développe en entier, sa forme plaît à l'œil, sa capacité imposante étonne : elle atteint déjà jusqu'au plus haut des mâts. Une autre boîte avertit qu'elle est prête à partir, & à la troisième décharge les cordes sont coupées, & la Machine s'élève pompeusement dans l'air, entraînant avec elle l'attirail dans lequel étoient renfermés un mouton & des volatiles.

La Machine s'éleva d'abord à une grande hauteur, en décrivant une ligne inclinée à l'horizon que le vent de sud la força de prendre ; elle parut rester ensuite quelques secondes en station, & produisit alors le plus bel effet. Enfin elle descendit lentement dans le bois de Vaucresson, à 1700 toises du point d'où elle avoit été enlevée.

L'on ne resta que onze minutes pour la remplir, & elle se soutint huit minutes en l'air.

Dans l'expérience d'Annonay, la Machine dont MM. de Montgolfier firent usage, s'éleva à une plus grande hauteur, puisqu'elle parvint au moins à mille toises ; cependant elle n'étoit pas à beaucoup près d'une construction aussi régulière : il y eut donc une cause qui s'opposa à l'ascension de celle-ci. Elle offrit à la vérité un superbe spectacle, mais elle ne parvint qu'à 240 toises de hauteur.

Cette cause qui ne fut connue que de quelques personnes placées très-près de la Machine, ne fut pas ignorée de ceux qui la manœuvroient. Le coup de vent qui frappa sur le Ballon, dans le moment où il présentait à l'air une si vaste surface, obligea tous ceux qui étoient chargés d'en faire le service, de le retenir avec effort ; cette force jointe à

celle du vent & à la tendance qu'avoit la Machine à s'enlever, occasionnèrent deux déchirures de sept pieds d'ouverture sur son sommet & dans la partie où les toiles avoient été cousues dans un mauvais sens. Il n'étoit plus tems de parer à cet accident, dans une expérience qui ne pouvoit souffrir aucun retard : l'on eut attention de développer seulement alors une plus grande masse de vapeur, & la Machine n'en partit pas moins avec rapidité, sans être dérangée en rien par le poids qu'elle entraînoit.

Les deux ouvertures supérieures occasionnant l'évaporation du gaz, la force d'ascension dut nécessairement s'affaiblir par le mélange de l'air atmosphérique ; il en résulta pendant quelques momens un équilibre parfait, & la Machine qui ne montoit ni ne descendoit alors, fut très-belle à voir, & fit, dans cet état de station, le plus grand plaisir aux spectateurs ; mais à mesure que la vapeur se dissipoit, le Ballon descendoit lentement du côté du bois de *Vaucreffon*, & d'une manière si tranquille, que l'on comprit alors que, si elle eût porté des hommes, ils n'auroient couru aucun danger.

Je me rendis presque aussitôt sur les lieux, avec M. l'abbé d'Espagnac, M. le chevalier de Lorimier, M. Brongniart, &c. M. Pilatre

de Rosier, nous précédoit de quelques pas. Nous vîmes le Ballon sur la partie du bois de *Vaucreffon* nommée le *Carrefour-maréchal*, où il étoit développé sur la pelouze ; un seul de ses côtés portoit sur un petit chêne dont il faisoit à peine ployer les branches.

Deux Gardes-chasse, qui se trouvèrent à dix pas du lieu où il étoit tombé, nous assurèrent qu'il étoit descendu avec une lenteur surprenante, en se repliant doucement sur lui-même, & nous dirent, qu'un instant avant que le Ballon eût touché terre, il passa au-dessus d'une grande meule de bois, qu'ils nous firent voir ; & que comme la corde qui tenoit la cage suspendue étoit très-longue, elle toucha contre les bois & se rompit, sans que la cage, le mouton & les autres animaux en éprouvassent le moindre dérangement. Il faut donc absolument rejeter le récit qui annonça que le coq s'étoit rompu la tête ; nous le trouvâmes en bon état, & s'il avoit le dessus de l'aîle droite écorché, cet accident n'étoit dû qu'à un coup de pied du mouton, & étoit arrivé en présence de plus de dix témoins, au moins demi-heure avant l'expérience.

Il est fâcheux de voir les papiers publics

annoncer ainsi des faits sans preuve, & qui dans des cas pareils devroient être toujours garantis par la signature de ceux qui les envoient. L'on a aussi assuré dans plusieurs gazettes & journaux, que la Machine de M. de Montgolfier avoit été remplie avec de l'air inflammable, tandis que les procédés qu'on a employés, ont consisté simplement à faire usage de paille sèche allumée, & de quelques livres de laine hachée. Je parlerai plus particulièrement de cette vapeur.

Tout ce qui a été dit jusqu'à présent sur le point de son élévation, & sur l'espace qu'elle a parcouru, n'est pas plus exact. La vraie distance selon la carte de l'Académie, du point du départ au bois de *Vaucreffon*, *carrefour-maréchal*, est de 1700 toises. Quant à la hauteur, deux habiles Astronomes s'en sont occupés, en se plaçant à l'Observatoire de Paris. M. le Gentil a fixé cette hauteur à 280 toises au-dessus du second étage de l'Observatoire royal; & M. Jeurat, à 293 au-dessus du rez-de-chauffée du même Observatoire (*).

(*) Voici la lettre que M. le Gentil adresse à ce sujet aux Auteurs du Journal de Paris.

A l'Observatoire, ce samedi matin 20 Septembre 1783.

« MONSIEUR, je suis resté hier à l'Observatoire royal, d'où j'ai observé le Ballon fort à mon aise, à

La Planche III, dessinée d'après nature, avec autant d'esprit que de vérité, par M. le chevalier de Lorimier, chevau-léger, &

» mon quart de cercle de 3 pieds de rayon, le même
 » dont je me sers pour toutes mes observations astronomiques. Je l'avois mis dans la tour occidentale au second étage; je plaçai la lunette de cet instrument dans un azimuth de 87 degrés, au sud du clocher du *Mont-Valérien*. J'ai aperçu le Ballon s'élevant au-dessus de l'horizon, d'abord à la vue, ensuite dans la lunette, & conséquemment au point de l'horizon où je l'attendois.

» Il s'est élevé assez vite, car du moment où j'ai commencé à le voir, à celui où il m'a paru cesser de monter, il ne s'est écoulé que 2' 20" à ma montre: il est resté un peu de tems, du moins à mon égard, sans monter ni descendre. Or, j'ai trouvé la hauteur de son bord d'en haut de 1^d 55' 35".

» Lorsque le Ballon a disparu sous l'horizon par rapport à moi, la lunette de mon quart de cercle répondit à un azimuth qui faisoit un angle de 25 degrés un quart avec le clocher du *Mont-Valérien*, à l'ouest de ce clocher.

» D'après ces observations, je conclus que le Ballon ne s'est pas élevé à plus de 280 toises au-dessus du second étage de l'Observatoire royal; mais comme le côté de Versailles est élevé d'une quantité que je suppose être d'environ 40 toises au-dessus du second étage de l'Observatoire, car je ne vois point Versailles, mais la côte de ce côté me paroît élevée de 0^d 23" au-dessus de l'horizon, il s'ensuit que le Ballon n'a pas

gravée par M. de Launay, représente le moment où le Ballon plein d'air s'élève.

Sa hauteur exacte d'une extrémité à l'autre étoit de 57 pieds.

Son diamètre de 41

Il pouvoit contenir 37500^{pieds cub.}

L'air déplacé pesoit 3192 livres,

» monté plus haut que de 240 toises au-dessus du terrain
» ou de la côte de Versailles.

» J'ai l'honneur d'être, &c. LE GENTIL, de l'Académie Royale des Sciences ».

» Le 19 Septembre, jour où l'expérience a été faite à
» Versailles, M. Jeurat étoit placé sur la plate-forme
» de l'Observatoire, précisément au-dessus de M. le Gentil,
» qui observoit en son particulier. Selon M. Jeurat, le
» Globe avoit une direction qui formoit avec la méridienne, vers le couchant, un angle de 87^d 20'.
» L'angle au-dessus de l'horizon étoit de 1^d 55' 55'',
» d'où la hauteur a été conclue de 293 toises au-dessus
» du rez-de-chaussée de l'Observatoire; d'ailleurs le
» diamètre apparent étoit d'environ 6', ce qui indique
» que le Globe s'étoit approché de l'Observatoire. On
» peut donc présumer que la distance du Globe à l'Observatoire étoit moindre que celle de Versailles à l'Observatoire, sans compter qu'il conviendrait de tenir compte
» de la différence des niveaux des deux différens lieux;
» mais les rectifications qui ne peuvent se faire moyennant
» une discussion, semblent superflues pour une détermination de cette espèce, où il importe peu de mettre
» une plus grande précision.

Extrait de la Lettre de M. Jeurat.

en supposant le poids de l'air de 784 grains le pied cube. Mais le gaz de M. de Montgolfier étant d'une pesanteur moindre de moitié que celle de l'air atmosphérique, son poids étoit de 1596 livres; l'équilibre étoit donc rompu de 1596 livres, sur quoi il faut déduire le poids du Ballon, celui de la cage & du mouton, &c., 900 livres. Il restoit donc net une force de 696 livres qui auroit pu encore être enlevée. Cette belle Machine, en toile de fil & de coton, étoit peinte en dehors & en dedans à la détrempe; l'on avoit mêlé dans la couleur de l'intérieur de la terre d'alun, comme très-propre à résister à la plus forte chaleur.

Quatre-vingts livres de paille & cinq livres de laine hachée suffirent pour produire les 37500 pieds cubes de vapeur; & sans les deux déchirures de la partie supérieure, il n'eût fallu que cinquante livres de paille, ainsi qu'on l'avoit éprouvé la veille.

M. de Montgolfier, qui avoit eu l'honneur de présenter au Roi, avant l'expérience, une note par laquelle il annonçoit que la Machine se soutiendrait environ 20 minutes en l'air, & qu'elle parcourroit un espace d'environ 2000 toises, s'étoit mis par-là à l'abri de toute critique. Un accident qu'il étoit impossible de prévoir, sur-tout lorsqu'on voudra faire

attention qu'elle avoit été construite dans quatre jours & quatre nuits, l'empêcha d'avoir son effet en entier; mais elle resta cependant huit minutes en l'air, & parcourut un espace de 1700 toises. Les applaudissemens & l'accueil honorable que reçut à ce sujet M. de Montgolfier, suffirent pour démontrer que cette belle expérience causa autant d'étonnement que de satisfaction. Et si l'envie s'attache ordinairement à tout ce qui porte l'empreinte du génie, elle ne se manifesta dans cette occasion que dans deux ou trois individus obscurs, qui furent corrigés par le ridicule qu'ils s'étoient si justement attiré.



LETTRE

L E T T R E

A M. FAUJAS DE SAINT-FOND,

PAR M. MEUSNIER,

Officier au Corps-Royal du Génie.

Vous m'avez demandé, Monsieur, le résultat des observations comparées dont j'eus l'honneur de vous communiquer le projet & le dispositif, le 26 du mois d'Août dernier, & qui devoient servir à connoître la loi que suivroit dans son ascension la Machine aérostatique, préparée pour l'expérience qui fut faite le lendemain au Champ de Mars. Ces observations n'étoient point destinées à remplir uniquement un objet de curiosité, en apprenant jusqu'à quelle hauteur le Ballon seroit parvenu; un but plus utile m'en avoit suggéré l'idée, que probablement je n'ai pas eue seul: & en envisageant un mobile volumineux, transporté dans l'air à une hauteur considérable, & soumis dans sa marche à l'action combinée de deux forces contraires, dont l'une varie continuellement comme la densité des différentes couches de l'atmosphère, tandis que l'autre dépend encore des loix de la

D

résistance de l'air, je conçus que cette expérience offroit un moyen aussi direct que nouveau d'éclaircir à-la-fois deux théories dont on connoît toute l'importance, & dont l'une, appuyée presque uniquement sur des considérations abstraites, n'a reçu jusqu'ici qu'un bien foible secours de la part des faits. Il falloit pour cela déterminer avec précision, & pour des instans connus, plusieurs lieux du Ballon dans la route qu'il a décrite, & tel étoit l'objet du plan d'observations que vous adoptâtes avec empressement. Trois Observateurs au moins, placés dans des postes différens, & munis chacun d'un quart de cercle & d'une pendule à secondes, devoient mesurer fréquemment la hauteur apparente du Ballon; un signal instantané, visible à-la-fois de tous les Observateurs, & donné quelques momens avant l'expérience, devoit servir à connoître, avec la plus grande rigueur, la marche respective des pendules, entre lesquelles une très-légère différence, si elle eût été inconnue, auroit produit des erreurs d'autant plus considérables, que le Globe s'est élevé avec plus de rapidité; & pour préparer l'attention à ce signal fugitif & indispensable, le bruit du canon devoit précéder encore davantage l'instant où on abandonneroit la Machine à elle-

même : quelques minutes étoient nécessaires pour ces préparations successives. Avec ces précautions, si elles eussent pu être réalisées, l'on auroit eu pour chaque poste une suite d'observations faites à des instans bien déterminés; & les trois suites réunies, changées par des corrections très-faciles, en trois autres dont les termes correspondans fussent simultanés, auroient donné autant de points de la route du Globe ascendant, qu'on auroit eu d'observations dans chacune des suites corrigées. Si sur-tout le tems eût permis de le suivre des yeux, jusqu'à ce que parvenu au point de sa plus grande élévation, il parût ensuite emporté lentement, comme les nuages, suivant la direction du vent; les observations multipliées en raison de la durée du spectacle, auroient fourni l'itinéraire complet du départ de cette singulière Machine, & la mesure des causes qui influoient sur son mouvement.

Tel étoit, Monsieur, le but que je me proposois, & pour lequel il auroit fallu faire de longue main les préparatifs nécessaires : je trouvai cependant tant de complaisance & d'activité dans M. d'Agelet, professeur de mathématiques à l'Ecole Royale Militaire, & astronome distingué; il mit une telle promptitude à réunir les instrumens & les Observa-

teurs nécessaires, parmi lesquels deux Astronomes très-célèbres voulurent bien se ranger, que, prévenu à onze heures seulement le jour même de l'expérience, il n'en réussit pas moins à tout disposer, & chacun étoit à son poste bien avant l'heure marquée pour le départ du Ballon. M. le Gentil, de l'Académie Royale des Sciences, observoit de dessus la plate-forme de l'Observatoire; M. Jeurat de la même Académie, se transporta sur le comble du Garde-Meuble de la Place Louis XV, & M. Prevost, destiné d'abord pour Passy, fut déterminé par des circonstances particulières à s'établir sur une des tours de Notre-Dame. Enfin, M. d'Agelet, placé au dôme de l'Ecole Militaire, s'étoit chargé de faire les signaux nécessaires, & devoit observer de son côté.

Mais le tems ayant manqué pour concerter à loisir & par écrit, l'espèce & l'ordre des signaux qu'il seroit bon de multiplier en pareil cas; les choses nécessaires à l'exécution de ceux dont M. d'Agelet étoit convenu verbalement avec ses coopérateurs, n'ayant pu être disposées qu'au moment, & d'une manière très-imparfaite; la précipitation enfin, assez naturelle, & encore augmentée par l'impatience du Public, ayant beaucoup trop hâté le mo-

ment où la Machine fut abandonnée; toutes ces causes réunies ont fait que la partie des signaux, d'où dépendoit principalement le fruit de ce travail, a été absolument manquée. Le pavillon dont l'apparition devoit précéder l'élevation du Globe, pour rapporter toutes les pendules à une même époque, ne fut montré qu'après le départ du Ballon, c'est-à-dire, dans un moment où l'attention des Observateurs se portoit nécessairement sur l'objet le plus intéressant; aussi, ce diminutif de pavillon, qu'un des assistans de M. d'Agelet, portoit dans sa poche l'instant d'avant, fut-il à peine remarqué par un seul, & trop tard pour qu'il en dût rien conclure: le bruit du canon parvint aussi trop tard à quelques-uns des points d'observations, puisque M. Prevost ne l'entendit qu'au moment de la disparition du Globe; & les nuages dérobèrent d'ailleurs si promptement celui-ci à la vue, qu'on n'auroit pu avoir qu'une bien petite portion de sa course.

Tout s'est donc opposé aux résultats intéressans qu'on auroit pu tirer de l'expérience du 27 Août dernier, & il est bien à désirer qu'elle serve, à tous égards, d'instruction pour une pareille épreuve, si l'on peut espérer de la voir encore répéter; mais comme, pour remplir l'objet que je viens de vous rappeler en détail,

il faudroit encore le sacrifice d'une Machine aérostatique, & que des vues plus étendues aujourd'hui tourneront probablement d'un autre côté toutes les recherches expérimentales que l'on fera dans le même genre, j'ai tâché du moins de conclure, des observations du 27 Août, le peu qu'elles peuvent nous apprendre; & je crois avoir réussi, à l'aide de plusieurs considérations, à en tirer une des positions du Ballon, d'une manière assez précise pour avoir lieu de faire au moins une comparaison de ce résultat, avec celui que donne la théorie pure. C'est sur quoi je vais entrer dans le détail nécessaire.

Cherchant toujours, au défaut des signaux, à lier les différentes observations par quelque remarque qui pût établir entr'elles une correspondance de tems, je m'étois figuré d'abord que l'occultation du Globe dans l'épaisseur du nuage pourroit être, à cet égard, de quelque utilité : mais je me suis bientôt rappelé que cette disparition ayant eu lieu graduellement, ne pouvoit avoir été, pour les différens Observateurs, un phénomène simultané, & que la configuration inconnue du nuage, d'où tomboit encore une pluie abondante, devoit naturellement avoir dérobé le Ballon à leur vue, plus ou moins promptement, suivant leur

éloignement & leur position. Cette réflexion m'a contraint d'abandonner les observations faites aux tours de Notre-Dame & à l'Observatoire, sur lesquelles je n'avois d'autre renseignement, que cette occultation dans les nuages. Je dirai seulement que l'angle de hauteur observé par M. le Gentil, quand il a perdu le Globe de vue, étoit de quatorze degrés trois minutes, & qu'alors il lui paroissoit, à-peu-près, dans le vertical du dôme des Invalides, peut-être même un peu à l'ouest. M. Prevost a observé en même-tems quinze degrés.

Mais M. Jaurat ayant été à portée d'entendre distinctement le canon, & ayant heureusement pris note de cet instant, il ne faut que calculer le tems employé par le son à parcourir la distance de l'Ecole Militaire au Garde - Meuble, pour avoir, entre ses observations & celles de M. d'Agelet, la correspondance nécessaire. Voilà donc enfin un moyen de comparer deux observations, & quoique la troisième nous manque, vous verrez que le soin qu'a pris M. d'Agelet, de tenir quelquefois compte des positions que prenoit le plan vertical du Ballon, en observant son mouvement azimuthal, peut suppléer à ce défaut, & vous rendrez sûrement hommage à la promp-

titude extrême avec laquelle cet Astronome a pu accumuler les observations dans un si court espace de tems , malgré la rapidité du mobile qu'il avoit à suivre , & que le voisinage rendoit encore plus sensible. Je vais transcrire ici les deux journaux d'observations , tels que M. d'Agelet a eu la bonté de me les envoyer.

Observations faites par M. D'AGELET,
au dôme de l'Ecole Militaire.

Temps marqué par le Compteur.		Angles de hauteur du Ballon.	Angles de dé- clinaison du Ballon vers le N. E. à compter de- puis son dé- part.
5 ^h 1 ^m	1 ^{er} coup de canon.		
5 ^h 1 ^m 5 ^f	2 ^e coup de canon.		
5 ^h 2 ^m	Le Ballon est déjà à la hauteur du dôme.	o o	6 à 7 ^d
5 ^h 2 ^m 52 ^f	.....	53 ^d 40'	20 ^d
5 ^h 4 ^m	.....	59 ^d 40'	30 ^d
5 ^h 4 ^m 53 ^f	Grande pluie. 10 secondes environ après cette observa- tion, le Bal- lon disparoît tout - à - fait dans les nua- ges.	53 ^d 37'	
5 ^h 7 ^m	Le Ballon re- paroît un inf- tant.	33 ^d	67 ^d 15'

Observations faites par M. JEURAT, de
l'Académie Royale des Sciences, sur le comble
du Garde-Meuble de la place Louis XV.

Tems marqué par le Compteur.		Hauteur apparente du Ballon.
5 ^h 0 ^m 20 ^f	On entend le premier coup de canon.	
5 ^h 2 ^m 0 ^f	On voit le Ballon venant rapidement & décli- nant vers la droite.	
5 ^h 4 ^m 20 ^f	Le Ballon disparaît. La pluie empêche tota- lement d'observer.	28 ^d 40 ^f

Le vent qui souffloit alors étoit dans la
partie du sud-ouest, & portoit le son à très-
peu-près directement sur le Garde-Meuble :
c'est le tems de ce trajet qu'il s'agit ici d'é-
valuer.

Dans un air calme, & suivant des expé-
riences faites autrefois avec le plus grand
soin par l'Académie Royale des Sciences, le
son parcourt à-peu-près cent soixante-treize
toises par seconde, & se répand, en tout
sens, avec la même vitesse, autour du point
où il est excité; mais si la masse totale de
l'air environnant est emportée par un vent
quelconque, c'est une vitesse nouvelle à ajouter
à la première, pour tous les lieux qui sont
sous le vent : il faut la soustraire au contraire
pour tous les points auxquels le son n'arrive-
roit qu'en remontant contre l'origine du vent,
& pour les directions moyennes, la vitesse
réelle du son résulte de celle qui lui seroit
propre dans un air calme, & de celle du vent,
combinées ensemble, suivant les loix ordi-
naires de la composition des forces. Mais en
jugeant de la vitesse du vent qui souffloit le
27 Août, par l'espace de huit mille six cent
cinquante toises environ, qu'il fit parcourir au
Ballon, pendant les quarante-cinq minutes que
ce mobile fut en l'air, avant de tomber à Ecoen

près Gonesse, on trouve qu'elle étoit, à-peu-près, de dix-neuf pieds, ou de trois toises par seconde. C'est donc environ 176 toises de vitesse, par seconde, qu'il faut attribuer au son dans la direction de ce vent, & quand même la vitesse de celui-ci auroit été mal calculée, on voit que l'erreur qui en résulteroit sur celle du son, seroit à-peu-près insensible. Divisant donc les 1095 toises de distance, qui se trouvent entre l'Ecole Militaire & le Garde-Meuble, par 176, on trouve que le bruit du canon a dû parvenir à ce dernier poste en $6'' 13'''$ ou six secondes un quart à-peu-près.

Cela posé, quand le premier coup de canon a été tiré à l'Ecole Militaire, le compteur de M. d'Agelet marquoit $5^h 1'$. Il marquoit donc $5^h 1' 6'' \frac{1}{4}$, quand le bruit a été entendu au Garde-Meuble ; & comme alors la pendule de M. Jaurat ne marquoit, suivant ses observations, que $5^h 0' 20''$, il s'ensuit qu'elle retardoit sur le compteur de M. d'Agelet de $46'' \frac{1}{4}$ à-peu-près. Ajoutant donc cette différence à toutes les époques données par M. Jaurat, on aura les deux suites d'observations ramenées à un même tems. Tel est l'usage de ce coup de canon noté par les deux Observateurs, & sans lequel

il étoit certainement impossible de deviner la différence qui se trouvoit entre leurs pendules, quelque essentielle qu'elle fût à connoître. Vous concevez qu'un signal visible auroit été encore plus sûr, & que, la lumière se mouvant instantanément, il n'y auroit eu aucune réduction à faire. Mais voilà toujours les observations raccordées, & j'ai en conséquence réuni les deux journaux en un seul tableau, dont les tems sont pris sur le compteur de M. d'Agelet. J'y ai supposé l'angle du Ballon, nul à la fois pour les deux points d'observation, parce qu'ils sont en effet, à très-peu-près, dans le même niveau, suivant l'observation que fit encore M. d'Agelet pour s'en assurer.

TABLEAU comparatif des observations faites à l'Ecole Militaire & au Garde-Meuble.

Observations faites à l'Ecole Militaire.		Colonne des tems de chaque observation, commune aux deux suites à la fois.	Observations faites au Garde-Meuble.	
Angles de hauteur apparente.	Angles de déclinaison vers le N. E.		Angles de hauteur apparente.	
1er coup de canon.	.....	5h 1m 0f	.....	.....
Le Ballon est à la hauteur du dôme.	od 0' 6 à 7d.....	5h 1m 6f $\frac{1}{4}$	.....	od 0'
	.....	5h 2m 0f	.....	.....
Grande pluie.	53d 40' 20d.....	5h 2m 46f $\frac{3}{4}$	.....	.....
	59d 40' 30d.....	5h 2m 52f	.....	.....
	53d 37'.....	5h 4m 0f	.....	.....
Le Ballon disparaît dans les nuages, environ 10' après cette observation, ou à ,	.....	5h 4m 53f	.....	.....
	.....	5h 5m 3f	.....	.....
Le Ballon reparoît	.....	5h 5m 6f $\frac{1}{4}$	.....	28d 40'
	33d 0' 67d 15' . . .	5h 7m 0f	.....	.....

Ce tableau présente maintenant un accord très - satisfaisant entre la succession des évènements tels qu'ils ont dû paroître à ces deux points , éloignés l'un de l'autre d'une distance assez considérable : il en résulte que la pluie épaisse s'est fait sentir à l'Ecole Militaire treize ou quatorze secondes plutôt qu'au Garde-Meuble ; & en effet, les nuages venans du sud-ouest, il devoit y avoir, à cet égard, une différence, quoiqu'elle soit bien éloignée de dépendre uniquement de la vitesse du vent : celle avec laquelle se propage la cause quelconque qui précipite les vapeurs suspendues dans l'atmosphère, est bien plutôt le véritable élément de cette succession, & il y auroit, à ce sujet, des considérations à développer, très-intéressantes peut-être pour l'objet des observations météorologiques ; mais je n'oublie point que cette lettre en a un tout différent, & je me borne à vous faire remarquer les circonstances qui peuvent servir à éprouver le degré de confiance que mérite le tableau que je viens de vous mettre sous les yeux. L'intervalle de trois secondes, à-peu-près, dont on y voit que la disparition du Globe pour l'Ecole Militaire, a précédé son occultation par rapport au Garde-Meuble, tient encore aux mêmes causes ; & il est tout simple



que la pluie qui tomboit alors , ait contribué pour quelque chose , à le dérober aux yeux des spectateurs. Le tableau comparatif que je viens d'établir , porte donc toutes les marques de vérité propres à le faire regarder comme un historique exact de ce qui s'est passé dans la courte durée de l'expérience du 27 Août : passons à l'usage qu'on en peut faire.

L'objet de cette comparaison des observations , faites en deux lieux différens , étoit d'en trouver au moins deux qui fussent faites en même - tems , & qui appartenissent par conséquent à une position unique du Ballon ; mais le tableau dont il s'agit ne présente point ainsi d'observations simultanées : parmi les époques de M. d'Agelet , celle qui se trouve la plus voisine du seul instant où M. Jeaurat ait pris la hauteur du Ballon , le précède encore de 13 secondes $\frac{1}{4}$, & l'espace que le mobile a dû parcourir pendant cet intervalle , est bien plus considérable qu'il ne faut pour occasionner une erreur grossière , si l'on entreprenoit de combiner ensemble ces deux observations. Vous voyez , Monsieur , que si le tems & les circonstances eussent permis de les multiplier de part & d'autre , cet embarras se trouveroit prodigieusement diminué : moins d'intervalle entre les observations , auroit laissé la liberté de

de faire sur les tems des changemens sans conséquence , ou plutôt chaque suite étant assez nombreuse pour présenter entre ses termes une loi quelconque , on auroit pu sans erreur sensible , calculer bien simplement ceux qu'on auroit eu à intercaler. Mais il faut faire usage de ce tableau tel qu'il est , & suppléer à son insuffisance , en tâchant de trouver un angle de hauteur , qui , inféré dans une des deux suites , puisse être regardé comme appartenant au même instant que quelqu'une des observations de l'autre.

Or , je remarque d'abord , par la loi que suivent entr'eux les angles de hauteur observés par M. d'Agelet , qui , après avoir été en croissant , avoient déjà commencé à diminuer lors de son avant-dernière observation , qu'alors le Ballon venoit de passer par le point de sa courbe où son changement de place influoit le moins sur la hauteur apparente observée du dôme de l'Ecole Militaire : de sorte que de très-petites différences sur ces angles de hauteur en auroient alors occasionné de fort grandes sur le lieu réel du mobile. Ce seroit donc une opération très-sujette à erreur , que d'intercaler un terme de plus dans la suite des observations de M. d'Agelet , quand même on seroit certain de le calculer d'une manière

fort approchée ; & il est beaucoup plus sûr de faire cette correction au journal du Garde-Meuble , dont la position vers l'intérieur de la concavité de la courbe décrite par le Globe , en rend les erreurs infiniment moins importantes. J'ai donc cherché quel auroit dû être à-peu-près l'angle de hauteur trouvé par M. Jeaurat, s'il eût observé le Ballon en même-tems que M. d'Agelet, ou 13 secondes $\frac{1}{4}$ plutôt qu'il ne l'a fait.

Si la hauteur réelle du Globe , quand il est disparu pour M. Jeaurat , nous étoit connue ainsi que la loi de son mouvement , le calcul de l'angle sous lequel il auroit dû lui paroître 13" plutôt , seroit aussi aisé à faire en rigueur , qu'il seroit inutile ; mais il s'agit ici de faire des suppositions , & tout l'art consiste à les prendre de manière que quelqu'erreur qu'elles puissent contenir , elles en produisent une excessivement moindre , ou même n'en produisent pas du tout sur le résultat qu'on cherche : c'est une application de cette méthode , qui a fourni à l'arithmétique la règle des fausses positions : c'est elle encore qui donne à l'analyse le plus grand nombre de ces approximations , par suites infinies , sans lesquelles on seroit forcé d'abandonner bien des questions.

J'aurois donc pu supposer tout simplement



les angles de hauteur proportionnels aux tems écoulés , & déduire en conséquence sur l'angle de 28^d 40', observé par M. Jeaurat , une quantité proportionnelle aux 13 secondes un quart , dont il faut avancer son observation. Mais pour être plus exact , j'ai employé les hypothèses suivantes.

1°. Que , l'accélération du mouvement ne tarde pas à être détruite par la résistance de l'air , de sorte qu'au bout d'un tems très-court , la vitesse cesse d'augmenter sensiblement , jusqu'à ce qu'au contraire elle vienne à diminuer effectivement. Alors le mouvement devient presque uniforme , & l'on peut supposer les hauteurs du Ballon , à-peu-près proportionnelles aux tems , du moins pour une partie assez considérable de sa course , & pour des instans peu différens.

2°. Que les espaces parcourus horizontalement dans la direction du vent , le sont aussi avec une vitesse sensiblement uniforme , au moins après les premiers instans.

3°. Que la hauteur du Ballon , lorsque M. Jeaurat l'a perdu de vue , étoit entre 450 & 500 toises , comme s'accordent à l'indiquer la plupart des approximations qu'on a publiées.

Du reste , la vérité rigoureuse de toutes ces suppositions , est si peu importante pour le

E ij



résultat cherché, qu'en calculant successivement d'après les deux hauteurs de 450 & de 500 toises, qui diffèrent pourtant beaucoup entre elles, la valeur de l'angle qu'il faut avoir, ne varie que de 13 minutes, & qu'en adoptant la première & la plus simple de nos hypothèses, quoique probablement la plus fautive, elle n'ajoute pas 1' à cette incertitude ; de sorte que l'angle sous lequel M. Jeurat auroit dû voir le Ballon, en observant 13 secondes $\frac{1}{4}$ plutôt, est nécessairement entre $26^{\text{d}} 24'$ & $26^{\text{d}} 38'$. Or, je remarque que cette différence d'un quart de degré, n'en produiroit pas une de $\frac{1}{4}$ toises sur la hauteur réelle du Ballon, & je me détermine en conséquence pour la valeur, à-peu-près moyenne de $26^{\text{d}} 30'$, pour laquelle il est, par conséquent, très-probable qu'il n'y a pas 2 toises d'erreur à craindre (*).

(*) Voici le calcul de ces différentes déterminations :

On trouve que le tems écoulé depuis $5^{\text{h}} 2'$ que le Globe étoit au niveau des deux lieux d'observation, jusqu'à $5^{\text{h}} 5' 6'' \frac{1}{4}$, moment de l'observation de M. Jeurat, est de $186'' \frac{1}{4}$; tandis qu'on veut avoir la hauteur apparente pour un moment antérieur à celui-ci de $13'' \frac{1}{4}$, ou au bout d'un tems de $173''$ seulement. Ainsi, d'après la première supposition, que les tems soient comme les hauteurs, on aura la proportion : $186'' \frac{1}{4} : 173'' ::$ l'angle observé ou $28^{\text{d}} 40'$: l'angle cherché. Cet angle se trouve par conséquent de $26^{\text{d}} 37' \frac{1}{2}$

Il paroît donc qu'on peut maintenant raisonner comme s'il existoit dans le tableau deux observations simultanées, ainsi qu'il suit.

à $5^{\text{h}} 4' 53''$	M. d'Agelet a observé,	M. Jeurat a observé,
	$53^{\text{d}} 37'$	$26^{\text{d}} 30'$

Cela posé, si l'on connoissoit en même-tems la distance à laquelle le Ballon se trouvoit de l'un des deux points, il n'y auroit qu'un trian-

à-peu-près. Tel est le résultat de la première détermination.

Quant à la seconde, pour laquelle on a supposé le Ballon élevé de 500 toises, quand il paroïsoit à M. Jeurat, sous un angle de $28^{\text{d}} 40'$, on trouve, en résolvant le triangle rectangle, qu'il auroit dû alors être éloigné horizontalement du Garde-Meuble de 914 toises, & avoir, conséquemment, parcouru, pour s'en rapprocher, un espace de 781 toises, puisqu'il en étoit originairement éloigné de 1095. Faisant donc les deux proportions des tems avec les espaces parcourus tant horizontalement qu'ascensionnellement, il en résulte que $13'' \frac{1}{4}$ plutôt, il n'auroit eu que 464 toises d'élévation, & auroit encore été distant du Garde-Meuble de 926 toises. Ces deux données suffisent pour calculer dans ce cas la hauteur apparente, qui auroit été de $26^{\text{d}} 37'$ à-peu-près.

Faisant enfin le même calcul, pour une hauteur supposée de 450 toises, la valeur qu'on obtient pour l'angle cherché, est de $26^{\text{d}} 24'$.

Voilà donc trois valeurs, dont les limites ne diffèrent

gle à résoudre pour en conclure l'élévation, & c'est en appréciant cette distance à l'estime qu'ont été calculées les hauteurs dont a déjà fait part au Public : méthode pour laquelle il n'est pas besoin d'avoir plusieurs points d'observation. Mais il est maintenant possible d'avoir un moyen plus précis, & de déduire des deux hauteurs apparentes que nous avons, quel étoit, à très-peu de chose près, le point du terrain auquel répondoit le Globe, & , par conséquent, sa distance à chacun des deux points d'observation.

Je considère pour cela une perpendiculaire à l'horizon abaissée du Ballon : le point auquel elle rencontre le plan horizontal, est celui que nous avons à chercher. Or, cette verticale est évidemment la hauteur commune de deux triangles rectangles, dont les bases sont les distances du pied de cette verticale, à chacun des deux points d'observation, & qui ont pour angle à la base, la hauteur apparente observée du point auquel chaque triangle appartient. Il résulte de-là, que les distances du pied de cette perpendiculaire,

pas de 15'. Mais pour une distance de 926 toises, qui répond à la supposition la plus forcée, 15 minutes ne valent que 4,041 toises; il n'y a donc pas 2 toises d'erreur à craindre, en prenant une valeur moyenne.

à chacun des deux lieux d'observation, sont dans un rapport connu; savoir, comme les tangentes des complémens des angles de hauteur observés : rapport, qui, pour la valeur de nos angles, se trouve être celui des nombres 7368 & 20057. Nous savons donc maintenant qu'à l'instant des deux observations dont il s'agit, la distance horizontale du Globe par rapport à l'Ecole Militaire, étoit à sa distance par rapport au Garde-Meuble, comme 7368 est à 20057. Je vous prie de commencer à jeter les yeux sur la carte jointe à cette lettre.

Mais cette condition ne suffit pas pour déterminer la projection que nous cherchons : un grand nombre de points peuvent avoir la même propriété, & en résolvant le problème très-simple auquel cette question donne lieu, on trouve que tous ceux qui appartiennent à un cercle MPN , dont le centre C , soit à 171 toises du dôme de l'Ecole Militaire, dans la direction prolongée du Garde-Meuble, & dont le rayon soit de 465 toises, satisfont à cette condition, que leurs distances à l'Ecole Militaire & au Garde-Meuble soient dans le rapport assigné (*). Notre problème est donc encore indéterminé.

(a) Soient A & B (fig. 2) les deux points donnés; QMY la courbe telle que les distances MA , MB

Voilà le moment, Monsieur, où vous voyez avec évidence la nécessité d'une troisième observation. Car, en la combinant avec quelque'une des deux que nous avons, il en ferait résulté de même un autre cercle sur lequel le point cherché auroit dû encore se trouver, &

soient dans un rapport constant ou comme des nombres connus que nous désignerons par m & n . Adoptons les dénominations suivantes : $AB = a$; $AP = z$; $PM = y$;

on aura $AM : BM :: m^2 : n^2$; & par conséquent $z^2 + y^2 : (a - z)^2 + y^2 :: m^2 : n^2$; d'où l'on tire l'équation $(n^2 - m^2) y^2 + (n^2 - m^2) z^2 + 2 a m^2 z - a^2 m^2 = 0$, laquelle appartient évidemment au cercle, puisque les coefficients des carrés des coordonnées sont égaux.

Mais soit C un point quelconque, tel que $AC = b$ & où l'on transporte l'origine des abscisses, de sorte que CP soit nommé x , on aura évidemment $AP = CP - AC$ ou $z = x - b$. Mettant pour z cette valeur dans l'équation ci-dessus, & déterminant b de manière que le coefficient de x s'évanouisse, on aura $b = \frac{a m^2}{n^2 - m^2}$.

& l'équation deviendra $x^2 + y^2 = \left(\frac{a m n}{a^2 - m^2} \right)^2$ équation d'un cercle dont le rayon est $\frac{a m n}{n^2 - m^2}$; prenant AC

& CF tels que ce calcul les donne, & substituant pour a, n, m , les nombres 1095, 7368, & 20057, on sera en état de décrire le cercle qui convient aux deux observations qu'on examine.

par conséquent l'intersection des deux cercles auroit donné ce point à la rigueur. Calculant alors la hauteur réelle du mobile, par le moyen de sa distance à quelqu'un des trois lieux d'observation, on auroit eu bien simplement sa position absolue. Telle étoit la méthode que j'avois à exposer, pour trouver avec facilité la situation d'un point dans l'espace, par le moyen de trois observations simultanées.

Mais nous n'en avons que deux, & il s'agit d'employer quelque'autre moyen pour trouver à-peu-près, le point du cercle auquel le Ballon répondoit. Or, c'est à quoi plusieurs considérations pourront nous conduire.

J'observe d'abord que si la direction du vent qui souffloit alors, étoit connue avec précision, il n'y auroit qu'à mener par le point B , d'où est parti le Ballon, & qui est distant du dôme de l'Ecole Militaire, de 129 toises, une ligne BV suivant la direction du vent : elle couperoit évidemment le cercle au point cherché. Mais quoiqu'on sache que le vent venoit alors du sud-ouest, cette sorte d'indication, fondée sur un simple aperçu, est bien éloignée du degré de précision nécessaire pour l'objet qui nous occupe ici ; & outre qu'elle ne sauroit donner de la direction du

vent, qu'une idée approchante à 10 ou 12 degrés près, elle ne peut d'ailleurs rendre compte des variations brusques & instantanées qui y surviennent si fréquemment, quand l'état de l'air n'est pas fixe; on ne peut donc tirer que des renseignemens très-vagues de cette espèce de donnée.

Nous aurions encore une manière bien simple de déterminer le point que nous cherchons, si le soin qu'a pris M. d'Agelet, de mesurer assez souvent les angles de déclinaison vers le nord-est, avoit pu nous fournir une observation de ce genre, pour le moment dont il s'agit ici; car, en menant une ligne EQ , faisant avec la ligne du milieu du champ de Mars un angle égal à celui qui auroit été observé, cette ligne eût évidemment coupé le cercle au point qu'on desire de déterminer. Mais malheureusement cet angle manque dans le tableau, vis-à-vis de l'observation qui nous occupe, & les autres en sont trop éloignées pour qu'on puisse penser à intercaler celui-ci.

J'observe pourtant que, malgré cette difette apparente de toutes espèces de moyens, il est possible de faire un grand usage des angles de déclinaison, observés dans d'autres instans: ils peuvent en effet servir à donner une idée assez juste de la marche du Ballon dans le sens hori-

zontal; & le dernier sur-tout, observé plus de 5' après son départ, & lorsqu'il avoit déjà acquis une hauteur assez considérable, fera d'autant plus utile à cet objet, qu'il est infiniment à préférer que le mobile, sorti alors de la région inférieure, où les effets & les causes locales influent le plus sur les mouvemens de l'air, devoit avoir acquis depuis long-tems une marche régulière: d'ailleurs, la grande distance où il devoit être alors, par rapport au point de départ, en rendroit les écarts d'autant moins sensibles pour l'objet que nous avons à remplir. Ce sera donc en déterminant quelle pouvoit être à-peu-près la position du Globe, à l'instant de cette dernière observation, que nous allons juger de la vraie direction du vent; & faisant la même opération pour les deux autres époques auxquelles M. d'Agelet a encore mesuré la déclinaison, nous obtiendrons un ensemble de résultats, dont la comparaison pourra servir beaucoup à nous mettre en état de tracer sur la carte la projection horizontale de la route réelle du Ballon.

Je mène donc d'abord la ligne ET , faisant avec la ligne de milieu du champ de Mars, un angle $BE T$, égal aux 67 degrés $\frac{1}{4}$ de déclinaison que trouva M. d'Agelet, quand il

revit le Globe pour la dernière fois, sous une hauteur apparente de 33 degrés seulement. Je suis sûr, par conséquent, que le mobile répondoit alors verticalement à quelqu'un des points de cette ligne. Je fais de plus, par la comparaison des tems, que son élévation étant entre 450 & 500 toises, comme je l'ai déjà rappelé ci-devant, lorsqu'il disparut pour M. Jaurat, à $5^h 5' 6'' \frac{1}{4}$, devoit être entre 700 & 800 toises à $5^h 7' 0''$, instant dont il s'agit actuellement : & c'est pour éviter soigneusement toute supposition hasardée, que j'adopte ici une latitude aussi grande. Calculant donc le triangle à résoudre, pour conclure de la hauteur du Ballon, quelle étoit alors sa distance à l'Ecole Militaire, je la trouve entre 1077 & 1231 toises, & , prenant un point T , moyen entre ces deux limites, je mène la ligne BT , que je regarde en conséquence comme la direction du vent. Il ne s'agit plus que de la déterminer par le calcul; mais je suis d'autant plus tranquille sur la certitude du résultat, que, vu la grande obliquité des deux lignes BT & ET , il faudroit, sur la grandeur de celle-ci, une erreur immense pour occasionner, sur la direction de l'autre, une différence appréciable. Résolvant en effet le triangle $BE T$, dans lequel l'angle E , & le

côté BE sont connus, & supposant successivement la distance ET , égale aux deux nombres donnés ci-dessus pour limites, on trouve que l'angle $EB T$ ne peut varier qu'entre $106^d 8' \frac{1}{2}$ & $106^d 59' \frac{1}{2}$. Voilà donc la direction du vent déterminée à moins d'un degré près, & il est infiniment probable que c'est cette route que le Ballon a tenue.

Pour examiner maintenant comment cette direction quadre avec les autres positions du Globe, je mène encore les lignes EQ , ER , faisant, avec la ligne de milieu du champ de Mars, des angles égaux aux deux autres déclinaisons que M. d'Agelet a aussi déterminées; de sorte que l'angle $BE Q$ de 30 degrés, appartient à $5^h 4'$, tandis que l'angle BER de 20 degrés, appartient à $5^h 2' 52''$; & je commence par chercher à quel point de la ligne EQ , correspondoit à-peu-près le Ballon au moment où il a été observé.

Je pars toujours de la supposition que, lors de la disparition, la hauteur acquise étoit entre 450 & 500 toises, & j'en conclus, par la comparaison des tems, que cette élévation, à $5^h 4'$, étoit entre 290 & 322 toises; d'où il est facile de conclure, par la résolution du triangle dont la hauteur apparente, observée

pour cet instant, détermine la construction, que la distance horizontale du Globe, par rapport à l'Ecole Militaire, étoit alors entre $169\frac{1}{2}$ & $188\frac{1}{2}$ toises; mais si la ligne BT est en effet la route que le Ballon a décrite, le point m où elle coupe la ligne EQ , en détermineroit la position pour l'instant dont il s'agit, & doit par conséquent quadrer avec les limites qu'on vient de trouver; c'est en effet ce qui arrive: car, en résolvant le triangle $BE m$, & supposant à l'angle $EB m$, successivement les deux valeurs trouvées plus haut, on obtient pour Em les deux quantités presque égales, 179 & 181 toises, qui se trouvent, comme on voit, entre les limites $169\frac{1}{2}$ & $188\frac{1}{2}$, & dont, par une sorte de hazard singulier, la moyenne est à une toise près la même. Tout se réunit donc jusqu'ici pour confirmer que la ligne BT est bien réellement la direction du vent qui souffloit lors de l'expérience du 27 Août, & que le Ballon a suivi à-peu-près cette route, au moins depuis m jusqu'en T : voyons ce que la première observation de M. d'Agelet, qui nous reste encore à discuter, nous apprendra de plus sur le commencement du trajet de ce mobile.

En adoptant toujours pour limites de la hauteur du Ballon, lors de sa disparition, les

termes 450 & 500 toises, dont la grande latitude permet ensuite de faire, sans erreur, les suppositions les plus commodes sur la loi de ses élévations successives; nous continuerons, pour cette observation, à prendre les hauteurs proportionnelles aux tems: il en résultera, qu'à l'instant dont il s'agit, la hauteur du Globe devoit être entre $125\frac{1}{2}$ & $139\frac{1}{2}$ toises: d'où concluant la distance par le moyen de la hauteur apparente qui étoit alors de $53^d 40'$, on trouvera qu'elle étoit entre les limites $92\frac{1}{2}$ & $102\frac{1}{2}$ toises. Portant donc ces distances, dont la différence est à peine sensible sur la carte, sur la ligne ER , à laquelle nous avons vu que le Ballon devoit correspondre alors, on aura à-peu-près le point n , projection horizontale du lieu qu'il occupoit.

Vous êtes sans doute étonné, Monsieur, de voir ce point tomber fort loin à droite de la ligne BmT , avec laquelle les résultats qui précédent, sembloient devoir le faire coïncider: mais comme il est impossible de douter de l'exactitude des observations sur lesquelles la détermination est fondée, & qu'il faudroit cependant y supposer des erreurs tout-à-fait improbables, pour apporter un changement notable à cette position du point n , il me paroît établi avec évidence, que le Ballon

s'est mu d'abord vers la droite , pour aller de B en n , & qu'il est ensuite revenu en m , par le mouvement contraire. Vous pouvez en effet vous rappeler, Monsieur, que pendant la première minute du mouvement du Ballon, les Spectateurs qui environnoient le lieu d'où il est parti, furent obligés, pour le suivre des yeux, de se tourner de plus en plus vers le dôme des Invalides & même vers l'extrémité des bâtimens de l'Ecole Militaire; ce qui quadre tout-à-fait avec la direction Bn , que nous venons de trouver pour la première portion de sa route (*).

Mais comment accorder cette marche circulaire & bizarre avec la direction du vent, qui nous sembloit si bien connue, & qui n'auroit pu emporter le Ballon, que suivant la ligne droite Bm ? C'est à quoi des réflexions bien simples sur ce qui se passe tous les jours dans l'atmosphère, vont nous conduire tout naturellement. Une cause subite & ac-

(*) Depuis cette Lettre écrite, M. Jeaurat m'a dit avoir vu en effet le Ballon décliner d'abord vers sa gauche, avant de se déterminer à suivre la droite à demeure: ce qu'il rend par cette expression que le Globe lui parut monter d'abord obliquement, puis se redresser. Tout confirme donc ce qu'on a trouvé ici.

cidentelle,

cidentelle, qui occasionne dans l'air un mouvement particulier, n'empêche pas en effet que la masse entière ne puisse être emportée suivant une direction déterminée: il en résulte seulement des oscillations, qui, se combinant avec le mouvement général, produisent des directions obliques & successivement opposées, jusqu'à ce que la tendance à l'équilibre, & la dispersion du mouvement local en tous sens, aient bientôt détruit ces oscillations, pour ne laisser subsister que l'effet de la cause constante; alors l'air continue de se transporter en ligne droite, tant qu'une cause nouvelle n'y vient pas occasionner de nouvelles perturbations. C'est ce qui, selon toutes les apparences, est arrivé au moment où le Ballon a été abandonné: il est en effet impossible d'infirmer la méthode d'où nous avons tiré, à moins d'un degré près la direction du vent principal; mais tout indique qu'à l'instant du départ du Globe, il est survenu dans l'air une oscillation latérale, qui s'est restituée pendant le tems qu'il a mis à se rendre de B en m ; & si l'on fait attention que c'est encore au même instant que les nuages, formés depuis long-tems, & suspendus dans l'atmosphère, ont été déterminés à se résoudre en pluie, on ne sera pas embarrassé de trouver

F

des causes à cette agitation subite (1). Quoi qu'il en soit, l'oscillation dont il s'agit a bien certainement eu lieu; mais le retour du Ballon dans la ligne $B m T$, est une puissante raison de croire qu'il a ensuite continué de la suivre, du moins à-peu-près.

Il faut pourtant faire attention qu'un mouvement quelconque dans l'air ne pouvant guère se détruire en entier après une seule oscillation, il est fort à présumer que le Ballon a ensuite été emporté quelque peu vers la gauche de la ligne $B m T$, pour la couper de nouveau, & peut-être plus d'une fois avant d'y revenir à demeure : & si l'on connoissoit

(1) Quand une masse de vapeurs se condense pour former la pluie, son volume diminue évidemment dans le rapport de sa pesanteur spécifique à celle de l'eau elle-même : il se fait donc un vuide presque absolu, dont l'effet est d'exciter de tous côtés des courans d'air qui viennent le remplir. Or je tiens de M. le Gentil qu'il pleuvoit à l'Observatoire, & même très-fort, dès avant que le Globe s'élevât : Il suit delà que, la précipitation successive des vapeurs ayant commencé dans le sud-est de l'Ecole Militaire, pour se propager vers la partie opposée, l'air a dû être attiré d'abord du côté du sud-est, & bientôt après dans la direction contraire : ce qui suffiroit seul pour expliquer comment le Ballon a d'abord été transporté à droite de la ligne $B T$, & ramené ensuite dans cette ligne.

la durée de ces balancemens, on feroit en état de déterminer les différens points μ , où se feroient ces intersections; mais outre que cette considération deviendroit minutieuse pour l'objet dont nous nous occupons, nous n'avons aucune des données de cette espèce de problème. Nous savons seulement, par le journal de M. Jeurat, que le Ballon lui paroissant déjà se mouvoir vers sa droite, six secondes environ avant l'instant où M. d'Agelet l'a vu au point n , il en résulte que le sommet de la courbe $B n m$, est un peu avant ce point : d'où il paroît que le Ballon a mis sensiblement plus de tems à revenir dans la ligne $B T$, qu'à s'en écarter, & qu'ainsi les oscillations devenant de plus en plus lentes (1), & d'ailleurs

(1) C'est à $5^h 2' 46'' \frac{1}{4}$ que M. Jeurat voyoit déjà le Ballon décliner vers sa droite; il avoit donc alors commencé à revenir vers la ligne $B T$: mais à $5^h 2'$ le Ballon étoit à la hauteur du dôme de l'Ecole Militaire, & l'on peut évaluer à $8''$ à-peu-près, le tems qu'il lui a fallu pour acquérir cette élévation; il étoit donc en mouvement depuis $54'' \frac{1}{4}$ tout au plus, quand il a terminé la première partie de son oscillation; & comme il n'est revenu en m qu'à $5^h 4'$, il s'ensuit qu'il a mis $19''$ de plus au retour, & que par conséquent, il avoit une tendance marquée à ralentir de plus en plus les balancemens que l'impression du premier pouvoit entretenir.

La vitesse horizontale du Ballon paroissant s'être beaucoup augmentée à mesure qu'il s'élevoit davantage, le point μ doit être non-seulement beaucoup plus éloigné du point m , que celui-ci ne l'est du point B ; mais encore fort au dehors du cercle MPN , auquel nous avons vu que le Globe répondoit $53''$ seulement après l'observation du point m , tandis que l'oscillation Bnm en a duré au moins 120. Il suit delà que, si une seconde oscillation a eu lieu, elle n'étoit pas à beaucoup près achevée quand le Ballon est passé au-dessus du cercle MPN , & que par conséquent le point de ce cercle, qui lui correspondoit alors, doit être un peu sur la gauche de la ligne BT ; mais la tendance au ralentissement que nous venons de reconnoître, montrant en même-tems une disposition très-prochaine à l'extinction totale des balancemens, il est fort à présumer que cet écart du Ballon étoit très-peu considérable.

Ayant donc tracé sur la carte jointe à cette lettre, la route qu'il paroît que le Ballon a tenue, & dont plusieurs points nous sont connus maintenant à bien peu de chose près, revenons à l'objet qui a occasionné toute cette discussion, & qui va désormais être bien simple. Il s'agissoit en effet de trouver le point du

cercle MPN auquel le Globe répondoit lors des deux observations comparées de l'Ecole Militaire & du Garde-Meuble : or il est maintenant évident que c'est le point z où ce cercle est coupé par la route du Ballon, & il ne s'agit plus que de le déterminer par le calcul. Mais comme rien ne nous apprend à quelle distance ce point se trouve de la ligne BT , quoique nous sachions bien qu'elle est très-peu de chose, bornons-nous à chercher le point u où le même cercle est coupé par cette ligne; sauf à ne pas oublier que nous savons d'avance par là dans quel sens est l'erreur très-légère dont le résultat sera susceptible. Reprenant donc les limites que nous avons trouvées ci-dessus pour la valeur de l'angle EBT , nous choisirons celle qui rapproche le plus le point u du point z , & nous supposerons en conséquence l'angle EBT de 107 degrés, pour éviter une fraction de minute, dont l'effet seroit ici totalement insensible.

Le reste ne présente plus aucune difficulté, & s'achève par la résolution d'une suite de triangles, qu'on formera en menant les lignes BC , uC & Eu ; il faut se rappeler que la distance CE , dont le centre du cercle MPN est éloigné du dôme de l'Ecole Militaire, est de 171 toises, que le rayon de ce cercle est

a 465, & que le point *B*, d'où est parti le Ballon, est à 129 toises du point *E*. Quant à l'angle *BEG*, que nous avons encore besoin de connoître, & qui est formé par la ligne de milieu du Champ de Mars, & celle qui vient du Garde-Meuble au dôme de l'Ecole Militaire, nous le prendrons de 86 degrés, comme les meilleures cartes s'accordent à le donner. Il résulte de ce calcul, dont tout l'objet est de déterminer la ligne *Eu*, que cette ligne, exprimée en toises & en fractions décimales de toises, est de 315,67 toises (1). Si donc le

(1) Voici le détail de ce calcul :

Dans le triangle *BEC*, l'on connoît *BE* de 129 toises, *CE* de 171, & l'angle *BEC*, supplément de l'angle *BEG*, qui est par conséquent de 94 degrés. On en conclura l'angle *ECB* de 50^d 26', 28; l'angle *ECB* de 35^d 33', 72 & la ligne *BC* de 221,2 toises : les fractions de minutes & de toises étant exprimées en décimales.

Ajoutant l'angle *EB C*, qui vient d'être déterminé, avec l'angle *EB u*, que nous savons être de 107^d, on aura *u BC* de 157^d 26', 28; & l'on connoitra de plus, dans le triangle *u BC*, le côté *BC*, qui vient d'être déterminé, & le côté *u C*, qui étant un rayon du cercle, est de 465 toises. Résolvant donc ce triangle, on trouvera le côté *Bu* de 252,85 toises. Résolvant enfin le triangle *BuE*, où l'on connoît maintenant *Bu*, *BE* & l'angle compris, on trouvera l'angle *BE u*, qui mesure la déclinaison, de 49^d, 59', 74 & *Eu* de 315,67 toises.

Ballon, à l'instant dont nous nous occupons, avoit correspondu au point *u*, où la direction du vent coupe le cercle *MPN*, sa distance horizontale par rapport à l'Ecole Militaire, auroit été alors telle que nous venons de la déterminer. Mais nous avons vu ci-dessus qu'il y a tout à présumer que ce mobile étoit alors en *z*, un peu à gauche de la direction principale du vent; il y auroit donc quelque chose à ajouter à cette distance. Comme nous n'avons néanmoins aucun élément de cette correction qui dépend uniquement de l'amplitude inconnue de la seconde oscillation que le Ballon a dû faire en conservant l'impression de la première, nous nous bornerons à regarder ce résultat comme une approximation un peu au-dessous du vrai, & il en fera de même de la hauteur que nous allons en conclure.

Cette élévation qu'avoit acquise le Ballon, lors de l'observation dont il s'agit, se déduit en effet fort simplement de la hauteur apparente mesurée par M. d'Agelet, du moment que la distance horizontale est censée connue. Résolvant donc le triangle rectangle dont la base est de 315,67 toises, & l'angle de hauteur égal à 53^d. 37', on trouvera que la hauteur cherchée du Ballon

Fig

étoit un peu plus que 428 toises & demie.

Il sera facile encore de conclure de tout ceci, quelle étoit à-peu-près l'élevation du Globe, quand il disparut pour M. Jeurat, c'est-à-dire $13 \frac{1}{4}$ secondes après la position que nous venons de déterminer; car pour des instans aussi voisins l'un de l'autre, on peut, sans grande erreur, regarder les hauteurs comme proportionnelles aux tems. Il résulte de cette supposition, qu'à l'instant de la disparition dont il s'agit, la hauteur de la Machine étoit d'environ $461 \frac{1}{3}$ toises: ce résultat étant toujours regardé comme un peu trop foible, ainsi que celui duquel il est déduit, & par les mêmes raisons.

Il est enfin très-aisé de connoître le point du terrain auquel le Ballon répondoit verticalement à l'instant de sa disparition; il n'y a qu'à calculer sa distance horizontale par rapport au Garde-Meuble, d'où il fut observé alors sous un angle de $28^{\text{d}} 40'$: cette distance se trouve par ce moyen d'environ 844 toises. Décrivant donc du Garde-Meuble comme centre, un arc de cercle de ce rayon, il coupera la route du Ballon en un point *t*, qui sera le point cherché. En le rapportant sur la carte, on trouve qu'il tombe à très-peu près sur l'extrémité de la rue S. Dominique, au Gros-Caillou, à distances

égales de l'église S. Pierre & de la rue de la Vierge.

D'après la méthode que j'ai suivie pour ces différentes déterminations, vous jugerez, Monsieur, fort peu utile sans doute d'en comparer les résultats avec ceux qui ont été publiés: le calcul de ceux-ci n'ayant été fondé que sur des estimations arbitraires des distances horizontales, tandis qu'elles ont été ici déterminées d'une manière scrupuleuse; mais il est seulement singulier que toutes ces évaluations se soient accordées à faire la hauteur du Globe beaucoup plus considérable qu'elle n'a été réellement. En ajoutant en effet les 20 toises de hauteur du dôme de l'Ecole Militaire, du niveau duquel sont comptées toutes nos hauteurs, aux 461 toises que nous venons de déterminer, il y en manqueroit encore 38 pour faire les 519 dont on a parlé dans plusieurs papiers. Quant à l'élevation de 488 toises, qui a été conclue de la hauteur apparente de $14^{\text{d}} 3'$, mesurée par M. le Gentil à l'Observatoire, elle est encore dans le même cas: car à moins de supposer que le Ballon ait disparu beaucoup plus tard pour ce point éloigné, ce qui ne s'accorderoit guère avec ce que nous savons de la pluie qui s'y étoit fait sentir plutôt qu'à l'Ecole Militaire, il n'est pas possible d'ad-

mettre une aussi grande différence entre les élévations. C'est au reste ce qu'il nous est aisé de vérifier par le moyen de l'azimut du Globe, que M. le Gentil a aussi déterminé à-peu-près (1). Menant en effet par le point *I*, qui représente le dôme des Invalides, une ligne *Ir*, dirigée sur l'Observatoire, & une autre *Ls* deux à trois degrés à l'ouest de la première, le point *s*, où elle coupe la route du Ballon, fera le lieu où il existoit alors. Or, ce point, très voisin du point *t*, où nous avons vu que M. Jeaurat avoit perdu la Machine de vue, indique déjà qu'il ne doit pas y avoir eu une grande différence entre ces deux disparitions. Mais nous avons une donnée plus certaine, dans la distance connue du point *s*, par rapport à l'Observatoire, qui est d'environ 1800 toises. Résolvant donc le triangle formé sur cette distance, par la hauteur apparente de $14^{\text{d}} 3'$, nous trouverons qu'au moment dont il

(1) M. le Gentil m'a expliqué de combien il avoit vu le Ballon à l'ouest du dôme des Invalides : il a même bien voulu retourner sur la plate-forme, avec un instrument, pour rendre sa réminiscence plus parfaite par l'aspect même des lieux ; & il en est résulté de cette espèce d'observation faite après coup, que l'azimut occidental du Ballon, par rapport au dôme des Invalides, étoit, lorsqu'il disparut pour M. le Gentil, de 2 à 3^{es}.

s'agit, l'élévation du Globe étoit de $451 \frac{1}{2}$ toises au-dessus de la plate-forme de l'Observatoire, & non pas de 488 : à quoi ajoutant 9 toises, dont cette plate-forme est plus élevée que le dôme de l'Ecole Militaire (1), on aura $460 \frac{1}{2}$ toises pour la hauteur du Globe au-dessus du dôme de l'Ecole Militaire, au moment de l'observation de M. le Gentil. Cette élévation, un peu moindre que celle de $461 \frac{1}{2}$ toises, trouvée pour l'observation de M. Jeaurat, que nous savons même être un peu trop foible, prouve que l'occultation du Ballon pour l'Observatoire, a plutôt précédé que suivi sa disparition pour le Garde-Meuble : ce qui est tout-à-fait conforme aux indices résultans de la direction du vent, & de la succession de la pluie.

(1) M. le Gentil a eu la bonté de faire à ma demande les observations nécessaires pour établir cette différence de niveau, & plusieurs autres. L'angle sous lequel il a vu le dôme de l'Ecole Militaire, plus bas que le niveau de la plate-forme de l'Observatoire, est de $19' 20''$: ce qui, d'après la distance de 1570 toises qui se trouve entre les deux points, donne les 9 toises que j'emploie ici. Je n'ai fait au reste aucune réduction, pour la différence du niveau réel, au niveau apparent, quoiqu'elle soit très-sensible à cette distance, parce qu'il faudroit faire la même correction en sens contraire sur l'angle de hauteur du Ballon, & que les deux manières reviennent par conséquent au même.

Quant à l'observation de M. Prevost, qui lui a donné 15 degrés juste, si l'on suppose que le Globe fut alors dans le voisinage du point *s*, & par conséquent à 1700 toises environ de la tour méridionale de Notre-Dame, il en résulte que sa hauteur étoit de $455\frac{1}{2}$ toises au-dessus du lieu de cette observation. Ajoutant donc 6 toises & demie, dont les tours de Notre-Dame sont plus hautes que la plate-forme de l'Observatoire (1), avec les 9 toises dont celle-ci est plus haute que le dôme de l'Ecole Militaire, on aura 15 toises $\frac{1}{2}$ de plus à compter, pour rapporter à ce dernier point l'observation de M. Prevost, & l'on aura, par ce moyen, la hauteur du Globe de 471 toises, à l'instant de cette observation. Ce résultat, plus fort de dix toises que les précédens, montre que le Ballon est disparu pour les tours de Notre-Dame, 4'' environ plus tard que pour l'Observatoire, & toute autre cause à part, il est en effet très-naturel que le point le plus élevé ait suivi plus loin la marche de la Machine ascendante.

(1) Résultat conforme aux observations de M. le Gentil, à celles que M. Lavoisier a faites autrefois avec le plus grand soin, qui, avec beaucoup d'autres, composent un travail très-étendu, qu'il a bien voulu me communiquer, & au nivellement de Paris par M. Buache.

Vous voyez, Monsieur, par ces comparaisons, que toutes les observations ayant été ramenées à leur signification véritable, ne donnent plus, à beaucoup près, des résultats aussi forts pour l'élévation du Globe, aux différens instans de ses disparitions successives. L'erreur n'est venue, comme je l'ai déjà remarqué, que des suppositions gratuites & incertaines que l'on a faites sur les distances horizontales du Ballon, par rapport aux points d'où les hauteurs apparentes ont été mesurées; au lieu que, par la connoissance que nos recherches nous ont données de la vraie direction qu'a suivie la Machine, nous avons pris sur ces distances des idées infiniment plus exactes. Toutes les observations sont donc maintenant d'accord entr'elles; & l'on pourroit même s'étonner de la précision avec laquelle a été suivi ce mobile, dont on ne prévoyoit guère la rapidité, si l'on ne faisoit attention que c'étoient des astronomes d'un mérite bien connu qui faisoient ces observations, & que pour les opérations auxquelles ils sont si exercés, il faut une justesse bien autrement délicate. C'est de quoi l'on aura une preuve de plus, quand on saura que, malgré l'exacritude des observations que nous avons discutées, & dont les angles paroissent justes à moins d'une minute près, tous ceux

qui les ont faites s'accordent à en être très-peu satisfaits ; mais l'on sera en même-temps bientôt rassuré sur ce scrupule, puisque, pour les plus grandes distances que nous ayons considérées, une minute en plus ou en moins ne feroit pas une toise d'erreur sur la hauteur réelle du Globe ascendant.

Il ne me reste donc plus, Monsieur, qu'à réunir ici des résultats qui sont épars dans tout le cours de cette lettre, & que je vous ai mis sous les yeux, à mesure que le cacul me les a donnés. C'est à quoi est destiné le tableau suivant, dans lequel, au lieu d'angles, qui ne présentent aucune idée nette, vous allez voir par-tout des hauteurs absolues. Mais vous n'aurez pas sans doute perdu de vue qu'aucun de ces résultats n'est exempt d'une erreur d'un très-petit nombre de toises, & je vous prie de vous rappeler sur-tout que, sur deux de ces hauteurs, l'erreur est certainement en moins : j'ai soin d'ailleurs de le rappeler dans ce tableau. C'est au reste du sol même du Champ de Mars, & non pas du dôme de l'Ecole Militaire que les élévations y seront comptées, & j'ajoute pour cela à chacune, la hauteur de ce dôme, qui est de 20 toises.

Je désigne aussi dans ce tableau, la direction du vent que nous avons déterminée d'une ma-

nière si approchée ; mais comme cette position n'a été jusqu'ici rapportée qu'à l'axe du Champ de Mars, avec lequel elle fait un angle de 107 degrés, il faut savoir encore comment cette ligne est inclinée par rapport à la méridienne, pour ranger ce vent dans la suite des *rums* de la boussole. Or, d'après les meilleures cartes, la ligne de milieu du Champ de Mars décline d'environ 43 degrés à l'ouest de la méridienne : le vent qui souffloit lors de l'expérience du 27 Août, étoit donc entre l'ouest & le sud, à 30 degrés de celui-ci. C'est le lieu de vous faire observer, Monsieur, que cette direction ne porte point sur Ecoeu, où le Globe est allé tomber, & qu'elle s'en écarte au contraire de 10 ou 12 degrés vers l'est ; mais c'est une conformité de plus avec les faits : car, suivant la lettre qui donna avis de la chute du Ballon, il parut d'abord à l'est de Gonesse, avant d'être transporté sur Ecoeu. Nous devons en conclure qu'il a éprouvé dans sa route, un changement de direction, & deux vents différens, dont le premier doit être celui que nous avons déterminé. Or, d'après nos données, on trouve en effet que le vent qui souffloit au Champ de Mars, portoit à cinq ou six cens toises à l'est de Gonesse.

Quant aux disparitions successives, que vous

trouverez aussi notées dans ce tableau, les époques que j'y ai mises ne sont peut-être pas à l'abri d'une erreur légère, & la supposition des hauteurs proportionnelles aux tems, qui a servi de base à la détermination de quelques-unes, n'est pas sans doute exacte à la rigueur : j'ai même assigné l'occultation pour l'Observatoire, comme antérieure de deux secondes à celle du Garde-Meuble, sans avoir, pour la calculer, la hauteur précise du Ballon, au moment de celle-ci ; mais étant sûr au moins de quel côté devoit être la précession, considérant d'ailleurs que l'Observatoire a reçu la pluie bien avant le Garde-Meuble, & la même cause ayant suffi pour mettre trois secondes de différence entre ce dernier point & l'Ecole Militaire, j'ai cru ne pouvoir porter, à moins de deux, l'intervalle dont il s'agit. Il s'ensuivra que l'Observatoire aura encore vu le Globe une seconde après l'Ecole Militaire, & l'inégalité de niveau des deux points, peut bien occasionner une pareille différence. Quoi qu'il en soit, c'est peut-être d'une seconde qu'il seroit ici question, si l'on vouloit prétendre à une rigueur absolue, & la petitesse de l'objet rend la discussion assez inutile.

Vous trouverez enfin dans le tableau que
je

je viens de vous annoncer, les espaces parcourus par le Ballon dans le sens de la direction du vent, dont quelques-uns se trouvent déjà déterminés dans les calculs que j'ai été obligé de faire plus haut, relativement à d'autres objets : j'ai calculé les autres de la même manière, & d'après les déclinaisons observées. Pour la petite quantité dont M. le Gentil a vu le Ballon à l'ouest du dôme des Invalides, je l'ai portée à sa plus grande valeur, c'est-à-dire, à trois degrés ; ce qui ne fait que s'accorder encore mieux avec ce qui a été dit ci-dessus de la succession des disparitions, & ne fauroit d'ailleurs altérer sensiblement la hauteur calculée, qui est le résultat véritablement essentiel (1). Quant à la distance parcourue sous le vent au moment de l'observation des tours de Notre-Dame, pour laquelle on n'a mesuré aucune déclinaison, elle a été calculée d'a-

(1) Pour mettre tout le monde à portée de vérifier ces calculs, je dois ajouter ici les élémens que j'ai employés : l'angle que fait le dôme des Invalides, avec celui de l'Ecole Militaire, étant vus l'un & l'autre de l'Observatoire, a été pris, suivant les cartes, de 12 degrés 15' ; & celui qui est compris entre la ligne de milieu du Champ de Mars, & celle qui joint l'Ecole Militaire avec l'Observatoire, de 171 degrés.

près le rapport que les autres suivent avec les tems.

Les déviations à droite ou à gauche de la principale direction du vent, sont aussi notées dans une colonne à part, de sorte qu'à l'aide de ce tableau, on pourra désigner d'une manière très-approchée un assez grand nombre des positions successives du Globe ascendant dans l'espace.

RÉSULTAT des Observations faites le 27 Août 1783, sur la marche du Globe ascendant, lancé du Champ de Mars.

Heures suivant M. d'Agelet.	Direction du vent. Sud-Sud-Ouest $7\frac{1}{2}^d$ Ouest. Point de départ du Globe, à 129^t & 43^d Ouest du dôme de l'Ecole Militaire.	Hauteurs du Globe, comptées du niveau du Champ de Mars.	Distances parcourues suivant la direction du vent.	Déviations à droite ou à gauche de la direction du vent.
	La pluie commence à l'Observatoire dès avant le départ du Globe.			
5 ^h 1 ^m 0 ^f	foir. On tire un coup de canon à l'Ecole Militaire.			
5 ^h 1 ^m 6 ^f $\frac{3}{4}$	On entend ce coup de canon au Garde-Meuble.			
5 ^h 2 ^m 0 ^f	Le Globe est à la hauteur du dôme.	toises. 20	toises. $14\frac{1}{2}$	toises. 17 à droite.
5 ^h 2 ^m 5 ^f 2	.....	entre { 145 $\frac{1}{2}$ 159 $\frac{1}{2}$ }	34	40 idem.
5 ^h 4 ^m 0 ^f	.....	entre { 310 342 }	94 $\frac{1}{2}$	0
5 ^h 4 ^m 5 ^f 3	Grande pluie à l'Ecole Militaire.	un peu plus de } 448 $\frac{1}{2}$	un peu moins de } 252	Une petite quantité inconnue à gauche.
5 ^h 5 ^m 3 ^f	Le Globe disparaît pour l'Ecole Militaire.	un peu plus de } 474 $\frac{1}{2}$	un peu moins de } 263 $\frac{1}{2}$	Idem.
5 ^h 5 ^m 4 ^f $\frac{1}{4}$	Le Globe disparaît pour l'Observatoire.	480 $\frac{1}{2}$	265	Idem.
5 ^h 5 ^m 6 ^f $\frac{1}{2}$	Grande pluie au Garde-Meuble, le Globe disparaît.	un peu plus de } 481 $\frac{1}{3}$	un peu plus de } 270	Idem.
5 ^h 5 ^m 8 ^f $\frac{1}{2}$	Le Globe disparaît pour les tours Notre-Dame.	491	un peu plus de } 275	Idem.
5 ^h 7 ^m 0 ^f	Le Globe reparaît un moment pour l'Ecole Militaire.	entre { 720 820 }	entre { 1027 1181 }	0

(100)

Voilà, Monsieur, tout ce qu'il m'a été possible de tirer des observations du 27 Août dernier, qui n'ont été ni assez multipliées, ni assez complètes pour donner des résultats plus positifs & rigoureux. J'ai du reste con-
figné également dans ce tableau mes incertitudes, comme les déterminations sur lesquelles j'ai le plus de raisons de compter, & il est disposé de manière à faire distinguer l'un & l'autre; mais pour la colonne des hauteurs, qui est ce qu'il y a de plus essentiel, dans les vues dont je vous ai fait part au commencement de cette Lettre, vous avez pu voir, en suivant les raisonnemens & les calculs dont j'en ai déduit plusieurs termes, que c'est la partie de ce travail qui mérite le plus de confiance : & sans parler de celles sur lesquelles je n'ai pu indiquer que des limites, les autres me paroissent assez exactes pour mériter d'être comparées avec les résultats que fournit la théorie. Ainsi, en comptant celles qu'il faudroit augmenter d'une petite quantité, qui dépend des déviations inconnues du mobile à gauche de la direction du vent, en vertu de l'impression continuée de sa première oscillation à droite, & qu'on ne peut guère supposer que d'un petit nombre de toises; nous aurons en tout cinq comparaisons

(101)

de cette espèce à faire. Quant aux espaces parcourus sous le vent, je les crois assez bien appréciés pour montrer qu'il y a eu dans cette partie du mouvement du Globe, de grandes irrégularités, sur-tout pendant les trois premières minutes; & la vitesse horizontale de 12 à 15 pieds par seconde, qu'il paroît avoir eue lors de ses différentes disparitions, suppose encore à cet égard des variations postérieures, puisqu'en la conservant sans augmentation, il ne seroit pas, à beaucoup près, parvenu à Ecoeu en 45 minutes. Mais cette vitesse dépendant à chaque instant & des impulsions très-inégaux des bouffées de vent qui se succédoient, & des différences qu'apporte la hauteur à la force d'un vent qui seroit même uniforme d'ailleurs, il ne faut pas s'étonner, ce me semble, que cette partie de nos résultats soit bien éloignée de présenter quelque égalité, & même aucune espèce de loi régulière. Je ne chercherai point au surplus, Monsieur, à excuser le détail très-étendu dans lequel je vous ai fait suivre toute cette recherche, & qui vous l'a rendue peut-être aussi fastidieuse, qu'elle a été laborieuse pour moi : mais plus la marche que j'ai prise a dû être compliquée, plus je devois aussi vous mettre à portée de la vérifier dans

G iij

tous les points. C'est donc la faute des circonstances de l'épreuve du 27 Août ; plus heureusement disposées, elles nous auroient procuré des observations dont l'examen seroit devenu de la plus grande simplicité.

Il ne reste plus maintenant qu'à chercher par la voie de la théorie pure, quelles pouvoient être les loix du mouvement du Globe aérostatique, pour en faire la comparaison avec les résultats de l'observation ; & les hypothèses admises jusqu'ici pour la résolution de ces sortes de problèmes, seront mises parallèlement à l'épreuve la plus certaine, pour montrer jusqu'à quel point elles s'accordent avec la nature : mais il faut auparavant déterminer avec une grande précision les données numériques que nous devons employer, & je dois d'autant plus insister sur ces déterminations, que dans quelques-unes, je ne suis pas entièrement d'accord avec les élémens adoptés jusqu'ici par des auteurs, bien propres cependant à faire autorité.

La première donnée, très-importante à établir, est la loi suivant laquelle diminuent les densités des différentes couches de l'atmosphère. J'admettrai toutefois la supposition connue, que pour une suite de points, dont l'élevation augmente également d'un

terme à l'autre, les densités de l'air forment une progression géométrique décroissante. Cette hypothèse est une suite nécessaire de l'expérience tant répétée, qui montre que le volume d'une même masse d'air diminue précisément comme le poids qui la comprime, augmente : mais elle ne sauroit pourtant être adoptée comme rigoureuse, dans toute la hauteur de l'atmosphère, puisqu'elle la supposeroit infinie ; & il faut nécessairement admettre que les densités décroissent un peu plus rapidement que cette loi ne l'indique. Cependant la chaleur de l'air diminuant aussi à mesure qu'on envisage de plus grandes élévations, & le refroidissement tendant à en augmenter la densité, cette cause doit contribuer à rendre moins prompte la diminution de celle-ci, & rétablir à-peu-près la progression géométrique, du moins dans toute l'étendue, très-considérable sans doute, qui se trouve entre la surface de la terre & le point du plus grand refroidissement. C'est en effet ce que confirment les observations du baromètre, faites à toutes sortes de hauteurs, & jusques dans les montagnes les plus élevées du globe. A travers les causes locales qui troublent quelquefois cette proportion, & qu'on a trouvées d'autant moindres, qu'on a pénétré plus

avant dans les hautes régions de l'air, les plus illustres physiciens ont toujours su démêler la loi capitale; & le savant M. de Luc, ce grand scrutateur de l'atmosphère, a contribué plus qu'aucun autre, à mettre cette vérité dans tout son jour. La relation des densités de l'air avec les différentes élévations est donc un point sur lequel la théorie paroît tenir le milieu le plus juste entre les causes perturbatrices, que le calcul, ni la réflexion ne sauroient faire évaluer d'avance; & comme ces irrégularités, que les observations ont souvent présentées, proviennent presque entier, de l'influence qu'a nécessairement le sol même des montagnes où elles ont été faites, sur la température de l'air qui les avoisine, les corrections imaginées pour en détruire l'effet, ne paroissent guère applicables au cas présent, où il s'agit d'un corps s'élevant dans l'air libre, & dégagé par conséquent de cette source d'inégalité. L'étude des montagnes n'ayant d'ailleurs présenté à cet égard aucune progression suivie, comme on imaginera aisément, il seroit aussi impossible, qu'il me paroît inutile, d'établir aucun système de correction, fondé sur le changement de température à différentes hauteurs, & je crois bien plus vraisemblable, ainsi que

je l'ai déjà dit, de regarder cette cause de variation dans les densités, comme servant à rendre l'hypothèse théorique plus conforme encore à la nature.

Telles sont les raisons qui m'ont déterminé à adopter cette supposition, que les densités suivent une progression géométrique, dont les termes répondent à des hauteurs en progression arithmétique. J'ajouterai que, toutes choses égales d'ailleurs, ces densités devant être proportionnelles aux hauteurs de mercure soutenues dans le baromètre par le poids de l'air supérieur, dont la pression se trouve mesurée par là, il en résulte cette sorte de formule, qu'en divisant la différence des logarithmes de deux hauteurs du baromètre par la différence de niveau des deux lieux auxquels elles appartiennent, on doit toujours avoir le même quotient constant. C'est ce nombre invariable, que je nommerai ici *module barométrique*, dont la détermination nous est encore nécessaire (1).

(1) Nous sommes maintenant en état d'exprimer analytiquement la relation qui se trouve entre les densités de l'air, & les hauteurs au-dessus d'un certain point. Car les densités étant comme les hauteurs du baromètre, si l'on nomme D , celle qui appartient au point le plus bas, ϕ une densité quelconque, f la différence de niveau des deux points, & m le module barométrique, on aura d'après ce

C'est le cas de faire remarquer ici que pour une hauteur donnée du baromètre, au point le plus bas, & pour une même différence de niveau, ce nombre étant d'autant plus grand que l'autre élévation du baromètre est moindre, se trouve avoir par-là une relation marquée avec la densité de la colonne d'air interposée entre les deux stations, dont le poids est mesuré précisément par cette différence des deux colonnes de mercure (1).

qui vient d'être dit, $\frac{\log. D - \log. \varphi}{f} = m$; d'après cela,

si l'on adopte les logarithmes ordinaires, on aura $\varphi = \frac{D}{(10)^{ms}}$; équation qui assigne la relation proposée.

(1) Il est aisé de démontrer analytiquement que la densité de l'air est, sous des pressions égales, proportionnelle au module barométrique. Car soit ζ une hauteur quelconque du baromètre, f la hauteur à laquelle il faut s'élever, pour que la colonne de mercure diminue d'une quantité infiniment petite, m le module barométrique, & a la soutangente de la logarithmique, qui détermine le système de logarithmes qu'on adopte. La différence des logarithmes des deux hauteurs du baromètre infiniment peu différentes, deviendra alors une vraie différentielle dont l'expression est $\frac{a d \zeta}{\zeta}$; on aura donc $m = \frac{a d \zeta}{f \zeta}$ & $f = \frac{a d \zeta}{m \zeta}$; mais le poids de la petite colonne d'air interceptée entre les stations infiniment voisines, est évidemment égal à celui de la petite colonne de mercure,

Il en résulte que, si plusieurs observations successives, pour lesquelles on auroit mesuré géométriquement les hauteurs, donnent à ce nombre des valeurs inégales, leurs différences auront le rapport le plus direct avec les changemens locaux qui surviennent à la densité de l'air, indépendamment de l'inégalité de pression; & ce module ainsi déterminé par l'expérience, présentera immédiatement dans ses valeurs successives, le tableau le plus expressif de ces différens effets, dont les causes auront pu être mesurées en même-tems à l'aide des instrumens propres à ces observations. Aujourd'hui sur-tout que, portée à sa perfection par l'instrument nouveau & les recherches si intéressantes dont M. de Sauffure vient d'enrichir la physique, l'hygrométrie ouvre une nouvelle carrière aux expériences de ce genre, & que la connoissance des chan-

qui fait la différence des deux hauteurs soutenues aux deux stations: les densités de ces colonnes égales en poids, sont donc en raison inverse de leurs hauteurs, qui sont f pour l'air & $d \zeta$ pour le mercure. φ étant donc la densité de l'air & ω celle du mercure, on aura $\varphi : \omega :: d \zeta : \frac{a d \zeta}{m \zeta}$;

donc $\varphi = \omega \times \frac{\zeta}{a} \times m$; équation qui montre que pour une hauteur donnée du baromètre, la densité de l'air est directement proportionnelle au module barométrique.

gemens qu'éprouve la nature chimique de l'air à différentes élévations, achève de compléter la science des élémens d'une question si compliquée jusqu'ici, une suite de déterminations du module barométrique, jointe aux mesures de la chaleur & de l'humidité & aux résultats de l'eudiomètre, montreroit d'un coup-d'œil l'influence des différens états de l'air sur sa densité locale : on verroit ce nombre s'accroître avec la sécheresse & avec le refroidissement, diminuer, toutes choses égales d'ailleurs, quand la proportion d'air inflammable auroit été plus grande dans son mélange avec l'air commun ; & la quantité absolue de ces variations tiendrait lieu de tout autre calcul, pour assigner la relation des causes physiques avec l'effet dont il s'agit. Cette considération du module barométrique me paroît donc à-la-fois le moyen le plus lumineux & le plus simple de comparer la règle abstraite avec la nature ; & si l'illustre M. de Luc eût envisagé sous ce point de vue ses nombreuses observations, plutôt que de les rapporter à une méthode arbitraire, qui n'est qu'un cas particulier de celle-ci (1),

(1) La règle de M. de Luc consiste à prendre, pour la différence de niveau qui se trouve entre deux lieux, ce que donne la différence même des logarithmes des

le beau travail qu'il a fait sur cette matière, eût été, ce me semble, infiniment moins laborieux, & l'eût conduit peut-être à quelque règle encore plus simple que celle qu'il nous a transmise. Je crois même voir avec évidence qu'en suivant le plan d'expériences que M. de Sauffure a si heureusement commencées sur des masses d'air limitées, & les variant, s'il le faut, avec des airs différemment mélangés, on connoitroit assez bien ce que font la chaleur & l'humidité sur la densité de ce fluide, pour

deux hauteurs du baromètre, calculés jusqu'à sept figures décimales, considérée comme exprimant des millièmes de toises ; & tout son travail a eu pour objet de déterminer les corrections qu'il faut faire à ce résultat, suivant les différentes températures. Or, la proportion prise ici pour pivot de la nouvelle règle, dérive du cas particulier où le module logarithmique seroit égal à la fraction $0,0001$; & il paroît y avoir d'autant moins de raisons de donner aucune préférence à cette valeur particulière, que la température de 16 degrés $\frac{1}{4}$ du thermomètre ordinaire, pour laquelle le savant auteur a trouvé que cette valeur convenoit sans correction, ne tient pas, à beaucoup près, le milieu entre celles qu'on éprouve à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. La méthode qu'on propose ici, conduit au contraire à prendre indifféremment toutes les valeurs possibles du module logarithmique, & à choisir, pour chaque observation, celle qui convient le mieux aux circonstances où elle a été faite.

assigner *à priori*, toutes les valeurs dont le module barométrique est susceptible, sans aller chercher ces connoissances dans des lieux presque inaccessible, où, pour obtenir un seul résultat, il faut tout le courage & l'obstination dont les illustres physiciens que j'ai cités nous ont donné de si beaux exemples. Il y a d'ailleurs dans cette recherche, faite uniquement sur les montagnes, tant d'obstacles incalculables; l'air y est si souvent soumis à des mouvemens dans le sens vertical, qui ont sur la densité une action mécanique, sans qu'il soit possible d'en mesurer la cause; il est, de plus, si difficile de connoître l'état moyen de la colonne d'air qu'on doit regarder comme comprise entre deux stations, souvent très-distantes l'une de l'autre, & la mesure des états extrêmes est si éloignée de donner cette moyenne, que l'idée de déterminer la loi des densités de l'air, suivant ses différens états, par des expériences immédiates, me paroît le seul moyen de débrouiller tout-à-fait cette partie de la physique encore fort obscure, & de donner les règles les plus exactes pour mesurer les hauteurs par le moyen du baromètre. Les observations dans les montagnes, destinées alors à vérifier une théorie faite d'avance bien plutôt qu'à l'établir, de-

viendroient, ce me semble, d'une utilité plus sensible, en même-tems qu'il seroit moins nécessaire de les multiplier : ou s'il falloit encore consulter quelquefois la nature dans ces solitudes effrayantes, où elle semble avoir changé de face, ce seroit principalement pour connoître de plus en plus, la composition chimique de l'air des régions élevées, qui influe beaucoup sans doute sur sa pesanteur intrinsèque; & ce genre particulier de recherche expérimentale ne présente pas de grandes difficultés. Mais lorsqu'il seroit question d'employer à-la-fois toutes les espèces d'observations, soit pour déterminer par les faits le module barométrique, qui convient à une composition particulière de l'air, soit pour en vérifier la valeur que d'autres moyens auroient donnée, il faudroit du moins ne pas prendre des stations très-éloignées l'une de l'autre, pour opérer autant qu'il seroit possible, sur une colonne d'air soumise dans tous ses points à des circonstances uniformes : & quand il s'agiroit de faire usage de la méthode que je suppose établie sur ces fondemens, pour mesurer une hauteur inconnue, la même considération indiqueroit, ou de choisir des instans pour lesquels l'état de l'air ne fût pas très-différent aux deux stations extrêmes, ou de s'assurer

au moins de l'état moyen entr'elles par un nombre suffisant d'observations intermédiaires. Avec ces précautions, trop souvent négligées, & sans lesquelles la meilleure pratique ne pourroit pas seulement être d'accord avec elle-même, je ne puis douter que la méthode que je propose, ne donnât sur les hauteurs les résultats les plus précis : puisqu'elle tient compte de tout, il faut bien nécessairement qu'elle soit juste. Mais ce n'est pas le lieu d'entrer à ce sujet dans un plus grand détail ; je n'avois pour but que de faire remarquer ici combien la considération d'un module barométrique variable peut jeter de simplicité dans les recherches sur l'atmosphère, & la possibilité que j'ai indiquée, d'appliquer à ses grandes modifications des expériences faites en petit & dans le calme d'un laboratoire, dérive sur-tout des propriétés de ce nombre, qui conserve sans cesse un rapport intime avec la densité intrinsèque de l'air, sans égard au poids absolu dont il est chargé. Je me hâte donc de terminer cette digression, à laquelle l'importance de la matière m'a entraîné ; & quoique bien loin encore d'avoir développé à mon gré les vues nouvelles qu'elle m'a suggérées, je reviens à l'objet immédiat de la recherche actuelle, c'est-à-dire, à la détermination

mination du module barométrique constant, qu'il convient d'adopter, pour la portion de l'atmosphère dans laquelle le Ballon aérostatique s'est élevé.

Il sembleroit, par ce qui précède, que la loi uniforme des densités en progression géométrique se trouveroit totalement détruite, & que la détermination d'un module barométrique constant, deviendroit par conséquent tout-à-fait illusoire ; mais il faut faire attention que toutes les considérations que j'ai exposées sur la variation de ce module & sur les moyens de la connoître, ne tendent qu'à conduire la mesure des hauteurs à un degré extrême de précision, dont elle n'est pas même très-éloignée aujourd'hui, les causes irrégulières dont j'ai fait l'énumération n'apportant souvent que des erreurs médiocres, même sur des hauteurs assez considérables. Je rappellerai d'ailleurs, ce que j'ai déjà dit plus haut, que le mobile que nous avons à considérer, s'étant élevé dans un air libre, il y a encore moins de variations à supposer dans ce cas particulier ; & au surplus quand on en soupçonneroit de plus grandes, les moyens ne manquent-ils pas totalement pour les prévoir & en tenir compte ? Ce qu'il y a de plus sûr & de seul praticable dans le cas présent, est

donc d'assigner une valeur à ce nombre que j'ai nommé module barométrique, sauf à ne la regarder que comme une valeur moyenne entre toutes celles qu'il pourroit avoir à différentes élévations : & tout nous porte à croire que les limites entre lesquelles cette moyenne doit être prise, n'ont pas une grande latitude.

C'est donc en consultant les résultats connus, & à l'aide des rapports établis par l'expérience entre les hauteurs du baromètre & les élévations réelles, que nous devons déterminer le nombre dont il s'agit ; & il est naturel de donner d'abord la préférence au recueil d'observations qui présente à cet égard le plus de régularité. Or, c'est sans contredit le travail des académiciens françois dans la partie élevée de la cordillère des andes du Pérou, qui jouit le mieux de cette uniformité. La température presqu'invariable dans ces climats, & l'immobilité du baromètre lui-même, y laissent à la loi théorique un empire absolu ; & si en étudiant les nombreuses observations que je cite, on essaye de faire pour chacune l'opération arithmétique d'où dépend le module barométrique, on est frappé d'en voir toujours résulter le même quotient : les hauteurs étant exprimées en toises, ce nombre est à-peu-près égal à la fraction décimale

$0,0001035$; la règle même de M. Bouguer, qui consiste à diminuer d'un trentième ce que donne la différence des logarithmes de deux hauteurs du baromètre, considérée comme des millièmes de toises, cette règle qu'on doit regarder comme le résumé de toutes ces observations, étant ramenée à l'admission d'un module barométrique particulier, donne précisément le même résultat, à moins d'une unité près du dernier ordre de décimales.

Mais il est à propos d'observer que la différence des climats peut bien apporter dans celui-ci quelque changement à ce nombre ; la température de l'air, nécessairement moins froide dans des montagnes où la ligne des neiges éternelles est de 900 toises plus élevée qu'en Europe, suppose naturellement la densité moyenne de l'air un peu moindre, & le module barométrique trop foible, par conséquent, pour être admis dans la question présente. Cette considération m'a engagé à parcourir aussi un grand nombre d'observations faites dans les Alpes, & en particulier celles que M. de Saussure a faites en 1781, dans la même saison où l'expérience du Champ de Mars a eu lieu. Quoique j'aie trouvé dans cette comparaison, des variations assez fortes entre les résultats, j'ai vu que le terme moyen

du module barométrique pouvoit être à-peu-près égal à la fraction $0,0001041$: valeur un peu plus forte en effet que celle qui se déduit des observations du Pérou ; mais qui ne s'en écarte pourtant pas assez pour faire une différence de plus de 6 toises sur une hauteur absolue de 1000. C'est à cette détermination que j'ai cru devoir m'arrêter, comme à la moyenne la plus vraisemblable, & les observations multipliées de M. de Luc dans la montagne de Salève, que j'ai encore discutées avec soin, m'ont donné aussi souvent des résultats au-dessus, qu'au-dessous de ce nombre.

Multipliant donc une hauteur quelconque, exprimée en toises, par la fraction constante $0,0001040$, nous aurons pour résultat la différence qu'on trouveroit entre les logarithmes des hauteurs du baromètre aux deux extrémités de cette ligne, si l'on pouvoit y porter cet instrument ; & par conséquent, le rapport des densités de l'air à ces deux points. Comptant donc toutes les élévations d'un point fixe pris sur le sol même, on aura pour chacune le rapport de la dilatation de l'air à cette hauteur, avec la densité de celui qui avoisine le terrain.

Cette densité de l'air à la surface de la terre, doit donc encore être déterminée, puisqu'elle sert d'échelle commune à toutes les autres, &

c'est encore du module barométrique que nous allons tirer cette détermination : car il seroit bien peu certain sans doute de compter à cet égard sur les évaluations courantes, qui ne sont tout au plus que des approximations grossières, ni sur les résultats obtenus en pesant des vases alternativement vuides & pleins d'air. Sans parler des variations qui surviennent sans cesse à la densité du fluide que nous considérons, le poids des vases contenant, étant toujours incomparablement plus grand que celui de l'air qu'ils renferment, cette dernière méthode est nécessairement exposée à des erreurs du même ordre que le résultat lui-même : & le peu d'accord qui règne entre les déterminations que divers physiciens ont publiées, d'après des expériences de ce genre, montre assez qu'il faut employer quelque espèce de recherche plus directe & sur-tout plus intimement liée avec les principes que nous avons suivis jusqu'ici. Dès-lors en effet que nous avons adopté l'hypothèse d'un module barométrique constant, il faut la suivre dans toutes ses conséquences, & l'on va voir que la densité de l'air à la surface de la terre, se trouve déterminée par la valeur admise pour le module barométrique, jointe à la hauteur réelle du baromètre, qui, le jour de l'expérience dont il s'agit, se tenoit à $28^{\text{po.}} 1^{\text{li.}} \frac{1}{2}$.

Qu'on imagine pour cela, suivant le raisonnement de M. de Luc & de quelques auteurs plus anciens, une élévation telle que le baromètre s'y soutienne plus bas qu'à la surface de la terre, d'une quantité quelconque extrêmement petite, comme par exemple, d'une ligne : cette hauteur sera l'épaisseur d'une couche d'air dont le poids, soustrait de celui de l'atmosphère, donneroit lieu à cette petite descente du baromètre. Ce poids sera donc égal à celui d'une ligne de mercure, & , suivant les loix de l'hydrostatique, la densité de la tranche d'air, sensiblement la même dans tous ses points, sera, relativement à celle du fluide pesant qui lui fait équilibre, dans le rapport inverse des hauteurs que nous venons de considérer. Connoissant donc la pesanteur spécifique du mercure, on aura facilement celle de l'air lui-même. Cette méthode réduite en calcul, d'après la fraction $0,0001041$, prise pour module barométrique, indique que pour voir le baromètre une ligne plus bas qu'au niveau du terrain, c'est-à-dire, à $28^{\text{po}} \cdot 0^{\text{li}} \cdot \frac{1}{2}$, il auroit fallu s'élever de $12,3823$ toises ou de $74,2938^{\text{pi}} (1)$: hauteur d'air qui

(1) Les logarithmes de $28^{\text{po}} \cdot 1^{\text{li}} \cdot \frac{1}{2}$ & $28^{\text{po}} \cdot 0^{\text{li}} \cdot \frac{1}{2}$, ces hauteurs du baromètre étant réduites en lignes, sont

doit par conséquent faire équilibre à une ligne de mercure.

Il ne s'agit donc plus que de la pesanteur spécifique que nous devons attribuer au mercure lui-même ; & il faut convenir que pour l'usage que nous en devons faire, cette détermination demanderoit les expériences les plus délicates. Mais tant que ce travail intéressant manquera encore à la physique, il faudra toujours en revenir aux tables de pesanteurs spécifiques, données par les auteurs le plus en réputation d'exaétitude ; & je trouve, en parcourant ces tables, que pour le mercure révisité du cinabre, qu'on emploie ordinairement dans les baromètres, & dont l'ébullition, nécessaire à la perfection de cet instrument, augmente encore la densité, en chassant les parcelles d'air & d'humidité qui se trouvent interposées dans ce fluide, on ne peut porter sa pesanteur spécifique à moins de $13,996$, celle de l'eau étant exprimée par 1 . Divisant donc cette expression par le nombre de lignes contenues dans $74,2938$ pieds, on aura la

$2,528274$ & $2,526985$, dont la différence est $0,001289$. Divisant donc cette différence par $0,0001041$, que nous avons pris pour module barométrique, on aura le nombre de toises de la hauteur qu'on cherche, égal à $12,3823$.

pesanteur spécifique de l'air égale à 0,001308 : résultat qu'une marche plus rigoureuse porte à 0,00131 (1). Cette formule différemment traduite, revient à dire que dans la question présente, & pour la hauteur du baromètre ci-dessus mentionnée, nous devons considérer la pesanteur spécifique de l'air à la surface de la terre, comme étant à-peu-près $\frac{1}{763}$ partie de celle de l'eau, & le pied cube d'air pesant à-peu-près 840 grains. Cette valeur de la densité primitive de l'air étant donc substituée dans l'expression générale que nous avons trouvée pour une hauteur quelconque, il ne reste plus rien à déterminer à cet égard, & la densité de l'air se trouve maintenant connue à quelqu'élevation que ce soit.

Je fais que ce résultat paroîtra un peu fort,

(1) Tout ce raisonnement n'est en effet que l'expression grossière de celui duquel nous avons déduit ci-devant la formule $\varphi = \omega \times \frac{c}{a} \times m$, qui exprime la densité de l'air. Faisant, dans cette expression, ω , densité du mercure = 13,596; a , soutangente du système des logarithmes ordinaires = 0,434294; m , module barométrique = 0,0001041; & c hauteur du baromètre = $28^{\text{po}} \cdot 1^{\text{li}} \cdot \frac{1}{2}$ = 0,3906 toises, on aura $\varphi = 0,001310$; expression dans laquelle une unité du dernier ordre ne feroit pas un grain de différence sur le poids du pied cube d'air.

& je conviens qu'étant pris à la lettre, il s'éloigne à un certain point de ce que l'opinion générale, plutôt qu'une détermination rigoureuse, a consacré depuis long-tems; mais il faut faire attention, que l'objet actuel étant d'établir pour l'évaluation des densités de l'air à toutes sortes de hauteurs, une sorte de loi moyenne, dont les différences, par rapport à la loi réelle & inconnue, se compensent sur une certaine étendue; il ne seroit pas étonnant qu'en l'appliquant à un cas extrême, tel que celui de l'air pris au point le plus bas de l'atmosphère, elle ne donnât pas rigoureusement la valeur propre à ce cas particulier. J'ajouterai que cela est même nécessaire, & que plus le module barométrique peut s'écarter dans certains cas du nombre constant par lequel nous l'avons représenté, plus aussi l'erreur que nous soupçonnons doit être considérable, pour que la somme des erreurs soit la moindre possible, ou même tout-à-fait nulle : & il est aisé de démontrer que la valeur que nous avons trouvée pour la densité primitive, est précisément celle qui convient à l'objet de cette considération (1). L'erreur

(1) Il faut en effet que l'hypothèse admise ne change pas la somme des poids de toutes les tranches de l'at-

réelle dont cette détermination peut être susceptible, est donc tout-à-fait indifférente pour l'usage que nous avons à en faire. Mais comme il nous reste encore une donnée bien essentielle à connoître en rigueur; savoir, le poids absolu du mobile dont nous voulons calculer la marche, & que la détermination de ce poids dépend uniquement de celui de l'air que déplaçoit le Globe, quand il tendoit à s'élever avec une force de 35 livres, seule

mosphère, & qu'en l'employant pour déterminer cette somme, elle se trouve égale au poids de la colonne de mercure, qui étoit soutenue par la pression de l'air, d'après l'observation qui en a été faite. Or, D étant la densité primitive, que nous supposérons encore inconnue, une densité quelconque sera, comme nous avons vu,

$\varphi = \frac{D}{(10)^{ms}}$; & l'expression $\int (\varphi ds)$ représentera la

somme des poids de toutes les tranches; ℓ étant donc toujours la hauteur du baromètre; & ω la densité du mercure, on aura par conséquent $\int (\varphi ds) = \omega \ell$; mais en réalisant, par l'intégration, la formule $\int (\varphi ds)$, après avoir mis pour φ sa valeur, déterminant la constante de manière que l'intégrale s'évanouisse, quand $f = 0$ & la complétant quand $f = \infty$, on trouvera $\int (\varphi ds) = \frac{aD}{m}$; donc $\frac{aD}{m} = \omega \ell$ & $D = \frac{\omega \ell m}{a}$; valeur de la densité primitive, qui revient précisément à celle que nous avons ci-dessus déterminée par une autre voie.

donnée que nous ayions à cet égard, cette matière va demander encore un examen ultérieur.

Ce n'est donc plus en comparant des observations faites à toutes sortes de hauteurs, que nous avons à chercher l'état moyen de l'air, pour assigner quel est le module barométrique qui conviendroit le mieux à toute l'étendue de la course du Globe aérostatique; c'est de la densité de l'air à la surface de la terre que nous avons spécialement besoin, & ce sont par conséquent les observations faites à de très-petites élévations, que nous devons uniquement consulter ici; mais je remarque en même-tems que la moindre erreur est bien importante dans des observations de ce genre, & qu'une variation du baromètre presque insensible à l'œil le plus exercé, peut apporter alors des différences notables au résultat que nous cherchons. Je ne ferai donc point usage des observations en petit nombre, faites à Turin par M. de Luc, tant au sommet qu'au pied, de la tour de la Cathédrale, & du dôme de l'église de Supergue; celles qu'il a faites au fanal de Gênes, quoique plus multipliées, ne me paroissent pas non plus devoir être employées ici; à raison de la chaleur assez considérable qu'il faisoit alors, & de la situation du lieu sur le bord de

la mer : ces causes réunies ont dû mettre l'air dans un état de saturation complète par rapport à l'humidité, indépendamment de l'effet de la température seule sur la densité de ce fluide ; & sa pesanteur, considérablement diminuée ainsi par une double raison, rendroit aussi beaucoup trop foible le module barométrique qu'on voudroit en conclure. Mais j'ai pensé que 87 observations, faites pendant une année entière au clocher de S. Pierre de Genève, réunissoient, par leur nombre & par la diversité des circonstances où elles ont eu lieu, toutes les conditions que l'on doit désirer ici. Or, la moyenne de ces observations, que M. de Luc nous a donnée lui-même, fournit précisément le même module barométrique que nous avons adopté ci-devant, jusqu'à la dernière figure décimale (1).

(1) Cet accord singulier mérite d'être plus particulièrement exposé ici. On trouve en effet au second volume de l'immortel ouvrage de M. de Luc sur les modifications de l'atmosphère, pages 138 & 139, que les hauteurs moyennes du baromètre au sommet du clocher de S. Pierre de Genève, & au niveau du terrain, dans un endroit peu distant de cette église, ont été, sur 87 observations, de 321,2 lignes, & 323,9 lignes. Les logarithmes de ces nombres sont 2,506776 &

La densité de l'air à la surface de la terre paroît donc devoir être admise, telle que nous l'avons établie ci-devant, au moins pour la température moyenne de $9 \frac{1}{2}$ degrés du thermomètre ordinaire, que M. de Luc a trouvée tenant le milieu entre toutes celles qu'il a observées pendant le cours de ces expériences. Il est encore à présumer que c'est à l'état moyen de l'air, relativement à l'humidité, que cette détermination doit convenir, puisque les observations que nous venons de citer, ont été faites dans toutes les saisons de l'année ; & si l'on comptoit même pour quelque chose le voisinage d'un amas d'eaux, tel que le lac de Genève, on pencheroit plutôt à y supposer

2,510411 ; & leur différence est 0,003635. Divisant donc cette différence par celle de niveau des deux lieux d'observation, que M. de Luc a trouvée, d'après une mesure très-exacte, de 209^{li.} 6^{po.}, ou 34,916^{to.}, on aura le module barométrique égal à 0,00010410 ; valeur qui étant poussée comme on voit à une décimale de plus que celle que nous avons adoptée ci-dessus, cadre cependant rigoureusement avec elle. Une telle conformité avec un cas où l'air étoit si voisin du tempéré, montre encore que cette valeur convient parfaitement à l'usage pour lequel nous l'avons d'abord déterminée, & qu'elle exprime très-exactement l'état moyen le plus probable de l'atmosphère.

l'air plus voisin de l'humidité extrême que de la sécheresse, & cette considération conduiroit à faire regarder l'évaluation de la densité de l'air qui dérive de ces expériences, comme encore un peu trop foible pour les circonstances ordinaires. Il paroît résulter de cet examen scrupuleux de la densité de l'air, qu'en ne la portant qu'à $\frac{1}{850}$ ou même à $\frac{1}{1000}$ partie de celle de l'eau, on l'a toujours crue trop foible : ou il faudroit une erreur étrange sur la densité du mercure lui-même, dans la valeur que nous lui avons attribuée.

Si l'on admet donc le résultat que nous avons trouvé pour la densité de l'air atmosphérique, la détermination du poids absolu du Ballon aérostatique va devenir bien simple. Etabliffons-en pour cela les dimensions, d'après la mesure & les renseignemens qu'en ont donnés MM. Robert, avec autant de précision sans doute qu'ils en ont mis à l'exécution même de la Machine. Pour la commodité du calcul, les fractions seront exprimées en décimales.

Diamètre du Ballon	12 ^{pi.} 2 ^{po.}
ou.....	12,166 ^{pi.}
Circonférence.....	38,222 ^{pi.}
Superficie d'un grand cercle du	
Globe.....	116,260 ^{pi. quar.}
Surface entière du Globe.....	465,041 ^{pi. quar.}

Solidité.....	943,041 ^{pi. cub.}
Poids d'un volume d'eau égal à celui du Ballon, le pied cube d'eau pesant 70 ^{lb.}	66012,917 l.
Poids du volume d'air déplacé par le Ballon, la densité de l'eau étant représentée par 1 & celle de l'air par 0,00131....	86,477 l.
Poids des matériaux du Ballon, non compris le gaz qu'il renfermoit.....	25,000 l.
Excès de légèreté du Ballon, un instant avant son départ	35,000 l.

Connoissant donc maintenant le poids de l'air atmosphérique que le Ballon déplaçoit, c'est-à-dire, la force absolue qui tendoit à le soulever, nous en déduirons bien facilement le poids réel de la Machine, puisqu'ajouté aux 35[#] qu'il falloit pour la maintenir en équilibre, il doit être égal à la force que nous venons de déterminer. Ce poids total, qui comprend, & celui des matériaux du Ballon, & celui du gaz qu'il contenoit, se trouve par ce moyen de 51,477 l.

Soustrayant donc encore de ce nombre le poids des matériaux du Globe, qui étoit de 25 livres, on aura à part celui du gaz lui-même, ou plutôt du mélange de gaz inflammable &

d'air ordinaire qui remplissoit cette Machine ; & il se trouvera de 26,477 livres : nombre qui, par sa comparaison avec le poids d'un pareil volume d'air atmosphérique, que nous avons déterminé de 86,477 livres, indique le rapport des pesanteurs spécifiques des deux airs, & montre qu'il y a beaucoup à rabattre sur l'opinion que l'on avoit de la légèreté du gaz intérieur, puisque son poids est presque le tiers de celui de l'air ordinaire.

On pourroit mettre plus de rigueur encore à l'appréciation de ces différens poids, en faisant entrer la température réelle de l'air dans la détermination de sa densité : celle que nous avons admise, convient, comme on l'a vu, à une chaleur moyenne de $9\frac{1}{2}$ degrés, c'est-à-dire, à-peu-près au tempéré ; au lieu qu'en consultant le journal de Paris, on trouve que le 27 Août, le thermomètre se tenoit à 18 degrés : c'est une circonstance qui doit sans doute influer sur la densité de l'air, & il seroit intéressant de savoir jusqu'à quel point. Nous n'avons cependant pas d'observations particulières à consulter pour cette température, ou s'il falloit parcourir & calculer pour cet objet, le recueil entier des observations de M. de Luc, ce seroit un travail tout aussi considérable, que celui qu'il a eu le courage d'entreprendre

d'entreprendre & d'exécuter. Mais il nous l'a épargné lui-même, & sa règle de correction pour le calcul des hauteurs, qui en est le résultat, indiquant, pour chaque température, le rapport qui se trouve entre la différence des logarithmes & la différence de niveau, nous fournit une formule générale, pour calculer le module barométrique, & par conséquent, la densité de l'air (1). Appliquée au cas présent, cette formule donne

(1) Cette application du travail de M. de Luc à un objet aussi intéressant pour la physique, que l'est la détermination de la densité de l'air, à toutes sortes de températures, mérite, ce me semble, d'être développée ici : mais comme la règle dont nous nous appuyons est fondée sur une graduation particulière du thermomètre, il faut montrer d'abord le rapport de cette échelle à celle qui est connue & usitée.

Echelle du thermomètre ordinaire.	Echelle du thermomètre de M. de Luc.
~~~~~	~~~~~

Terme de la congélation.....	0.....—39
Température pour laquelle la différence des logarithmes donne immédiatement les hauteurs.....	$16\frac{3}{4}$ .....0
Terme de l'eau bouillante.....	80.....147

Il résulte de cette comparaison des deux échelles, que si l'on nomme  $r$ , le degré marqué pour une température quelconque, par le thermomètre ordinaire, &  $c$ , le degré correspondant du thermomètre de M. de Luc, on aura,

le module barométrique égal à 0,00009942, & la densité de l'air sous la pression de 28 pouces 1 ligne  $\frac{1}{2}$  de mercure, de 0,00125. Calculant

$$c = 39 \times \left( \frac{r}{16\frac{3}{4}} - 1 \right) = \frac{39(4r - 67)}{67};$$

cela posé, la règle de M. de Luc exprimée algébriquement par lui-même, p. 100 du II volume de son ouvrage, fournit la formule

$$\text{suivante : } h = b + \frac{b \times 2c}{1000},$$

dans laquelle  $h$  est la différence de niveau de deux stations quelconques,  $b$  la différence des logarithmes des deux hauteurs du baromètre, considérée comme des millièmes de toise, &  $c$  le degré de son thermomètre, qui exprime la température de l'air. Or, les logarithmes étant pris par cet auteur, avec sept figures décimales, & leur différence regardée comme exprimant des millièmes de toise, pour former le nombre  $b$ , il en résulte que, si l'on nomme  $d$ , la vraie différence des logarithmes, on aura  $b = d \times 10000$ ; mettant donc pour  $b$  & pour  $c$ , leurs valeurs dans l'équation de M. de Luc, elle deviendra :  $h = d \times$

$$\left\{ \frac{670000 + 780 \times (4r - 67)}{67} \right\};$$

& comme le module barométrique est égal à  $\frac{d}{h}$ , en le nommant  $m$ , on aura  $m =$

$$\frac{67}{670000 + 780 \times (4r - 67)};$$

valeur, qui, substituée dans celle

$$\text{de la densité de l'air que nous avons trouvée être } \varphi = \frac{\omega m}{a},$$

donne :  $\varphi = \frac{\omega c}{a} \times \left\{ \frac{67}{670000 + 780 \times (4r - 67)} \right\}$ ; ex-

pression dans laquelle  $\omega$  est la densité du mercure, & la

donc de nouveau les poids déterminés ci-devant, nous trouverons celui de l'air déplacé par le Ballon, réduit à 82,516 livres, le poids

hauteur du baromètre,  $a$  la sous-tangente du système des logarithmes ordinaires, &  $r$  le degré du thermomètre qui convient à la température. Cette formule donne donc la densité de l'air, dans tous ses états possibles de pression & de chaleur, au moins entre les bornes des températures naturelles.

Cette formule au reste, dépendant entièrement de la généralité de la règle de M. de Luc, est exposée aux mêmes erreurs : si, par exemple, on la rapporte au cas où la température est au terme de  $9\frac{1}{2}$  degrés, qui convient aux observations faites à Saint-Pierre de Genève, elle donnera le module barométrique, un peu plus faible que ces observations ne l'ont fourni directement. Cela vient de ce que la règle dont il s'agit, résultant à la fois d'observations faites à toutes sortes de hauteurs, se sent un peu de la nature de l'air des régions supérieures, toujours plus chargé d'humidité, & sur-tout contenant une plus grande proportion d'air inflammable. Il auroit fallu tenir compte à part de ces circonstances, mieux connues aujourd'hui, pour établir une règle générale & rigoureuse ; mais ces imperfections n'empêchent pas que le travail de M. de Luc ne soit un des plus beaux morceaux de *physique exacte*, qui aient paru depuis long-tems ; & d'ailleurs les erreurs de sa règle, quelquefois assez sensibles, quand il s'agit de mesurer des hauteurs considérables, sont de peu d'importance sur le résultat auquel nous avons voulu l'appliquer.

Il résulte des formules établies ci-devant que, pour

absolu du Ballon lui-même, de 47,516 livres & le poids du gaz contenu, de 22,516 livres. Ces différens poids sont donc affectés d'une diminution d'environ 4 livres, & quant aux pesanteurs comparées des deux airs, quoiqu'elles soient diminuées l'une & l'autre de la même quantité, leur rapport a cependant un peu varié lui-même; mais le mélange de gaz inflammable & d'air atmosphérique, qui remplissoit le Ballon, se trouve toujours plus pesant que le quart d'un pareil volume d'air extérieur (1).

---

la température de 18 degrés, qui est celle du cas que nous traitons, le module barométrique est à-peu-près égal à 0,00009942, & d'après la hauteur du baromètre observée de 28 pouces 1  $\frac{1}{2}$  ligne, ou de 0,3906 toises, la densité de l'air étoit 0,001251.

(1) Il paroît, par le rapport de pesanteur établi ici entre les deux airs, que l'air atmosphérique introduit dans le Ballon, avec un soufflet, quelque tems avant son départ, n'est pas ce qui a le plus contribué à augmenter le poids du fluide aëriiforme, que contenoit la Machine : car, j'ai ouï dire à M. Robert lui-même, qu'il n'y avoit eu que 16 pieds cubes d'air introduits de cette manière; au lieu qu'en considérant le rapport qui vient d'être déterminé, & s'autorisant des expériences extrêmement précises, qui assignent à l'air inflammable pur la huitième partie au plus, du poids de

Il paroîtroit donc plus exact de préférer le résultat déterminé en dernier lieu pour le poids absolu de la Machine aérostatique; mais une nouvelle source d'incertitude, qui tient aux circonstances conjurées pour jeter de l'obscurité sur toutes les parties de l'expérience que nous examinons, semble devoir déconcerter entièrement le plan d'exactitude dans lequel nous cherchons à faire cet examen : il pleuvoit en effet quand le Ballon s'est élevé, & cette pluie a dû produire sur son mouve-

---

l'air ordinaire, on trouve que la Machine aérostatique auroit dû contenir au moins 159 pieds cubes d'air atmosphérique, sur 784 d'air inflammable. C'est donc aux imperfections inévitables de la manœuvre, par laquelle la Machine a été remplie, peut-être aussi à l'air fixe & à l'air acide sulfureux, qui se seront dégagés en même-tems que l'air inflammable, qu'il faut attribuer la pesanteur inattendue du gaz qui a servi à cette expérience. Il faut d'ailleurs mettre une partie du poids, dont la détermination donne lieu à ces réflexions, sur le compte de l'eau & même de la limaille de fer, que l'effervescence violente du mélange a portées jusques dans le Ballon, & alors le gaz lui-même devenant plus léger d'autant, il paroît qu'on peut estimer sa pesanteur spécifique, au quart de celle de l'air extérieur. C'est donc ce rapport que nous admettrons par la suite.

ment deux effets presqu'incalculables ; le premier en lui opposant une résistance de plus par le choc des gouttes d'eau qui le frappoient ; l'autre en mouillant le mobile d'une couche d'eau qui ajoutoit d'autant plus à son poids, que sa surface étoit plus considérable. Cherchons cependant à nous faire au moins une idée grossière de la manière d'agir de cette cause accidentelle.

M. Jeaurat, qui fait régulièrement les observations météorologiques, dont l'usage est depuis long-temps établi à l'Observatoire royal, m'ayant communiqué son journal, j'y trouve que la pluie dont il s'agit a fourni deux lignes neuf dixièmes d'eau, effet qui a été produit pendant une demi-heure à-peu-près qu'a duré cette pluie, & qui fait voir, quand on ne le sauroit pas d'ailleurs, qu'elle a été considérable. Si l'on considère maintenant cette pluie comme également disséminée dans l'atmosphère, & y formant une sorte de fluide rare, dont le mouvement vers la terre y accumuloit successivement la quantité d'eau qui a été mesurée ; & si l'on calcule à-peu-près la vitesse avec laquelle ce fluide descendoit, on aura l'épaisseur totale de la masse de pluie qui a été nécessaire pour produire les 2,9 lignes d'eau, & par conséquent le rapport

de la densité de ce fluide rare avec celle de l'eau elle-même : nous verrons par-là si la résistance, que la pluie apportoit au mouvement du Ballon, mérite d'entrer en considération. Or, on peut évaluer la vitesse descendionelle d'une pluie de moyenne grosseur entre  $23 \frac{1}{2}$  & 29 pieds par seconde (1). Mul-

(1) Soit  $d$  le diamètre d'une goutte de pluie, que nous supposons sphérique,  $\pi$  le rapport de la circonférence au diamètre,  $\epsilon$  la pesanteur spécifique de l'eau, le poids de cette goutte de pluie sera  $\frac{\pi d^3 \epsilon}{6}$  ; si l'on nomme  $u$  la vitesse descendionelle,  $g$  la vitesse imprimée par la pesanteur en une seconde,  $\varphi$  la densité de l'air, & qu'on adopte sur la résistance de l'air, les hypothèses reçues ; savoir, que contre une surface plane, elle est égale au poids d'une colonne d'air de même base, dont la hauteur seroit double de celle due à la vitesse, & que contre une sphère, elle est les deux cinquièmes de celle qui auroit lieu contre le grand cercle, on aura la résistance de l'air contre la goutte d'eau, égale à  $\frac{\pi d^2 u^2 \varphi}{10 g}$ . Cela posé, la descente d'un corps grave

dans l'atmosphère, s'accélérait jusqu'à ce que la résistance de l'air devienne précisément égale à son poids, il doit bientôt prendre une vitesse uniforme, telle que cette égalité ait lieu ; on doit donc avoir l'équation  $\frac{\pi d^3 \epsilon}{6} = \frac{\pi d^2 u^2 \varphi}{10 g}$  ; d'où l'on tire  $u^2 = \frac{5 g d \epsilon}{3 \varphi}$ . Or, on

*h = \frac{u^2}{2g}, 2h = \frac{u^2}{g}, c'est la hauteur de la colonne. La base = \frac{\pi d^2}{4}, qui donne 2 par \frac{u^2}{g}, puis par \varphi, remplace par \frac{\pi d^2 u^2 \varphi}{10 g}.*

Multipliant donc le plus petit de ces deux termes par le nombre de secondes contenues dans une demi-heure, on aura l'épaisseur de la masse de pluie qu'il a fallu pour produire 2,9 lignes d'eau, de quarante-deux mille trois cents pieds au moins. La densité du fluide rare que la pluie formoit dans l'atmosphère, étoit donc à celle de l'eau dans le rapport excessivement petit de 2,9 lignes à 42300 pieds, & se trouve exprimée par la fraction  $0,00000476$ ; ce qui donne cette densité plus de deux mille six cents fois moindre que celle que nous avons trouvée dernièrement pour l'air lui-même. Il résulte de ce calcul que le choc des gouttes de pluie sur le Globe aérostatique, n'a pu occasionner à son mouvement la plus légère différence; mais il n'en est pas de même de l'augmen-

---

$a g = 30,2$  pieds;  $\epsilon = 1$ ;  $\varphi = 0,00125$ ; & quant au diamètre d'une goutte de pluie, qui est représenté par  $d$ , nous le supposérions de 2 lignes ou  $\frac{1}{72}$  de pied. Substituant ces valeurs dans l'équation ci-dessus, on aura  $u^2 = 259,2592$ ; &  $u = 23,64$  pieds. Si l'on prenoit  $d = 3$  lignes ou  $\frac{1}{48}$  de pied, on trouveroit  $u^2 = 838,8888$ , &  $u = 28,96$  pieds. C'est donc aux environs de ces deux termes, qu'il faut prendre la vitesse descendante d'une pluie qui n'est pas très-menue.

tation de poids qu'il a reçue de la part de l'eau dont il s'est chargé.

Il seroit difficile de savoir au juste combien de temps le Ballon est resté exposé à la pluie, avant de s'élever au-dessus du nuage qui la fournissoit : mais, en consultant le journal de M. d'Agelet, on trouve que la pluie s'est fait sentir à 5 heures 4^m 53^s, 10^e environ avant l'occultation du Globe, qui a été revu ensuite à 5 heures 7^m, sous un angle de trente-trois degrés. C'est donc dans cet intervalle de 2^m 7^s, au bout duquel le mobile étoit évidemment sorti du nuage, qu'il faut chercher le tems pendant lequel il a éprouvé la pluie. Or si l'on fait attention qu'au moment où le mobile ayant traversé le nuage entier, a quitté sa surface supérieure, ce rideau épais devoit encore le dérober à nos yeux, & qu'il a fallu quelque temps pour que son ascension continuée, jointe au mouvement progressif de cette masse de vapeurs, suivant la direction du vent, permit enfin à l'observateur de découvrir obliquement le Globe par-dessus la queue du nuage, on verra qu'il y a beaucoup à réduire sur le court espace de temps que nous venons de trouver, & que le Ballon avoit peut-être abandonné la pluie depuis un grand nombre de secondes quand M. d'Agelet l'a revu. Con-

sidérant donc encore qu'il recevoit d'autant moins d'eau, qu'il pénétrait plus avant dans le nuage, puisqu'il laissoit successivement au-dessous de lui les vapeurs qui la fournissoient, & qu'on trouve, en cherchant à calculer à-peu-près cette diminution successive, qu'elle peut réduire la quantité totale de pluie dont le Ballon s'est chargé, à la moitié de celle qu'il auroit reçue, s'il eût été immobile (1); on pourra

(1) Soit  $e$  l'épaisseur du nuage,  $T$  le tems employé à le traverser,  $u$  la vitesse ascensionnelle, que nous supposons constante,  $m$  la masse d'eau que le Ballon auroit reçue pendant le tems  $T$ , s'il eût été immobile;  $\mu$  celle qu'il a reçue réellement,  $x$  la portion de l'épaisseur du nuage traversée après une partie quelconque du tems  $T$ ,  $dt$  l'élément du tems;  $e - x$  sera l'épaisseur de la partie du nuage supérieure au Ballon, à l'instant que nous considérons. Si donc on regarde les quantités de pluie, fournies en même-tems par les différentes couches du nuage, comme proportionnelles à leur épaisseur, on aura celle que le Globe a reçue pendant l'élément du tems, ou  $d\mu = \frac{m(e-x)dt}{eT}$ ; & mettant pour  $dt$ , sa valeur

$\frac{dx}{u}$ ;  $d\mu = \frac{m(e-x)dx}{eTu}$ ; intégrant donc, déterminant la constante de manière que  $x = 0$  donne  $\mu = 0$ , & que l'intégrale soit complete, quand  $x = e$ , on aura  $\mu = \frac{me}{2Tu}$ , & à cause de  $Tu = e$ ,  $\mu = \frac{m}{2}$ : quantité, moitié moindre que  $m$ , ainsi qu'on l'a supposé.

tout au plus estimer le poids ajouté ainsi au Ballon, comme s'il fût resté une minute exposé à la pluie qui tomboit sur la terre: intervalle trente fois moindre que la durée totale, & pendant lequel il a dû par conséquent tomber tout au plus un dixième de ligne d'eau. Le Ballon en ayant donc reçu autant que l'espace de terrain qu'il couvroit à chaque instant, le solide d'eau dont il s'est chargé a pour base la surface même de l'équateur du Globe, que nous avons calculé de 116,26 pieds quarrés, & pour hauteur le dixième de ligne dont nous venons de convenir. Ce solide se trouve égal à la fraction 0,0807 de pied cube, qui, à raison de 70 livres par pied cube d'eau, pese 5,649 livres, ou 5 livres & demie à-peu-près. Voilà ce dont la pluie peut avoir augmenté le poids du Globe aérostatique.

Il est au reste inutile de répéter ici que ce calcul n'a pu fournir qu'un aperçu très-grossier de l'effet dont il s'agit; & cette augmentation de poids s'étant faite graduellement, il seroit encore fort difficile de déterminer en rigueur comment elle a pu influer sur le mouvement du Globe; mais nous voyons au moins que cette altération ne doit pas être très-sensible sur un poids total d'environ 50

livres, & qu'elle est à-peu-près de même ordre que la différence de 4 l., apportée au calcul de ce poids par les deux déterminations que nous avons successivement présentées sur la densité de l'air. Ce fera donc une manière approchée de tenir compte de l'effet de la pluie, que d'adopter celle de ces deux évaluations qui augmente le plus la pesanteur du Globe. Nous conserverons donc nos premières données, que nous allons rappeler ici.

Module barométrique . . . . . 0,001041

Densité de l'air à la surface de

la terre . . . . . 0,00131

Poids total du Ballon . . . . . 51,477 livres.

Il ne nous manque plus, pour être en état de calculer le mouvement du Globe aérostatique, que de convenir de la loi que nous admettrons pour la résistance que l'air a dû lui opposer à chaque instant, & qui dépend de deux élémens continuellement variables, savoir, la densité de l'air, & la vitesse du mobile. Nous ne pouvons à cet égard qu'adopter ce que la théorie & l'expérience ont indiqué de plus conforme à la nature, & ce sont les hypothèses suivantes.

1°. Que pour une densité donnée de l'air, la résistance contre une surface plane & mobile, est à-peu-près égale au poids d'une co-

lonne de ce fluide, de même base que la surface dont il s'agit, & d'une hauteur égale au double de celle dont un corps grave devroit tomber pour acquérir la même vitesse avec laquelle se meut la surface proposée.

2°. Que contre une sphère, la résistance est égale aux deux cinquièmes de celle qu'éprouveroit le grand cercle, animé de la même vitesse (1).

---

(1) La première de ces loix fait la résistance de l'air proportionnelle au carré de la vitesse, conformément à la théorie élémentaire; mais les auteurs ont beaucoup varié sur la quantité absolue. Celle que nous avons adoptée, se rapproche le plus de la théorie donnée par M. d'Alembert, dans son beau Traité des Fluides; elle a d'ailleurs été confirmée par un grand nombre d'expériences, entr'autres, par celles qu'a faites M. l'abbé Bossut, à Mézières, sur la percussion des fluides. La seconde hypothèse que nous adoptons, dépendant de la considération des chocs obliques, ne se trouve pas conforme à la théorie ordinaire, qu'on fait être fautive à cet égard; mais j'ai préféré d'adopter sur le choc des fluides contre les corps sphériques, ce que nous apprennent les expériences très-nombreuses de M. le chevalier de Borda.

Il résulte de ces hypothèses, que,  $\phi$  étant la densité de l'air,  $u$  la vitesse du Globe,  $A$  la surface de son grand cercle, &  $g$  la vitesse imprimée par la pesanteur en une seconde, on a la résistance de l'air exprimée par  $70 \text{ liv.} \times \frac{2 A \phi u^2}{5 g}$ ; valeur qui se trouve mul-

Ce sont principalement ces hypothèses que le travail actuel a pour objet de vérifier, en mettant les résultats qu'elles fourniront, en comparaison avec ceux de l'observation.

La question du mouvement du Globe aérostatique n'est donc plus maintenant qu'un problème de calcul dont il nous reste à nous occuper : quoique fort compliquée par les variations qu'éprouvent en même tems la tendance du mobile à monter, & la résistance de l'air, elle est cependant susceptible d'être extrêmement simplifiée à l'aide de quelques considérations qui m'ont servi à éluder les difficultés de l'analyse. Mais j'ai cru devoir renvoyer ce détail, ainsi que tous ceux de même espece, dans des notes à part qui n'interrompent point la suite de cette lettre (1); & je

---

tipliée par le poids d'un pied cube d'eau, parce que la densité  $\varphi$  est prise pour le cas où celle de l'eau est l'unité. Si donc on représente la résistance de l'air par  $b \varphi u^2$ , on aura, en mettant pour  $A$  & pour  $g$  leurs valeurs,  $b = 107,791$ .

(1) Soit  $p$ , le poids absolu du Ballon, que nous savons être de 51,477 livres;  $\gamma$ , le poids d'un pareil volume d'eau que nous avons déterminé de 66012,917 l.;  $\varphi$ , la densité variable de l'air, celle de l'eau étant exprimée par 1;  $D$ , la densité de l'air à la surface de la terre, que nous nous sommes déterminés à prendre

me hâte, Monsieur, d'en venir au point es-

---

égale à 0,00131, le baromètre étant à 28 pouc. 1 lig.  $\frac{2}{3}$ ;  $u$ , la vitesse variable du mobile, exprimée par le nombre de p.eds qu'elle peut lui faire parcourir en une seconde;  $b$ , une constante telle que l'expression générale de la résistance de l'air soit  $b \varphi u^2$  : cette constante a été déterminée, par la note précédente, égale à 107,791;  $g$ , la vitesse acquise par les corps graves, pendant la première seconde de leur chute, qu'on sait être égale à 30,2 pieds par seconde;  $m$ , le module barométrique, ou le quotient constant, qu'on doit avoir en divisant la différence des logarithmes de deux hauteurs du baromètre, pris dans les tables ordinaires, par la différence de niveau des deux lieux auxquels elles appartiennent, exprimée en toises; dans la question présente, nous avons pris ce nombre égal à 0,0001041;  $\mu$ , le même quotient, en évaluant en pieds, les différences de niveau, & prenant les logarithmes hyperboliques; donc, si l'on nomme  $a$ , la tangente du système des logarithmes ordinaires, qui est 0,434294, on aura  $\mu = \frac{m}{6a} = 0,00003995$ ;  $f$ , la hauteur du mobile à chaque instant, exprimée en pieds;  $\psi$ , la force accélératrice, exprimée en livres;  $t$ , le tems écoulé à chaque instant, depuis le départ du Globe, exprimé en secondes. Nous désignerons les logarithmes ordinaires par l'indice *Log.*, & les logarithmes hyperboliques par *log.*

Rappelons avant toute chose, la relation qui existe entre les hauteurs & la densité de l'air, & exprimons-la par une équation propre au calcul actuel : elle est donnée

sentiel qui a occasionné tout ce travail; le

par la formule  $\mu = \frac{\log. D - \log. \varphi}{f}$ ; nommant donc  $e$  le nombre dont le logarithme hyperbolique est l'unité, on aura  $\varphi = \frac{D}{e^{\mu s}}$ ;  $f = \frac{\log. (\frac{D}{\varphi})}{\mu}$ ; &  $df = -\frac{d\varphi}{\mu \varphi}$ .

Cela posé, on a constamment la force accélératrice du mobile égale au poids de l'air déplacé, moins le poids absolu du mobile lui-même, moins encore la résistance de l'air. C'est ce qu'exprime l'équation suivante:

$$(A) \quad \psi = r\varphi - p - b\varphi u^2.$$

On en tire  $u^2 = \frac{r\varphi - p - \psi}{b\varphi}$ ; &  $u du = \frac{(p + \psi)d\varphi - \varphi d\psi}{2b\varphi^2}$ ;

Mais les formules connues du mouvement varié donnant  $g\psi df = pu du$ , on trouve, en égalant la nouvelle valeur qui en résulte pour  $u du$ , avec la première, une équation qui, après avoir mis pour  $df$ , la valeur  $-\frac{d\varphi}{\mu\varphi}$ ; & réduisant, deviendra:

$$(\mu p^2 + \mu p\psi + 2bg\varphi\psi) d\varphi - \mu p\varphi d\psi = 0;$$

équation différentielle entre la force accélératrice & la densité de l'air.

Multipliant toute cette équation par une fonction de  $\varphi$ , qui la rende intégrable, & cette fonction étant nommée  $\Phi$ , on aura, par les règles ordinaires des différentielles complètes:  $\frac{d\Phi}{\Phi} = -\frac{2}{\mu p} \times \left\{ \frac{\mu p}{\varphi} \times b g \right\} \times d\varphi$ ;

tableau

tableau suivant, dans lequel j'ai mis de nou-

d'où l'on tire en intégrant  $\Phi = \frac{1}{\varphi^2 e^{\mu p}}$ ; multipliant donc

notre équation par cette quantité, & faisant, pour abréger  $\frac{2bg}{\mu p} = n$ , elle devient:

$$\frac{p d\varphi}{\varphi^2 e^{2p}} + \frac{\psi d\varphi}{\varphi^2 e^{2p}} + \frac{n\psi d\varphi}{\varphi^2 e^{2p}} - \frac{d\psi}{\varphi e^{2p}} = 0.$$

Je remarque, avant d'aller plus loin, que  $\mu$  étant toujours un nombre très-petit,  $n$  est par conséquent très-grand; on trouve en effet qu'en réalisant sa valeur pour le cas actuel, elle est ainsi  $n = 3165843,389$ ; cette observation sur un nombre qui affecte tous nos exposans est importante.

Cela posé, je trouve en différenciant la formule  $\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}$ , que l'on a:  $\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}} = -d\left(\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}\right) - \frac{n d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}$ ;

mettant donc dans notre équation cette expression différentielle, ainsi transformée, elle deviendra:

$$-(p + \psi) \times d\left(\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}\right) - \frac{d\psi}{\varphi e^{n\varphi}} - n p \times \frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}} = 0;$$

équation dont l'intégration tient à celle de la formule  $\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}$ . Mais cette formule, qui en faisant  $\frac{1}{e^{n\varphi}} = \infty$ ,

devient  $\frac{dx}{\log. x}$ , est connue de tous les géomètres pour ne pouvoir être intégrée complètement, & malheureusement les séries par lesquelles on a donné le moyen

K

veau les différentes hauteurs du Globe au

d'obtenir des valeurs approchées de cette intégrale, deviennent dans le cas présent excessivement divergentes par la valeur considérable du nombre  $n$  qui rend  $x$  d'une petitesse extrême, & son logarithme presque égal à l'infini négatif.

Pour éluder cette difficulté, je reprends de nouveau la différentielle de la quantité  $\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}$ , que je mets sous

$$\text{cette forme : } d\left(\frac{1}{\varphi e^{n\varphi}}\right) = -\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}} \times \left(n + \frac{1}{\varphi}\right).$$

Or  $n$  étant toujours très-considérable par rapport à  $\frac{1}{\varphi}$ , la quantité  $n + \frac{1}{\varphi}$  ne varie pas sensiblement. On peut donc mettre à sa place une constante  $N$ , comprise entre les deux valeurs de  $n + \frac{1}{\varphi}$  qui conviennent aux points extrêmes de l'intégrale: il suit de-là que si l'on prend  $N = n(1 + \nu)$ , la quantité  $\nu$  sera comprise entre les limites de  $\frac{1}{n\varphi}$  & sera par conséquent dans tous les cas un nombre très-petit. Par cet artifice la formule  $\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}$  s'intègre sans difficulté pour le cas pré-

$$\text{sent, \& l'on a } \int \left(\frac{d\varphi}{\varphi e^{n\varphi}}\right) = -\frac{1}{n(1+\nu)\varphi e^{n\varphi}}.$$

Intégrant donc notre équation avec les attentions

moment de chaque observation, présente à

prescrites pour les différentielles complètes, & déterminant la constante pour le premier instant de telle sorte que  $\varphi = D$ , donne  $\psi = rD - p = 35$  liv. excès de légèreté du Ballon au premier moment, on en tirera :

$$\psi = \frac{\varphi e^{n\varphi}}{D e^{nD}} \times \left\{ \frac{rD - p}{1 + \nu} \right\} - \frac{\nu p}{1 + \nu} \text{ \& négligeant } \nu$$

par rapport à l'unité, comme étant un nombre très-petit, cette valeur deviendra

$$(B) \psi = \frac{\varphi e^{n\varphi}}{D e^{nD}} \times (rD - p) - \nu p;$$

Cette équation exprime à chaque instant la relation qui existe entre la force accélératrice du mobile & la densité de l'air à la hauteur où il se trouve, & d'après ce qui précède,  $\nu$  doit, pour chaque cas, être pris entre les limites  $\frac{1}{nD}$  &  $\frac{1}{n\varphi}$ ; mais comme le poids de la Machine étoit plus de la moitié de celui de l'air qu'elle déplaçoit dans sa position la plus basse, il s'ensuit que  $\varphi$  ne peut jamais devenir égal à  $\frac{D}{2} = 0,000655$ , & qu'on aura toujours  $\nu < \frac{1}{2073}$ ; on aura aussi à cause de

$\frac{1}{nD} = \frac{1}{4146}$ ,  $\nu > \frac{1}{4146}$ . L'ordre de petitesse de  $\nu$  se trouve donc déterminé, & l'on voit que  $\nu p$  n'étant jamais égal à trois gros, tandis que  $p$  est de plus de 51 livres, doit disparaître devant  $p$ . Examinons main-

K ij

côté de chacune les résultats de la théorie

tenant l'expression que nous venons de trouver pour la force accélératrice.

Or, on voit d'abord qu'au premier instant, où  $\varphi = D$ , on a, en négligeant  $\nu p$ , par rapport à  $p$ , comme nous l'avons déjà fait,  $\psi = r D - p$ , valeur de l'excès de légèreté qui a été déterminée par l'observation. Il en résulte que, dans les premiers momens,  $\psi$  est une quantité positive, de même ordre que  $p$ . Mais en mettant l'expression de  $\psi$  sous cette

forme  $\psi = \frac{\varphi}{D e^n (D - \varphi)} (r D - p) - \nu p$ ; il est

visible en même-tems, qu'à cause de la grandeur du nombre  $n$ , la diminution de  $\varphi$  doit faire croître très-rapidement la formule  $e^n (D - \varphi)$ ; puis, qu'en supposant  $D - \varphi = 0,00001$ , on a déjà  $e^n (D - \varphi) = 5611000000000$ ; il suit delà, que le premier terme de la valeur de  $\psi$  diminue bientôt au point de devenir négligible, même par rapport à  $\nu p$ , & qu'alors la force accélératrice est une quantité négative, de même ordre que  $\nu p$  lui-même. Reprenant donc l'équation (A), qui donne  $\psi = r D - p - b \varphi u^2$ , on voit que  $\psi$  étant négligible par rapport à  $p$ , cette équation peut être changée en celle-ci :

$$(C) \quad 0 = r \varphi - p - b \varphi u^2,$$

qui indique, sans erreur sensible, la relation qui existe continuellement entre la densité de l'air & la vitesse actuelle du mobile.

Il est cependant à remarquer, que par une suite des considérations précédentes, cette équation ne sauroit

pour le même instant, & vous mettra à portée

convenir pour les premiers momens de la course du Globe, & cela est d'ailleurs évident par l'inspection de l'équation elle-même, puisqu'on en tire toujours, pour la vitesse, une valeur finie, tandis qu'elle a dû d'abord être infiniment petite. Mais il est clair en même-tems, que cette équation commence à être vraie au moment où la résistance de l'air, devenue égale à la force d'ascension de la Machine, a détruit l'accélération du mouvement, qui, dès-lors, a été en diminuant de plus en plus, & par des degrés insensibles, jusqu'à son extinction totale, dans les hautes régions de l'atmosphère. C'est en ce moment, où l'accélération a cessé, que la force accélératrice est devenue rigoureusement nulle, avant de devenir négative, & ce point, très-intéressant à connoître, nous donnera en même-tems, la plus grande vitesse qu'ait eu le mobile. Car,  $\psi = \frac{p}{g} \frac{du}{dt} = 0$ , donne  $du = 0$  &  $u = \text{maximum}$ .

Reprenant donc l'équation (B) qui donne l'expression générale de la force accélératrice, on aura :

$$\psi = \frac{\varphi e^{n\varphi}}{D e^n D} \times (r D - p) - \nu p = 0, \text{ équation}$$

qui en supposant  $D - \varphi = z$ , devient

$$\frac{\varphi}{D e^{nz}} \times (r D - p) - \nu p = 0.$$

Mais puisque nous avons vu que quand  $z = D - \varphi = 0,00001$ , la formule  $e^{nz}$  est déjà si grande que le premier terme de cette équation disparaîtroit devant le second, tandis qu'ils doivent être ici de même ordre,

d'en faire la comparaison. L'accord singulier

pour se détruire mutuellement, il s'enfuit que, hors les exposans, nous pouvons prendre  $\varphi = D$ ; d'où il résulte que  $v$  devant être pris entre les limites  $\frac{1}{nD}$

&  $\frac{1}{n\varphi}$ , devient rigoureusement égal à  $\frac{1}{nD}$ ; notre

équation prend donc cette forme  $\frac{\gamma D - p}{e^{n\gamma}} = \frac{p}{nD}$ ;

d'où l'on tire  $e^{n\gamma} = \frac{nD(\gamma D - p)}{p}$ ; donc

$$n\gamma = \log. \left\{ \frac{nD(\gamma D - p)}{p} \right\} = 7,9444142983733 : \&$$

divisant par  $n$ ;  $\gamma = 0,000002509$ ; &

$\varphi = D - \gamma = 0,001307491$ . Telle a dû être la densité de l'air au point où le mobile a cessé de s'accélérer, & d'après la loi établie ci-dessus entre les hauteurs & les densités, on trouve qu'il convient à une élévation de 47 pieds, 778 millièmes. C'est donc au bout d'un tems bien court, que l'équation (C) commence à être admissible, & pour le point que nous venons de déterminer, elle se trouve vraie à la rigueur.

Mettant donc dans cette équation la valeur de  $\varphi$  que nous venons de déterminer, elle donnera

$$= \frac{\gamma\varphi - p}{b\varphi} = 247,164225, \& u = 15,721 \text{ pieds,}$$

expression de la plus grande vitesse qu'ait eu le mobile pendant toute la durée de son mouvement, & du nombre de pieds qu'elle lui auroit fait parcourir dans une seconde. D'après les calculs précédens, la valeur analytique de cette vitesse se trouve ainsi :

qui s'y trouve à cet égard, tend à prouver

$$v = \frac{\sqrt{n(\gamma D - p) - \gamma \log. \left\{ \frac{nD(\gamma D - p)}{p} \right\}}}{b n d - b \log. \left\{ \frac{nD(\gamma D - p)}{p} \right\}}$$

Puisqu'il est maintenant établi que l'équation (C) n'est sujette à erreur que pour les premiers instans de la course du mobile, & que nous venons de déterminer le point où elle doit commencer à être admise, elle donne évidemment pour toute la suite de ce mouvement, la vraie valeur de la vitesse, de telle sorte qu'on

a toujours  $u^2 = \frac{\gamma\varphi - p}{b\varphi}$ ; nous pouvons donc déter-

miner la relation entre le tems & la densité de l'air, qui, dépendant elle-même de la hauteur par une loi connue, rendra facile de tirer de ce calcul l'expression du tems employé à parcourir un espace quelconque; il ne faut cependant pas perdre de vue que tous les tems déterminés ainsi seront affectés de l'erreur légère qui se trouve sur les premiers instans; mais cette erreur étant rigoureusement la même pour tous, n'empêchera pas qu'on n'ait exactement les tems employés par le Globe à s'élever au-dessus de ce point fixe.

Reprenant donc l'expression générale  $u^2 = \frac{\gamma\varphi - p}{b\varphi}$ ,

on aura  $u = \frac{ds}{dt} = \sqrt{\frac{\gamma\varphi - p}{b\varphi}}$ , & comme

$ds = \frac{d\varphi}{\mu\varphi}$ , on tirera de cette équation :

$$dt = \frac{\sqrt{b}}{\mu} \times \frac{d\varphi}{\sqrt{\gamma\varphi^2 - p\varphi}}; \text{ expression différen-}$$

que, par le soin que j'ai apporté à la déter-

mielle du tems, qui en faisant d'abord  $\varphi = r^2$ , & rendant toute la quantité rationnelle par une nouvelle substitution, s'intègre facilement. Quant à la constante, elle dépend entièrement du point auquel on veut rapporter l'origine des tems. Si, par exemple, pour éviter l'erreur de cette méthode sur les premiers instans, on vouloit compter les tems du moment où l'équation fondamentale commence à devenir vraie, il faudroit déterminer la constante de manière que  $t = 0$  donnât  $\varphi = 0,001307491$ , valeur de la densité de l'air pour le point de la plus grande vitesse; mais comme les résultats ne sauroient changer de quelque point que l'on commence à compter une des variables, nous prendrons tout simplement  $t = 0$ , quand  $\varphi = D$ , comme nous eussions fait si l'équation (C) étoit généralement admissible. Par ce moyen l'on obtient la formule suivante :

$$(D) t = \frac{2}{\mu} \sqrt{\frac{b}{\gamma}} \times \log. \left\{ \frac{\sqrt{\gamma\varphi} - \sqrt{\gamma\varphi - p}}{\sqrt{\gamma D} - \sqrt{\gamma D - p}} \right\};$$

d'où l'on tire

$$(E) 4\gamma\varphi = \frac{(p + \{\sqrt{\gamma D} - \sqrt{\gamma D - p}\} 2e^{\mu t} \sqrt{\frac{\gamma}{b}})^2}{\{\sqrt{\gamma D} - \sqrt{\gamma D - p}\} 2e^{\mu t} \sqrt{\frac{\gamma}{b}}}$$

équations qui donnent à volonté le tems & la densité en valeur l'une de l'autre.

Pour appliquer maintenant ces formules aux observations que nous avons à calculer, il faut déterminer de combien l'origine des tems est antérieure à quel-

mination des données de ce problème, & par

qu'une d'entr'elles, comme, par exemple, à celle où le mobile a été vu à la hauteur du dôme de l'Ecole Militaire; il n'y a pour cela qu'à substituer dans l'équation (D) la valeur de  $\varphi$  qui convient à une hauteur de 20 toises, savoir 0,001249, & la valeur de 7,6306 secondes qui en résulte pour  $t$ , est le tems qu'il faut compter lors de la première observation pour qu'elle entre dans nos formules. Ajoutant donc cette quantité constante à tous les intervalles de tems dont les autres observations ont suivi la première, on aura la vraie valeur du tems qu'il faut compter pour chacune, depuis l'origine. Ces valeurs mises pour  $t$  dans l'équation (E) donneront successivement toutes les valeurs correspondantes de  $\varphi$ , & par conséquent les hauteurs acquises par le mobile au moment de chaque observation: c'est ainsi qu'a été construit le tableau joint au texte de cette lettre.

On voit au reste que cette méthode & ces formules ne conviennent que pour les instans postérieurs à celui de la plus grande vitesse du mobile; mais comme il l'a acquise bien rapidement & après avoir franchi une hauteur de 47,778 pieds seulement, on peut calculer à part cette première portion de son mouvement, en supposant la densité de l'air constante, comme cela est permis pour une aussi petite élévation; on trouve par ce moyen que le Globe a mis 5,546 secondes à prendre sa plus grande vitesse, au lieu de 3,107 secondes que donnent nos premières formules. Telle est donc l'erreur dont elles affectent la détermination de chaque tems absolu, quand on voudra les compter du moment du départ du Globe: ainsi c'est une correction de 2,432

les hypothèses que j'ai employées, j'ai réussi

secondes à faire à tous les résultats de l'équation (D), & le moment où elle donne  $\varphi = D$ , que nous avons pris pour origine des tems, est par conséquent postérieur au véritable instant du départ de la Machine, de cette petite quantité.

Ajoutant donc ces 2,439 secondes aux 7,6306 secondes que nous avons trouvées pour la première observation, nous aurons 10 secondes dont le départ du mobile l'a réellement précédée, & qu'il a employées à s'élever au niveau du dôme de l'Ecole Militaire; on peut par ce moyen assigner l'instant où le Globe a été abandonné, quoiqu'il n'ait point été noté, & c'est d'après cette détermination que nous l'avons inscrit à 5^h 1^m 52^s.

Il ne reste plus à déterminer que la plus grande hauteur à laquelle le Ballon auroit pu s'élever, & le tems qu'il auroit mis à ce trajet: reprenons pour cela l'équation (B), & supposons la vitesse nulle, elle conviendra évidemment au point où la Machine auroit cessé de

monter; on a donc alors  $r\varphi - p = 0$ , ou  $\varphi = \frac{p}{r}$ ;

expression de la densité de l'air à ce degré d'élévation. Cette valeur réalisée donne  $\varphi = 0,0007798$ , d'où en faisant la proportion  $0,00131 : 0,0007798 :: 28^{\text{po}} 1^{\text{li}} \frac{1}{2} : 16^{\text{po}} 8,9^{\text{li}}$ , on verra que dans cette région de l'atmosphère, le baromètre devoit se soutenir à 16^{po} 8,9^{li}.

Calculant enfin cette hauteur par le moyen de l'é-

quation  $s = \frac{\text{Log.} \left( \frac{D}{\varphi} \right)}{m}$ , on trouvera  $s = 2164,15^{\text{to}}$   
 $= 2164^{\text{to}} 0^{\text{ri}} 10^{\text{po}}$ .

à ne pas m'écarter assez des loix réelles, pour faire des erreurs appréciables, sur l'espace que le mobile a parcouru pendant qu'il a été visible. Mais il est à présumer que si on eût pu l'observer plus long-tems, la théorie auroit montré quelques écarts, & c'est en cela qu'une telle expérience pouvoit être infiniment instructive. Quoiqu'il en soit, elle a du moins servi à montrer un point jusqu'auquel on peut regarder cette théorie de l'air comme très-précise, & sans parler de l'importance nouvelle qu'elle paroît acquérir aujourd'hui, beaucoup d'usages connus & bien essentiels rendent cette vérification très-intéressante.

J'ai du reste ajouté à ce tableau tout ce que le calcul a pu apprendre d'intéressant sur les circonstances de ce mouvement, qui n'ont pas pu être observées: ainsi le moment où

Et pour connoître la durée totale dont le mouvement du Ballon auroit été susceptible, il faut substituer dans l'équation (D) la valeur que nous venons d'obtenir pour  $\varphi$ . Elle donnera alors

$$t = \frac{2}{\mu} \sqrt{\frac{b}{r}} \times \text{Log.} \left\{ \frac{\sqrt{p}}{\sqrt{rD} - \sqrt{rD-p}} \right\}, \&$$

cette valeur étant réalisée, devient  $t = 1520,749$  secondes: à quoi ajoutant la correction de 2,439 secondes, on trouvera la durée totale du mouvement d'environ 25^m 23^s.

le Globe a été abandonné, s'y trouve déterminé par rapport à celui où il a été vu au niveau du dôme de l'Ecole-Militaire, le calcul ayant indiqué qu'il avoit fallu 10" au mobile pour franchir les vingt toises dont ce dôme est élevé. La théorie ayant appris également que le mobile, éprouvant de la part de l'air une résistance d'autant plus grande, qu'il acqueroit plus de vitesse, a bientôt cessé tout-à-fait de s'accélérer pour s'élever au contraire d'un mouvement continuellement retardé jusqu'au moment de sa plus grande hauteur, j'ai cru devoir marquer l'instant où ce *maximum* de vitesse a eu lieu, & donner le nombre de pieds que le mobile auroit parcourus par seconde, en vertu de cette vitesse. J'ai cru encore qu'il seroit intéressant de connoître la hauteur à laquelle la Machine auroit pu s'élever sans la cause qui en a occasionné la chute, & le tems qu'elle auroit mis à y parvenir. J'ai noté en même-tems la hauteur à laquelle le baromètre devoit se soutenir dans cette région de l'atmosphère. J'ai présenté enfin dans une colonne à part le poids de l'air que la Machine déplaçoit à chacune de ses positions, & la diminution de ces termes présente une idée très-distincte des diminutions successives de la densité de l'air lui-même.

TABLEAU comparatif des résultats de l'Observation & de ceux de la Théorie, sur le mouvement du Globe aérostatique.

Nu- mé- ros.	Instans pour lesquels la position du Globe est assignée.	Hauteur du Baromètre. 28 ^{po} 1 ^{li} $\frac{1}{2}$		Hauteurs du Globe, don- nées par les observations.	Hauteurs du Globe, don- nées par la théorie.	Poids de l'air déplacé par le Bal- lon à chaque position.		
		Thermomètre.....18 ^d	Densité de l'air.....0,00131			Celle de l'eau étant...1,000	Poids absolu du Ballon. 5 ^{liv} 7 ^{on} 5 ^{gr}	liv.	onces	gr.
1	5 ^h 1 ^m 50 ^f	Moment du départ du Globe re- trouvé par le calcul.		.....	0 0 0	86	7	5
2	5 1 55 $\frac{1}{2}$	Moment où le Ballon avoit sa plus grande vitesse, qui étoit de 15 ^{pi} 8 ^{po} 8 ^{li} par seconde.		.....	7 5 9	86	4	7
3	5 2 0	Le Ballon est à la hauteur du dôme de l'Ecole Militaire.		..... 20 ^{toises} .....	20 0 0	86	1	0
4	5 2 52	.....		entre { 145 159 } M ^{li} M ^{li} M ^{li}	154 1	883	5	3
5	5 4 0	.....		entre { 310 342 }	324 4	580	0	0
6	5 4 53	.....		{ un peu } { plus de } 448 M ^{li}	453 2	577	9	1
7	5 5 3	Le Globe disparoit pour l'Ecole Mi- litaire.		{ un peu } { plus de } 474 $\frac{1}{2}$ M ^{li}	476 2	477	2	2
8	5 5 4 $\frac{1}{4}$	Le Globe disparoit pour l'Obser- vatoire.		..... 480 M ^{li}	480 1	577	1	1
9	5 5 6 $\frac{1}{4}$	Le Globe disparoit pour le Garde- Meuble.		{ un peu } { plus de } 481 $\frac{1}{3}$ M ^{li}	484 5	1176	15	6
10	5 5 8 $\frac{1}{2}$	Le Globe disparoit pour les tours Notre-Dame.		..... 491	490 2	576	14	1
11	5 7 0	Le Globe reparoit entre les nuages.		entre { 720 820 }	746 2	172	5	0
12	5 27 13	Moment où le Globe auroit acquis sa plus grande élévation, 25 minutes 23 secondes après son départ, & le baromètre se soutenant dans cette ré- gion de l'atmosphère à 16 pouces 8 li- gne 9 dixièmes.		.....	2164 0	1051	7	5

Vous voyez, Monsieur, que quand même l'exactitude d'une théorie pourroit être démontrée d'avance en rigueur, il seroit impossible d'obtenir avec les observations une plus grande conformité que ce tableau ne la présente : quand en effet , par le défaut d'observations complètes, & par l'ignorance où nous étions sur la seconde oscillation du mobile à gauche de la direction du vent , nous n'avons pu inscrire qu'un résultat approchant, comme on le voit aux numéros 6, 7 & 9; la théorie semble venir, pour ainsi dire, nous donner celui qui nous manquoit, & suppléer elle-même aux incertitudes qui nous restoient sur ces positions du Globe, sur lesquelles nous n'avions de bien certain que le sens dans lequel étoit l'erreur que nous commettions; & pour les nos. 8 & 10, pour lesquels nous avons pu légitimement conclure des résultats plus positifs, le calcul ne s'en écarte pas d'une toise. Quant aux nos. 4, 5 & 11, pour lesquels la colonne des observations ne présente que des limites fort écartées, ils achevent de montrer que le résultat véritable étoit réellement entre ces limites, d'autant plus intéressantes à confirmer ainsi, qu'elles ont servi de base à tout le travail dont les autres termes de la même colonne ont été déduits.

Voilà ; Monsieur, le but de cette lettre rempli, & la théorie bien confirmée jusqu'ici par l'épreuve qu'elle vient de subir ; mais cet instrument, auquel il seroit bien à désirer que toutes les questions de la nature pussent un jour donner prise, ne sauroit être trop perfectionné par des comparaisons multipliées ; & les suppositions que nous avons suivies sont sans doute susceptibles de quelques corrections légères dont nous n'avons pu nous apercevoir ici. C'est donc sur de nouvelles épreuves qu'il faut fonder l'espoir d'acquiescer à cet égard les connoissances les plus complètes ; & celle que nous venons de traiter ne doit être regardée que comme une sorte de répétition d'une expérience complète dans toutes ses parties ; manière de l'envisager, qui suffiroit seule pour montrer qu'elle a été très-utile.

Je ne puis, Monsieur, avant de terminer cette lettre, me dispenser de dire un mot de l'accident qui est survenu à la Machine aérostatique, & dont la cause, quoique très-simple, a été au moins très-confusément rendue dans plusieurs des écrits qui se multiplient sur cette matière. Ce mobile en effet, qui contenoit un air originairement pressé par tout le poids de l'atmosphère, & alors en équilibre avec

elle, s'étant élevé dans des régions où la pression extérieure est devenue beaucoup moindre, & le fluide aériforme renfermé dans cette enveloppe, conservant toujours le même volume, & par conséquent la même élasticité, tout l'excès de cette force sur celle de l'air extérieur a dû être supporté par l'étoffe ; & l'expérience prouve qu'elle n'y a pas résisté. C'est aussi ce que le calcul montre d'une manière bien évidente ; car nous voyons par les résultats de la théorie, que le Ballon auroit pu s'élever jusqu'à une hauteur où le baromètre n'auroit marqué que 16 pouces 9 lignes environ. L'excès de l'élasticité de l'air intérieur sur la pression de l'atmosphère, auroit donc alors été représenté par l'excès de 28 pouces 1 ligne  $\frac{1}{2}$  sur 16 pouces 9 lignes, & l'enveloppe du Ballon pressée intérieurement à tous ses points par une force égale au poids de 11 pouces 4 lignes  $\frac{1}{2}$  de mercure. On déduit facilement de cette considération évidente, que la force tendante à séparer deux hémisphères quelconques du Globe, eût été alors de près de 108 mille livres (1), & que

---

(1) Soit *AMB*, *fig. 3*, le Globe aérostatique, & *Mm*, un élément quelconque, infiniment petit, de son enveloppe, que nous supposons pressé intérieure-

cette force répartie sur tout le contour de la Machine eût donné environ  $2824 \frac{1}{2}$  livres par pied de taffetas. Il est bien évident qu'un

ment par une force perpendiculaire  $nM$ , égale au poids d'une colonne de mercure de 11 pouces quatre lignes  $\frac{1}{2}$ . Imaginons un plan quelconque  $AB$ , qui partage le Globe en deux parties égales, & soit décomposée la force  $nM$  en deux autres,  $Mt$ ,  $Mr$ , l'une perpendiculaire, l'autre parallèle au plan  $AB$ . Toutes les forces  $Mr$ , se feront évidemment équilibre entr'elles, & la somme de toutes les forces  $Mt$ , exprimera celle avec laquelle la pression extérieure tend à séparer l'hémisphère  $AMB$ , de celui qui lui est opposé. Or, si l'on représente par  $Pp$ , la projection de l'élément  $Mm$ , sur le plan  $AB$ , on aura évidemment :

$$Mn : Mt :: Mm : Pp.$$

Donc  $Mt, \times Mm = Pp, \times Mn$ ; d'où il suit que la force  $Mt$ , agissant sur tous les points de  $Mm$ , opère, pour séparer les deux hémisphères, le même effet que la pression constante  $Mn$ , si elle agissoit sur tous les points de  $Pp$ . La somme de toutes les forces  $Mt$ , sera donc exprimée par la force  $Mn$ , agissant sur tous les points du grand cercle  $AB$ , & sera par conséquent, égale au poids d'un solide de mercure, qui auroit pour base le grand cercle  $AB$ , ou 116,260 pieds carrés, & pour hauteur, 11 pouces 4 lignes  $\frac{1}{2}$ . Ce solide se trouve de 110,279 pieds cubes, & à raison de 978,964 livres par pied cube de mercure, pèse 107964,064 livres. Telle est la force, qui, dans les

tissu

tissu aussi frêle devoit céder à une tension si considérable.

Il est difficile de savoir à quelle hauteur le Ballon est réellement crevé, quoiqu'il soit bien probable qu'il a fallu pour cela un effort beaucoup moindre que celui qui vient d'être calculé; mais si le mobile étoit parvenu à sa plus grande élévation possible, c'est-à-dire, à 2164 toises, comme il auroit, d'après nos calculs, employé 25' à y arriver, & qu'il étoit déjà tombé au bout de 45, il s'ensuivroit qu'il seroit descendu un peu plus vite qu'il n'est monté, ce qui ne paroît guère probable. Il est bien plus vraisemblable que l'ouverture s'est faite au Globe long-temps avant

circonstances supposées, auroit tendu à séparer deux hémisphères du Globe, & répartie sur un contour de 38,222 pieds, elle donne 2824,657 livres par pied de taffetas.

Il est à propos de remarquer que cette méthode de déterminer l'effet d'une pression donnée contre tous les points d'une surface courbe, s'applique à toute espèce de surface; & que cet effet, considéré perpendiculairement à un plan quelconque, est, par conséquent, égal à celui que feroit la pression donnée, si elle étoit appliquée à tous les points de la projection de la surface dont il s'agit sur le plan supposé, quelle que soit la nature de la surface, sphérique ou non.

qu'il eût atteint le point que nous venons de considérer , & que perdant alors lentement & par degrés le gaz qui le soutenoit, il a mis à redescendre deux ou trois fois autant de tems qu'à s'élever. C'est au reste ce qu'il feroit possible d'éclaircir en étudiant les loix de la chute d'un corps soumis à de telles circonstances, comme nous avons approfondi celles de son ascension ; & l'on pourroit en déduire à-peu-près la hauteur réelle à laquelle il est crevé, & la mesure de la force que son étoffe n'a pu supporter. Ce résultat pourroit devenir utile par la suite ; mais je suis contraint, Monsieur, de supprimer ce détail, & beaucoup d'autres plus intéressans encore, sur les attentions nombreuses qu'il faudroit avoir dans une pareille expérience, & sur la manière d'en tirer immédiatement les loix de la résistance de l'air par des formules très-simples ; & je me hâte de mettre fin à cette lettre, trop étendue peut-être telle qu'elle est, & qui, dans le dessein où vous êtes de la joindre à un ouvrage destiné à paroître incessamment, a déjà par sa longueur des inconvéniens réels ; j'espère suppléer par la suite à ce que j'ai été obligé d'omettre ici.

Je suis, &c.

*Paris, le 31 Octobre 1783.*

---

## DU GAZ INFLAMMABLE,

*Et du Gaz de M. DE MONTGOLFIER.*

**L**E gaz inflammable qui fixoit depuis quelque tems l'attention des physiciens, par les beaux phénomènes qu'il présente, offre, dans ce moment, des moyens nouveaux, applicables à des expériences qui vont ouvrir une carrière absolument inconnue jusqu'à ce jour.

Cette vapeur, d'une légèreté extrême (car l'air de l'atmosphère est dix fois plus pesant qu'elle) étant renfermée dans une enveloppe, capable de la retenir, & d'une certaine capacité, s'enlève bientôt avec rapidité, entraînant avec elle, non-seulement le corps qui la contient, mais encore des poids qu'on peut proportionner à la masse de gaz qu'on a développée ; delà les Globes aérostatiques à air inflammable.

Ce fait est constaté de la manière la plus authentique ; l'on a même le projet de construire un Ballon à air inflammable, assez considérable pour enlever au moins un homme, & il est bien à désirer que la chose s'exécute ; l'on obtiendra par là un fait de plus. MM. Charles & Robert, qui ont ouvert une souscription à ce

Lij

sujet , méritent véritablement qu'on seconde leurs vues ; ils ont tout ce qu'il faut pour mener cette expérience à bien , & leur émulation ne peut qu'être avantageuse à cette découverte.

Quoique le gaz inflammable soit d'un haut prix , & qu'on ne l'obtienne pas en grand avec autant de facilité qu'on le desireroit , je suis bien éloigné de le rejeter ; il est à souhaiter au contraire , avant d'y renoncer , qu'on ait absolument épuisé toutes les ressources à ce sujet.

Les amateurs de la physique doivent porter leur attention sur deux points importans , relativement aux Ballons aérostatiques à air inflammable ; le premier doit rouler sur les moyens les plus faciles & les plus économiques pour obtenir cet air ; le second regarde l'enveloppe : il faut chercher à s'en procurer une qui soit simple , solide , qui ne craigne , ni la pluie , ni les intempéries des saisons , & sur-tout , qui conserve exactement le gaz , sans l'affoiblir ou le détériorer en aucune manière , au moins pendant plusieurs mois.

Le fer , le zinc , le cuivre , l'étain , le plomb mélangés avec les acides vitrioliques ou marins de bonne qualité , affoiblis par trois portions d'eau non séléniteuse , produisent de l'air inflammable.

Il faut , dans cette opération , ne jamais

faire usage d'acide nitreux connu sous le nom d'eau-forte , parce que l'air que cet acide dégage des métaux , est d'une nature entièrement opposée à l'air inflammable.

L'acide végétal , lorsqu'il a une certaine force , produit également de l'air inflammable avec les métaux ; mais le moyen est lent & dispendieux.

La noix de galle pilée , ou toute autre substance végétale fortement astringente , mêlée avec de la limaille de fer & de l'eau , forment une pâte liquide , qui produit , au bout d'un jour ou deux , des bulles d'air inflammable ; mais ce procédé est encore beaucoup trop long. *Voyez Priestley , Expériences & Observations sur différentes branches de physique , tome II , page 130.*

L'air des marais est très-abondant , presque par-tout où les eaux sont stagnantes , & cet air inflammable ne coûteroit que la peine de le retirer. Il est vrai que les procédés seroient un peu gênans en opérant dans le grand ; mais ne pourroit-on pas les simplifier ? Il me semble qu'il seroit facile , à l'aide d'un râteau de fer ou de bois , qu'on promèneroit dans le fond d'une eau bourbeuse , de s'en procurer des provisions assez abondantes : il s'agiroit de fixer sur ce râteau un

grand entonnoir de fer-blanc qui en recouvroit la surface; l'air qui se dégageroit monteroit par le tuyau allongé de l'entonnoir, dans une grande bouteille renversée, ou dans tout autre vase plus commode plein d'eau; l'air inflammable déplaceroit le fluide aqueux, & l'on boucheroit la bouteille lorsqu'elle seroit pleine; deux personnes, dans un petit bateau, pourroient, avec de l'intelligence & de l'adresse, recueillir de cette manière, en assez peu de tems, beaucoup d'air, & en faire des provisions. On peut imaginer d'autres moyens analogues, plus faciles encore, lorsqu'on voudra faire des recherches pratiques à ce sujet.

L'air des marais, quoiqu'inflammable, est moins léger que celui des métaux; mais il peut cependant être employé pour les Machines aérostatiques.

*L'esprit de térébenthine*, distillé dans un appareil pneumato-chimique, produit de l'air inflammable; mais ce dernier est encore plus pesant que l'air des marais, & est réductible.

Le *charbon végétal* & le *charbon fossile* en fournissent aussi, mais il n'est pas léger; il est vrai que, comme il est à présumer qu'il est mêlé d'air fixe, on pourroit l'en débarrasser, en le faisant passer à travers l'eau de chaux.

*L'esprit-de-vin rectifié*, *l'éther vitriolique*, jettés par goutte dans des vaisseaux qu'on fait chauffer, donnent du gaz inflammable; mais il est réductible & se condense par le froid, il forme alors des vapeurs aqueuses.

Enfin, d'autres matières simples ou mélangées pourroient produire encore de l'air inflammable; rien n'empêcheroit d'essayer, par exemple, les huiles mêlées. Avec de l'ocre ferrugineuse, ou avec de la suie, l'on a des preuves, depuis quelque tems, qu'une telle mixtion s'enflamme spontanément. Les pyrites, mises en décomposition, soit par le feu, soit par le moyen de l'eau, ne doivent pas être non - plus négligées.

Je ne donne ici cet énoncé rapide, qu'afin de présenter, sous un même point de vue, les substances propres à produire de l'air inflammable, afin de mettre à portée les personnes qui n'auroient pas eu occasion de faire des recherches à ce sujet, de connoître au premier coup-d'œil les matières sur lesquelles il faut travailler de préférence.

Mais comme les recherches sur le gaz inflammable ont été jusqu'à présent, plutôt relatives aux qualités intrinsèques de cet air & à ses propriétés physiques, qu'à sa légèreté spécifique, & aux moyens les plus com-

modes de s'en procurer de grandes quantités, il est bon, en attendant qu'on ait fait des découvertes, à ce sujet, de donner ici les procédés qui m'ont le mieux réussi, pour obtenir le gaz inflammable tiré du fer par l'acide vitriolique.

*Moyen d'obtenir l'air inflammable par le fer & l'acide vitriolique.*

Procurez-vous de la limaille de fer ou de celle d'acier, la plus pure que vous pourriez trouver; évitez sur toute chose, qu'elle soit jaunâtre & rouillée, parce qu'ayant perdu une partie de son phlogistique, elle contient en cet état, beaucoup de gaz *acide méphitique*, dont la pesanteur est plus considérable que celle de l'air atmosphérique.

Passez cette limaille à un tamis un peu gros, pour en séparer les pailles, les petits éclats de bois, & les autres corps étrangers qui se trouvent mélangés ordinairement avec la limaille, que les ouvriers ne s'embarassent guère de tenir propre; lorsque vous aurez la quantité de limaille épurée qui vous sera nécessaire, il faut vous munir d'acide vitriolique pur & concentré. L'on en trouve d'une très-bonne qualité, connu sous le nom vul-

gaire d'*huile de vitriol*, à la manufacture de *Javelle* près de Paris, & à *Rouen* (1).

L'acide vitriolique doit être mélangé avec de l'eau pure, dans les proportions de quatre parties d'eau sur une d'acide; mais cette mixtion doit être faite avec précaution, dans des vases de grès ou de faïence, en ayant attention de mêler d'abord les deux liqueurs à petite dose, à cause de la chaleur excessive qui résulte de cette union, & qui occasionneroit la rupture des vaisseaux; mais en allant doucement & avec prudence, il n'y a absolument rien à craindre; au reste, l'expérience & l'habitude instruiront mieux que tout ce qu'on pourroit dire à ce sujet; ce n'est pas sans raison non-plus que j'ai recommandé l'usage des vases de faïence ou de grès, car l'acide ne mord pas sur la couverte de la faïence, tandis qu'il détruit bientôt le vernis de la poterie commune; mais le véritable grès, qui est une espèce de porcelaine très-grossière, n'en a point.

Le meilleur moyen d'obtenir l'air inflam-

---

(1) Celle de *Javelle*, à deux lieues de Paris, coûte 10 sols la livre, en la prenant sur les lieux. Celle de *Rouen*, de la manufacture de M. Holker, est aussi bonne.

mable pur & le plus léger possible, est de le faire passer à travers l'eau, dans les appareils *pneumato-chimiques*, disposés à la manière de M. le duc de Chaulnes, ou dans ceux qu'on trouve ordinairement chez presque tous les ingénieurs en instrumens de physique; mais ces appareils bien imaginés & très-commodes pour des expériences de cabinet, deviennent insuffisans, lorsqu'il s'agit de se procurer une très-grande quantité d'air.

Le procédé que je vais indiquer pour cet objet me paroît simple, & des plus faciles à exécuter. Prenez une grande cuve de bois, & même en rigueur un tonneau de 4 à 5 pieds de hauteur sur 6 à 7 de diamètre, placé verticalement & ouvert par la partie supérieure; faites établir à environ 2 pouces  $\frac{1}{2}$  de l'ouverture, une tablette demi-circulaire, qui occupera la moitié du diamètre de la cuve, & sera solidement construite & bien arrêtée dans une rainure intérieure, disposée pour la recevoir; lorsque la cuve sera pleine, l'eau recouvrira la tablette, ce qui est nécessaire; elle sera en cet état destinée, comme dans les appareils *pneumato-chimiques* ordinaires, à supporter une cloche ou récipient qui, au lieu d'être en verre, sera en fer-blanc; il faudra aussi pratiquer au milieu de cette tablette, une ouverture cylin-

drique de deux pouces de diamètre, au-dessous de laquelle on fixera avec du mastic un entonnoir renversé, de 5 à 6 pouces de largeur dans son grand diamètre, sur 7 à 8 pouces de hauteur, & dont le tube rasera la partie supérieure de la tablette.

Cet appareil très-simple une fois construit, l'on aura une cloche en fer-blanc de deux pieds  $\frac{1}{2}$  de diamètre sur 3  $\frac{1}{2}$  de hauteur, ouverte par le bas, mais surmontée dans le haut d'un robinet en cuivre placé verticalement & disposé de manière à être ouvert ou fermé à volonté. Ce robinet doit avoir une allonge propre à être vissée sur un second robinet adhérent à l'ouverture du Ballon, & cette partie du Ballon doit être un peu prolongée & faite en entonnoir.

Le récipient ainsi établi en fer-blanc, peut être peint en couleur à l'huile, afin d'être préservé de la rouille. Enfin, pour compléter l'appareil, il est nécessaire d'avoir une espèce de bouteille en plomb, d'un pied de diamètre sur deux pieds six pouces de hauteur, à double goulot, dont l'un servira pour introduire la limaille de fer & l'acide, & sera fermé ensuite avec un bouchon de liège, & l'autre sera adhérent & soudé à un long tube en plomb, recourbé & disposé de manière à pouvoir être placé facilement sous l'entonnoir de la tablette.

Ces trois principales pièces ainsi préparées, & la cuve étant pleine d'eau, l'on y enfoncera la cloche ou récipient en fer-blanc, en ayant soin d'ouvrir auparavant le robinet, afin que la cloche, en se vidant d'air, se remplisse d'eau avec facilité; l'opération faite, le robinet sera fermé, & un homme ou deux enlèveront en cet état doucement la cloche pour la placer sur la tablette dans la partie correspondante au trou de l'entonnoir, &, comme la tablette sera couverte de 2 pouces d'eau, celle du récipient se soutiendra & n'aura aucune communication avec l'air extérieur.

Les choses ainsi disposées, la bouteille en plomb sera ouverte, & l'on jettera par le trou, qui doit avoir au moins un pouce de diamètre, environ deux livres de limaille de fer, sur lesquelles on versera de l'acide vitriolique, de manière qu'il y en ait suffisamment pour que la limaille soit entièrement couverte par le liquide; l'on remuera très-prompement la mixture dans la bouteille de plomb, avec une longue spatule en fer; la bouteille sera sur-le-champ rebouchée, & l'air qui se dégagera avec impétuosité, parviendra par le tube dans le récipient où il déplacera l'eau. Dès qu'on s'apercevra que la cloche est pleine, ce qu'on reconnoîtra aux premières bulles d'air qui sor-

tiront sous l'eau du récipient, l'on ouvrira le robinet de la cloche & celui du Ballon, que je suppose vissé & suspendu au-dessus de l'appareil, & l'air, lorsqu'on enfoncera la cloche dans l'eau, passera dans le Ballon. L'eau qui remplira de nouveau la cloche, sera déplacée à son tour par l'air inflammable. L'on enfoncera encore le récipient dans l'eau, &, en continuant cette manœuvre, l'on se procurera une bonne provision d'air inflammable très-pur.

Il faut avoir soin, lorsqu'on s'apercevra que l'effervescence cesse, de jeter de la nouvelle limaille & de l'acide dans la bouteille, & d'intervalle en intervalle de l'acide un peu plus fort; c'est-à-dire, affoibli simplement par deux portions d'eau.

Comme à force de jeter de la limaille & de l'acide vitriolique dans la bouteille, elle se rempliroit, ce qu'il faut éviter, parce qu'alors l'acide monteroit lui-même en entraînant de la limaille; il sera nécessaire, lorsqu'on aura besoin d'une grande quantité d'air, de se procurer deux bouteilles en plomb, parce que l'on aura la facilité par-là de les substituer l'une à l'autre, & de nettoyer la première pendant que la seconde fournira de l'air. L'on aura attention, lorsqu'on changera ainsi de bouteille, de fermer le robinet du Ballon.

(174)

Telle est la méthode que je propose, en attendant que les recherches des physiciens nous en aient procuré de meilleures.

Quant à la manière de remplir les petits Ballons en peau de *baudruche*, s'ils n'ont que 10 à 12 pouces de diamètre, il faut avoir de l'air inflammable nouveau dans des vessies de cochon garnies de leurs robinets (1). Un petit tube cylindrique de cuivre vissé sur le robinet, donne la plus grande facilité de remplir ces vessies; on les vide d'air atmosphérique en les pressant; on ferme le robinet, & l'on enfonce l'allonge dans un bouchon de liège, qui bouche un des goulots de la bouteille. L'on jette de la limaille & de l'acide dans la bouteille, on la bouche après avoir ouvert le robinet, & l'air inflammable a bientôt rempli la vessie; avec deux de ces vessies l'on a la provision d'air nécessaire pour faire enlever un Ballon d'un pied de diamètre.

Les personnes qui ne seroient pas à por-

---

(1) Les frères Dumotier, demeurant au fond de la cour de Saint-Jean de Latran, ont toujours des vessies garnies de robinets, avec lesquelles on peut faire plusieurs expériences agréables, en se servant d'air inflammable. Ils sont aussi assortis en Machines de physique, & sont très-accommodans pour les prix.

(175)

tée de se procurer des vessies à robinet, peuvent y suppléer de la manière suivante, mais l'air inflammable en est un peu moins pur, & par conséquent un peu moins léger.

Ayez un petit tube de verre de 4 lignes de diamètre environ, sur trois pieds de longueur. Ajustez à une des extrémités un bouchon de liège percé, dans lequel le tube entrera jusqu'au bord, où il sera scellé avec du mastic ou de la cire; il faut que ce bouchon armé du tube, puisse s'adapter dans l'ouverture d'une bouteille noire ordinaire, ou plus grande encore si la capacité du Ballon l'exige.

Ayez un second petit bouchon percé, avec lequel vous fermerez l'autre extrémité du tube, & c'est sur ce bouchon que vous ferez entrer le bout de plume adhérent au Ballon en peau de boudruche.

Jetez deux ou trois onces de limaille de fer dans la bouteille, versez-y de l'acide vitriolique affoibli par quatre parties d'eau, bouchez avec le bouchon qui tient au tube, placez le bout de plume adhérent au Ballon, dans le petit trou du bouchon supérieur, & l'air inflammable qui se dégagera de la bouteille, remplira très-prompement le Ballon. On liera avec un peu de soie le Ballon au-dessus de la plume, ou même on laissera la plume

( 176 )

dont on bouchera l'ouverture avec un très-petit bouchon qu'on aura préparé auparavant pour cet objet , & le Ballon partira en entraînant la plume & le bouchon qui lui serviront de lest.

Mais si l'on vouloit remplir , par exemple, un Ballon plus considérable en peau de baudruche , c'est-à-dire , qui eût de 20 à 25 pouces de diamètre , au lieu de se servir de bouteille , l'on adapteroit un tube de verre & un bouchon plus gros , sur une petite barique en bois , dont le disque supérieur seroit percé de deux ouvertures ; l'une pour recevoir le tube ; la seconde , pour introduire la limaille & l'acide , & l'on fermeroit cette dernière , lorsque l'air se dégageroit.

*Du gaz que développe M. de Montgolfier, pour remplir & enlever la Machine aérostatique.*

Le nom de *gaz* ne devrait être donné qu'à une émanation aériforme quelconque , douée d'un caractère propre & spécifique , & qu'on peut produire sans le concours & abstraction faite de l'air atmosphérique , soit par des procédés chimiques , soit par des moyens que la nature met en usage , & dont la plupart nous sont encore inconnus.

D'après

( 177 )

D'après cela , je ne serai pas éloigné de penser que le nom de *gaz* ne convient peut-être pas strictement aux différentes vapeurs combinées qui composent l'air qui sert à remplir & à enlever les Machines aérostatiques de MM. de Montgolfier.

Il est vrai que , dans cette opération , on brûle des matières animales , qui produisent du véritable *gaz alkalin* , & que la paille allumée laisse échapper du phlogistique , & des substances huileuses réduites en vapeur , qui peuvent occasionner diverses modifications dans l'air atmosphérique ; ce dernier lui-même traversant la flamme , y éprouve quelque changement ; & comme il résulte de tous ces mélanges un mixte aériforme particulier plus léger que l'air commun , je ne vois pas qu'il y eût d'inconvénient de lui donner le nom de *gaz de MM. de Montgolfier* , en mémoire de leur belle découverte.

La connoissance exacte de ce gaz n'est certainement pas une chose facile , d'abord parce qu'elle tient à une foule de circonstances accessoires ; en second lieu , parce que les expériences qu'on a faites jusqu'à présent ayant été peu nombreuses , & exigeant des manœuvres promptes , il n'a pas encore été possible de recueillir des provisions de cet air , prises à différentes hau-

M



teur dans la Machine, ce qui n'étoit pas aisé, soit à cause de sa grande élévation, soit parce que l'on a dû être naturellement plus occupé d'abord du succès des expériences que des recherches sur les qualités du gaz. Il faut donc attendre que des circonstances plus favorables nous mettent dans le cas de pouvoir l'examiner, & en faire les essais convenables avec *l'eudiomètre*, & par les procédés chimiques que nous connoissons.

Je me contenterai donc, en attendant, de rapporter ici quelques faits que j'ai recueillis avec le plus de soin qu'il m'a été possible, & qui pourront servir à ceux qui seront à portée de suivre des expériences semblables.

*I. Observation.* Il est très-important, lorsqu'on développe le gaz, d'éparpiller la paille de manière qu'elle s'enflamme très-promptement, & sans produire de fumée; toute l'attention de ceux qui dirigent le feu, doit se porter sur cet objet: un feu vif & brillant, un feu de flamme est ce qui convient le mieux.

*II.* Il faut, de distance en distance, jeter sur la flamme, & par petites poignées, de la laine hachée; la plus mince est la meilleure, elle s'allume mieux & jette moins de fumée.

*III.* Lorsque les personnes chargées de con-

duire le feu, ont l'habitude de ne pas trop jeter de paille à la fois, & de l'employer à propos pour avoir une flamme constante, une Machine de 70 pieds de hauteur sur 46 de diamètre, peut être entièrement remplie en cinq minutes, ce qui paroît étonnant (1).

*IV.* Dès que la Machine commence à se gonfler, il se forme sur-le-champ un courant d'air rapide qui vient de l'extérieur, & entre dans la Machine, de manière qu'avant qu'on eût pris les précautions nécessaires, les toiles disposées sous l'échaffaud, & autour du foyer, en manière d'entonnoir cylindrique, étoient agitées avec une violence extrême, & venoient se joindre contre le foyer: on a donc été obligé de les arrêter par le moyen de poteaux disposés autour du réchaud, sur lesquels les toiles ont été clouées.

---

(1) A mesure que le dôme de la Machine commence à se remplir, on l'élève doucement, à l'aide d'une corde & d'une poulie fixée entre les deux mâts, de 50 à 60 pieds de hauteur, qui doivent être placés à côté de l'échaffaud; cette manœuvre facilite l'entrée de la vapeur dans la Machine, & sert à la contenir jusqu'à ce qu'étant parvenue à la hauteur des mâts, elle se dégage elle-même & quitte ses liens.

Il entre donc une quantité considérable d'air atmosphérique dans la Machine.

V. Cet air commun, avant de pénétrer dans la capacité du Ballon, est obligé de traverser la flamme que produit la paille allumée : il est probable qu'en s'échauffant, l'eau qu'il contient & celle qui résulte de la combustion de la matière végétale, sont réduites en vapeur.

VI. Cette eau forme alors un fluide élastique plus rare & plus léger que l'air même, & cette vapeur diffère de tous les fluides aériens connus, en ce que, comme l'a très-bien observé M. de Saussure en parlant de l'eau vaporisée, *le seul refroidissement suffit pour séparer le feu, & pour faire reparoître sous une forme dense & non élastique, l'eau qui s'étoit réduite en vapeur.* Essai d'Hygrométrie, essai III, chap. 1, pag. 186.

VII. Les vapeurs contenues dans l'air atmosphérique, étant parfaitement dissoutes par la chaleur, ne sont pas visibles ; il en est de même de celles qui sont renfermées dans la Machine aérostatique ; car lorsque la flamme a produit une chaleur égale, non-seulement les vapeurs aqueuses, mais d'autres émanations, telles que les parties huileuses & celles produites par la combustion, sont tellement divisées &

dissoutes, que la Machine, quoique pleine & tendue dans tous les points, n'offre qu'un fluide aérien, transparent & homogène en apparence.

VIII. C'est en cet état que la Machine s'enlève avec force & vitesse, & qu'elle se soutient le mieux en l'air. La vapeur est dans ce cas-là à l'air atmosphérique comme 1 à 2 ; c'est-à-dire, qu'elle est une fois plus légère que l'air ordinaire ; ce qui est d'autant plus avantageux, qu'en construisant des Machines d'une grande capacité, l'on peut enlever des poids considérables.

IX. Lorsque la Machine aérostatique est en expérience pendant quelque tems, il se forme dans l'intérieur une suite fine & légère, qui est à peine adhérente à la toile, & qui s'en détache au moindre mouvement.

X. Lorsqu'on a voulu essayer de brûler du bois de sarment, qui forme un feu vif & clair, la Machine s'est très-bien tendue, mais le courant d'air transportoit avec rapidité des charbons encore enflammés, jusques dans des parties très-élevées, ce qui pouvoit être dangereux pour l'enveloppe, d'autant plus que les charbons étoient encore très-animés à cette hauteur, ce qui annonce que l'air n'étoit ni méphitique, ni détérioré. Quoique le feu de

farment soit très-bon , celui de paille ne faisant aucun charbon, il faut lui donner la préférence jusqu'à ce qu'on ait trouvé des moyens de mieux contenir le premier.

XI. Il paroît que l'air alkalin entre pour quelque chose dans la légéreté du gaz ; mais comme la Machine s'élève ( un peu moins bien à la vérité ) lorsqu'on brûle simplement de la paille, il s'ensuit que l'air échauffé, que l'air dilaté, & que les molécules aqueuses qui s'y trouvent naturellement, ou qui s'y sont portées par la décomposition de la paille, étant réduites en vapeur, jouent le plus grand rôle par leur légéreté dans l'ascension de la Machine ; cependant, comme je n'ai que des présomptions, & point de certitude encore sur cette dernière opinion, je ne l'avance que comme une simple conjecture ; car, quoique la physique des gaz ait fait un grand pas, il est à croire qu'il nous reste encore bien des choses à connoître à ce sujet.

Je pourrois donner ici un exemple qui n'est peut-être pas étranger à l'objet que je traite, quoiqu'il semble s'en éloigner au premier aspect ; c'est celui de l'air agissant comme dissolvant de l'eau : le fluide aérien en est si avide, qu'il en retient constamment avec lui des parties dont il ne se dépouille jamais entière-

ment. L'hygromètre comparable dont M. de Saussure vient d'enrichir la physique, nous a donné de grandes lumières sur l'état de l'air ; & l'ouvrage que ce savant distingué vient de publier à ce sujet, nous met sur la voie des plus précieuses découvertes. Le résumé général qui termine le chapitre VIII des *Essais sur l'Hygrométrie*, forme un exposé succinct si clair & si méthodique, que j'espère qu'on me saura quelque gré de le rapporter ici :

« L'évaporation proprement dite, est le » résultat ou plutôt l'effet de l'union intime » du feu élémentaire avec l'eau. Par cette » union, l'eau & le feu réunis se changent en » un fluide élastique plus rare que l'air, & qui » mérite éminemment le nom de *vapeur*.

» Cette vapeur, lorsqu'elle se forme dans » le vuide, ou que son abondance & sa chaleur soutenue lui donnent la force d'expulser l'air qui la comprime, se nomme *vapeur élastique pure*.

» Mais lorsque cette même vapeur ne peut pas surmonter entièrement la force compressive de l'air, elle le pénètre, se mêle avec lui, subit une vraie dissolution, & prend le nom de *vapeur élastique dissoute*.

» Lorsqu'ensuite l'air saturé laisse précipiter l'eau qu'il contient, cette eau prend quel-

» quefois la forme de vésicules, ou de petites  
 » bulles : ces vésicules remplies & enveloppées  
 » d'un fluide rare & léger, se soutiennent dans  
 » l'air, & s'élèvent même quelquefois par une  
 » légèreté spécifique plus grande que la sienne.  
 » Ce sont donc des corps étrangers à l'air,  
 » & d'une nature absolument différente du  
 » fluide élastique auquel nous venons de don-  
 » ner le nom de *vapeur*. Cependant, pour  
 » me conformer à l'usage, je les ai rangés  
 » dans la classe des vapeurs, & je les ai dis-  
 » tingués par le nom de *vapeur vésiculaire*.

» Enfin, lorsque la vapeur élastique ou les  
 » vésicules elles-mêmes se condensent en gout-  
 » telettes pleines, qui ne diffèrent des gouttes  
 » de pluie que par leur extrême petitesse, ce  
 » sont encore des corps bien différens de la  
 » vapeur proprement dite. Cependant comme  
 » ces corps flottent dans l'air, & peuvent y être  
 » soutenus pendant quelque tems par son agi-  
 » tation & sa viscosité, je les classe aussi parmi  
 » les vapeurs, & je leur donne le nom de  
 » *vapeur concrète*». *Essai d'Hygrométrie, chap.*  
*VIII, pag. 257.*

Ce tableau du différent état des vapeurs  
 est très-exact, & présente un fait remarqua-  
 ble en physique, celui des vapeurs vésiculai-  
 res, qu'on peut regarder, si je puis m'expri-

mer ainsi, comme autant de petits Ballons  
 aérostatiques, qui, à l'aide de certaines circon-  
 stances, s'élèvent, flottent & voyagent les uns  
 à côté des autres, sans s'unir, sans se con-  
 fondre, pour former, dans les hautes régions  
 atmosphériques, des nuages qu'on peut re-  
 garder souvent comme des rivières entières  
 suspendues sur nos têtes; & si MM. de Mont-  
 golfier, avec une simple Machine de 70 pieds  
 de hauteur sur environ 46 de diamètre, nous  
 ont fait voir qu'on pouvoit enlever des poids  
 considérables, jugeons par-là de la force d'un  
 nuage de trois à quatre cens pieds de diamè-  
 tre, sur cinq ou six cens de hauteur, si l'on  
 trouvoit jamais l'art de le réunir & de l'en-  
 fermer dans une enveloppe en état de le con-  
 tenir, & qui ne porteroit aucune atteinte à la  
 disposition & à la qualité des vapeurs vési-  
 culaires; c'est-à-dire, qui ne les condenseroit  
 pas & ne les feroit pas résoudre en eau.

Je pense qu'il faut établir une grande dis-  
 tinction entre les vapeurs que nous formons  
 par l'art à l'aide du feu, & celles que la na-  
 ture produit d'une manière spontanée, avec  
 peu de chaleur.

Il nous faut un violent degré de feu pour  
 extraire l'eau des substances végétales ou ani-  
 males, & la réduire en vapeur, ainsi que l'eau

commune , & les autres fluides que nous connoissons , & ces vapeurs sont presque aussitôt condensées qu'élevées ; tandis au contraire que la nature , non-seulement produit les vapeurs vésiculaires , sans beaucoup de chaleur , mais les porte à de très-grandes hauteurs , où le froid ne les condense que d'une manière à les rendre visibles , & non à les résoudre , puisqu'elles se soutiennent dans l'hiver comme dans l'été , à une hauteur qui excède quelquefois trois mille toises , de manière qu'il paroît que lorsqu'elles se réunissent pour se résoudre en pluie , c'est à une cause qui semble ne tenir essentiellement , ni au froid , ni à la chaleur , mais à un phénomène d'un genre différent.

Si le feu électrique est probablement l'agent qui tient les vapeurs vésiculaires dans l'état qui les constitue telles , la déperdition de ce feu subtil doit les obliger de se réunir ; de-là la réduction de ces vapeurs en pluie.

Il seroit bien intéressant sans doute de trouver un procédé qui nous mît sur la voie de reconnoître l'espèce de fluide aériforme renfermé dans chaque bulle de vapeur. Est-ce un air que l'eau a saisi & enveloppé lorsqu'elle a pris la forme sphérique ? ou bien cet air doit-il son origine à une modification particulière du fluide aqueux ? Cette espèce de transmu-

ration de l'eau en air , qui fait depuis quelque tems l'objet des recherches du docteur Priestley , doit paroître moins surprenante depuis qu'on fait que deux portions d'air inflammable , unies à une mesure d'air déphlogistiqué , produisent , en les allumant avec une étincelle électrique , un poids d'eau égal à celui des deux airs ; expérience aussi curieuse qu'importante , tentée d'abord en Angleterre , & démontrée depuis peu en France.

Il seroit digne d'un homme de génie , doué du goût & de l'art des expériences , d'en tenter une en grand , analogue à celle de la formation & de l'ascension des nuages ; l'on pourroit construire pour cet objet une Machine aérotatique , dont l'enveloppe en soie ou en tout autre matière , seroit enduite d'un vernis résineux propre à conserver l'électricité des corps qui y seroient renfermés. Cette Machine seroit retenue sur la partie de l'échafaud destiné à développer les vapeurs , par des cordons de soie qui serviroient à l'isoler ; elle seroit remplie à la manière de M. de Montgolfier ; c'est-à-dire , au moyen d'un feu vif & clair ; mais l'on auroit attention de placer sur le réchaud un grand éolipile plein d'eau , que le feu réduiroit bientôt en vapeur , & que la flamme porteroit dans toute la capacité du Ballon ;

l'on électriseroit sur-le-champ, à l'aide d'une bonne machine, & d'un conducteur disposé pour cet objet, cette masse de vapeur en activité; & après avoir armé l'enveloppe extérieure de quelques pointes propres à attirer l'électricité atmosphérique, on lâcheroit la Machine dans l'air, en la retenant avec de longs cordons de soie, pour être à portée par-là d'étudier les résultats qu'elle présenteroit, ou on l'abandonneroit à elle-même pour savoir combien de tems & à quelle hauteur elle se soutiendrait dans l'atmosphère, & ce qu'elle y deviendroit en cet état.

L'on pourroit varier ces expériences de bien des manières; & si je n'étois pas obligé d'abrégé ce mémoire, qui n'est déjà peut-être que trop long, je proposerois d'autres essais; car l'habitude de voir la Machine aérostatique, & de l'étudier toutes les fois qu'on en a fait usage, m'a fait naître quelques idées nouvelles, & des projets d'expérience, dont l'exécution ne me paroît point impossible.

Enfin, pour en revenir au gaz de M. de Montgolfier, il reste encore une multitude de recherches à faire à ce sujet, & l'auteur en convient lui-même. La découverte est si nouvelle, qu'on s'est plutôt occupé à faire de grandes & belles expériences avec un moyen facile, &

qu'on avoit pour ainsi dire sous la main, sans frais, qu'à chercher à perfectionner le gaz, ou à donner la préférence à d'autres qui présentoiient de très-grandes difficultés: mais actuellement qu'on est venu à bout d'enlever des poids considérables par ce premier moyen, c'est le moment de s'occuper à faire des recherches pour trouver des procédés plus commodes encore s'il est possible.

Le champ n'est point aussi borné qu'on pourroit le croire; car l'on peut varier les essais, non-seulement avec diverses espèces de bois, mais avec du charbon végétal, en le privant de son gaz méphitique dans l'instant même où il brûleroit, ou avec du charbon fossile; les résines, & d'autres corps combustibles, qu'on tenteroit de mélanger avec des substances salines, fourniroient peut-être des moyens heureux qui simplifieroient les opérations. Enfin il resteroit à imaginer des fourneaux, des espèces de cheminées, ou même des poêles plus avantageux & plus économiques pour l'entretien des Machines aérostatiques, que le réchaud dont on a fait usage; & la chimie est si avancée dans ce moment, qu'il faut espérer qu'elle nous fournira des moyens pour perfectionner une découverte qui fera à jamais époque dans les sciences.

---



---

## DU CAOUTCHOUC,

*Connu sous le nom de gomme élastique ; & de la manière de dissoudre cette substance.*

**L**A gomme élastique se trouve dans la province des Émeraudes au Pérou, & découle d'un arbre nommé par les naturels du pays *hhévé*, qui jette par des incisions qu'on y fait, un suc laiteux qui s'épaissit en l'exposant au soleil ou à la fumée, & prend la consistance la plus forte ; on en fait dans le pays des flambeaux d'un pouce de diamètre sur deux pieds de longueur, qu'on enveloppe d'une feuille de bananier pour contenir la matière lorsqu'elle est enflammée, & comme cette substance gommo-résineuse s'allume avec facilité, ces flambeaux brûlent sans méche.

L'arbre qui produit la gomme élastique, croît aussi sur les bords de la rivière des *Amazones* chez les *Omagnas*, & dans les environs de *Para* dans les missions espagnoles.

M. Fresnau, chevalier de l'ordre royal & militaire de S. Louis, & ingénieur à Cayenne, découvrit dans cette colonie, après de grandes recherches & beaucoup de peine, l'arbre qui produit la gomme élastique.

Voici la description qu'il en donne lui-même dans un mémoire qu'il adressa à M. de la Condamine en 1751.

« L'arbre *seringue*, ainsi nommé par les  
 » Portugais du *Para*, *hhévé* par les habitans  
 » de la province *Désmeraldaç*, & *caoutchouc*  
 » chez les *Mainaç*, est fort haut, très-droit,  
 » ayant une petite tête, & sans autres branches  
 » dans toute sa longueur. Les plus gros dans  
 » la *Guiana* n'ont guère que deux pieds de  
 » diamètre, & toutes leurs racines sont en terre.  
 » Son tronc est plus gros vers sa base, & écaïl-  
 » leux à-peu-près comme une pomme de pin.  
 » La feuille ressemble assez à celle du *maniste*,  
 » c'est-à-dire qu'elle est composée de plusieurs  
 » feuilles de grandeur inégale, portées sur la  
 » même queue, tantôt au nombre de cinq,  
 » tantôt de quatre, & plus ordinairement de  
 » trois. Les plus grandes feuilles qui occupent  
 » le centre, ont environ trois pouces de lon-  
 » gueur, & trois quarts de pouce de largeur ;  
 » elles sont d'un vert clair en dessus, & plus  
 » pâles en dessous.

» Le fruit de cet arbre est une coque triangu-  
 » laire, semblable par sa figure au fruit du *ricin*  
 » ou *palma christi*, mais il est beaucoup plus  
 » gros. La substance de la coque est épaisse  
 » & ligneuse ; cette coque a trois tiges, qui

» renferment chacune une seule semence ovale  
 » & de couleur brune, où se trouve une  
 » amande ».

M. Fresnau ne s'étoit pas contenté de faire des recherches sur l'arbre qui produit la gomme élastique, mais il s'étoit appliqué à des travaux chimiques sur cette matière; il avoit trouvé avant 1751, l'art de la dissoudre dans l'huile de noix, en la tenant simplement en digestion sur les cendres chaudes ou sur un bain de sable, ainsi qu'on peut le voir dans les Mémoires de l'Académie royale des sciences.

M. Bernard, chimiste laborieux & exact, a fait aussi de nombreuses expériences sur la gomme élastique; il a publié dans le tome XVII du Journal de Physique, Avril 1781, pag. 265, un mémoire très-intéressant, dans lequel on trouve plusieurs manières de dissoudre la gomme élastique; l'on y apprend que les huiles essentielles de lavande, d'aspic & de térébenthine, exposées à la chaleur d'un bain de sable, & mêlées avec de la gomme élastique, coupée en petits morceaux, ainsi que les huiles tirées par expression, telles que l'huile de noix, celles d'olive, de lin, de pavot, &c. dissolvent la gomme élastique; mais l'espèce de vernis qu'elles forment dans cette circonstance, est

est très-difficile & très-long-tems à sécher (1).

M. Bernard, au reste, ne faisoit pas toutes ces recherches dans l'intention de se procurer des vernis à la gomme élastique; son but principal étoit de dissoudre cette substance, en lui conservant toute son élasticité, afin de pouvoir lui donner des formes utiles & favorables aux arts, & c'est à quoi il avoue qu'il n'a pu parvenir; de sorte qu'on peut regarder les dissolutions qu'il a obtenues, plutôt comme la matière de la gomme élastique réduite en une espèce de mucilage, que comme une véritable dissolution, semblable à celle que fournissent les corps véritablement résineux, lorsqu'on les met en digestion dans les esprits ardents.

Je ne conseillerois donc guère l'usage de la gomme élastique pour les Machines aérostatiques, même en la dissolvant beaucoup mieux que ne l'ont fait MM. Robert; car un grand nombre de personnes possèdent à Paris des échantillons du Ballon du Champ de Mars, qui ne sont nullement secs encore & qui se collent étroitement les uns contre les autres,

(1) D'après des faits aussi positifs, je crois que MM. Robert ont eu tort d'avancer dans le Journal de Paris, qu'ils avoient trouvé l'art de dissoudre la gomme élastique.

quoiqu'il y ait plus de deux mois qu'ils soient vernis ; ils sont d'ailleurs pleins de grumeaux, & une chaleur un peu forte fait fondre la gomme élastique qu'on y a employée.

Il vaut donc beaucoup mieux se servir du vernis à la *copale* ou au *succin*, & l'on en trouve de très-bien préparé chez M. Watin, près de la porte Saint-Martin. Ces vernis sèchent au bout de deux ou trois jours, ils donnent au taffetas du brillant, de la souplesse, & ils sont imperméables à l'air. M. Meignier, ingénieur en instrumens de mathématique, dont la probité égale les talens, & à qui l'on peut s'en rapporter en toute assurance pour construire des Machines aérostatiques en taffetas ou en toile, en a fait plusieurs, & entr'autres, un pour M. le duc de Crillon, en taffetas verni à la gomme *copale*, qui a eu le plus heureux succès, puisqu'il est resté en l'air 12 heures, tandis que celui du Champ de Mars ne s'y soutint que quarante-cinq minutes.

Cependant comme il peut arriver des cas à l'avenir où la gomme élastique seroit utile, je vais donner ici un procédé pour la dissoudre.

Prenez une livre d'esprit de térébenthine, une livre de gomme élastique, coupée en très-petits morceaux avec des ciseaux ; versez l'esprit

de térébenthine dans un matras à long col, que vous placerez sur un bain de sable chaud, jetez la gomme élastique, non à la fois, mais par pincées à mesure que vous appercevrez qu'elle se dissout. Lorsqu'elle sera fondue, versez dans le matras une livre d'huile de noix, ou de lin, ou de pavot rendue dessiccative à la manière accoutumée, c'est-à-dire avec de la litharge, vous laisserez bouillir le tout pendant un quart-d'heure, & la préparation sera faite.



## L E T T R E

A M. FAUJAS DE SAINT-FOND.

**J'**APPRENS, Monsieur, que vous êtes sur le point de donner au Public qui l'attend avec impatience, un Précis historique de la première expérience aérostatique faite par MM. de Montgolfier à Annonay, de celle qui a été répétée à Versailles par un des deux frères, & de celle qui fut faite le 27 août dernier au Champ de Mars.

Les liaisons que vous avez avec M. de Montgolfier, vous mettent sans doute plus à portée qu'un autre de rendre un compte exact de la belle & sublime expérience que les deux frères ont imaginée & exécutée les premiers à Annonay.

Ces mêmes liaisons & l'attention extrême que vous avez donnée à celle de Versailles, jointes aux soins que vous avez pris pour en recueillir de la bouche des témoins oculaires tous les détails que vous n'avez pas pu voir par vous-même, doivent rendre le précis que vous vous proposez d'en donner, également exact & instructif, & quant à l'expé-

rience faite au Champ de Mars le 27 août dernier, vous en êtes certainement plus instruit que personne, puisque c'est vous qui le premier avez songé à répéter l'expérience d'Annonay, qui avez imaginé la matière dont le Ballon devoit être fait, enduit & rempli, qui pour obtenir les fonds nécessaires à la construction de cette Machine, avez formé & animé une souscription nationale, & puisque c'est vous enfin que cette souscription a nommé son chef & à qui elle a donné son plein pouvoir pour diriger cette célèbre expérience.

Vous avez fait plus, Monsieur; animé du désir d'immortaliser le nom des auteurs de cette grande découverte, vous avez ouvert une nouvelle souscription pour présenter à MM. de Montgolfier une médaille frappée à leur honneur, & qui fût un monument éternel de leur gloire & de l'admiration de leurs concitoyens.

Cette nouvelle souscription vous a, ainsi que la première, choisi pour chef du comité qui devoit déterminer le dessin de la médaille.

C'est en cette qualité que vous avez bien voulu adopter l'inscription que je vous ai proposée pour cette médaille; & c'est aussi,

comme au chef de cette souscription, que j'ai l'honneur de vous adresser cette lettre, dans laquelle je me propose de répondre aux principales objections que j'ai entendu faire contre cette inscription.

Ce n'est point seulement pour défendre la propriété de l'expression de cette exergue, à laquelle j'attache, comme vous le jugez bien, très-peu d'importance, que je vais m'occuper ici avec vous de cet objet ; mais outre que je suis trop flatté de votre suffrage pour ne pas chercher à justifier votre choix, c'est principalement pour faire sentir autant que je le pourrai, la beauté & l'importance de la découverte à laquelle cette exergue fait allusion, que je vais discuter les objections dont il s'agit. Vous me permettrez s'il vous plaît d'entrer en matière sans autre introduction.

*Exergue de la Médaille.*

A ETIENNE ET JOSEPH DE MONTGOLFIER,  
POUR AVOIR RENDU L'AIR NAVIGABLE.

Des objections qu'on a faites contre cette exergue, la première me semble être purement grammaticale & ne mérite pas, à ce titre, un fort long examen.

La seconde attaque le fond de la pensée,

& tendroit, si elle étoit fondée, à diminuer la beauté de la découverte de MM. de Montgolfier ; je crois donc par cette raison devoir m'en occuper plus sérieusement & la discuter avec toute l'étendue qu'elle exige.

La première objection se réduit à dire qu'on vole dans l'air, qu'on nage dans l'eau & qu'on navige sur la surface de ce dernier élément ; que l'idée de navigation emporte celle d'un corps solide soutenu sur la surface d'un fluide ; que l'expression de *navigable* ne peut donc être appliquée à un fluide tel que l'air, sur la surface duquel aucun corps solide ne peut être transporté : que d'ailleurs ce n'est point ici l'air qui a été rendu propre à transporter des corps solides, mais que ce sont des corps solides qui ont été rendus propres à être transportés dans l'air, & que par conséquent l'expression de l'exergue est inexacte sous ces deux rapports.

Je réponds, que l'expression de *voler* & de *nager*, ne me paroît applicable avec quelque propriété qu'à des animaux vivans ; que pour qu'un fluide puisse être appelé navigable, il importe peu que ce soit à la surface ou dans la profondeur même de ce fluide, que les corps solides soient transportés, & que si ce n'est pas, à proprement parler, l'air qui

a été rendu capable de transporter des corps solides , mais si ce sont des corps solides qui ont été rendus propres à être transportés dans l'air , l'air n'en est pas moins , par cette découverte , devenu capable d'opérer ce transport , & qu'on peut donc ainsi dire métaphoriquement que cette découverte l'a rendu navigable. J'ajouterai que cette métaphore me semble même moins hardie qu'un grand nombre de celles qui sont d'un usage familier dans notre langue , & que si on fait attention à la difficulté dont est le style lapidaire dans nos idiomes modernes , il me paroît qu'on peut & qu'on doit même admettre celle-ci sans scrupule.

Au reste comme cette objection ne porte que sur la justesse d'une expression à laquelle je prends un intérêt assez léger , je lui laisserai volontiers toute la force qui peut lui rester , & je passerai à l'examen de la seconde objection , qui pénètre davantage dans le fond de la question , & qui à toute sorte d'égards , mérite une discussion plus détaillée. C'est à l'éclaircissement de cette objection que je vais donc m'attacher , & que je veux consacrer le peu de tems qui me reste pour vous écrire.

Les personnes qui font cette objection disent que pour qu'un fluide puisse être ap-

pelé navigable , il ne suffit pas qu'il puisse transporter ou plutôt emporter quelques corps solides ; mais qu'il faut qu'il puisse transporter des hommes , sans qu'ils courent un danger presque certain de périr ; que s'il y avoit quelques mers sur lesquelles , de cent vaisseaux qui y navigueroient , il en échappât à peine un seul , on diroit avec beaucoup de raison & de propriété , que ces mers ne sont point navigables , & qu'il paroît par les seules expériences aérostatiques qui aient encore été faites , que les hommes qui se hazarderoient à naviguer dans l'air avec ces Machines , y courroient au moins autant de risques que ceux qui navigueroient sur les mers dont nous parlons.

On observe que la Machine aérostatique d'Annonay , après s'être élevée à une assez grande hauteur , n'y est restée que très-peu de tems , & est bientôt retombée par son propre poids , parce qu'elle n'a pas pu conserver le gaz qu'elle contenoit en assez grande quantité pour la soutenir. On remarque que celle de Versailles , après s'être élevée à une moindre hauteur que celle d'Annonay , a eu précisément le même sort , & que le Ballon du Champ de Mars après être monté à une hauteur inconnue , & avoir parcouru un es-

pace de dix mille toises , a été déchiré dans l'air par la rupture d'équilibre entre le ressort du gaz qu'il renfermoit & celui de l'air qui l'environnoit , de façon que ces expériences semblent bien plus faites pour effrayer sur les dangers que courroient ceux qui oseroient se hasarder à voyager avec de semblables Machines, qu'elles ne sont propres à encourager à en faire usage.

On observe de plus que de ces Machines si fragiles & qui n'ont pu se soutenir dans l'air que si peu de tems , il n'y avoit que celle de Versailles qui fût chargée de quelque poids , & qu'il est très-vraisemblable que les autres auroient encore été bien plutôt endommagées , & se seroient soutenues bien moins long-tems , si on leur eût donné à porter les poids qu'elles devoient élever.

On ajoute enfin que quand on pourroit faire ces Machines d'un tissu assez ferré pour ne point laisser échapper le gaz qu'elles contiennent ; & assez solides pour résister à l'effort du poids dont on les chargeroit , ou à celui qu'elles pourroient éprouver par la rupture d'équilibre entre le ressort du gaz qu'elles renferment & celui de l'air dont elles sont environnées ; encore faudroit-il avoir le moyen de les diriger à volonté , pour qu'elles pussent

être d'aucun usage & servir d'instrument à une navigation proprement dite , & on finit par remarquer que puisque les moyens de diriger ces Machines sont inconnus , & que MM. de Montgolfier n'en ont donné aucun , l'exergue qui leur attribue la gloire d'avoir rendu l'air navigable , paroît plutôt ressembler à une prophétie ou même à une fanfaronade , qu'à l'expression juste & modeste de la découverte de ces Messieurs.

Cette objection rassemble bien des difficultés & mérite d'autant plus d'être discutée dans toutes ses parties , qu'elle paroît attaquer à la fois & ma sincérité , & la gloire de MM. de Mongolfier.

Je déclare d'abord que loin d'avoir prétendu exagérer dans cette exergue l'importance de la découverte de MM. de Montgolfier , je me reproche au contraire de n'avoir pu en faire assez sentir le mérite ; que je suis intimement persuadé que l'invention des Machines aérostatiques renferme manifestement celle du moyen qui rend possible la navigation dans l'air , & que la possibilité de cette navigation m'a paru être une conséquence simple , directe & immédiate de cette découverte.

Je déclare de plus , que quoique MM. de Montgolfier n'aient fait part au Public d'aucun

moyen de conduire à volonté les machines aérostatiques dans l'air, je n'en suis pas moins persuadé qu'ils en connoissent de très-bons.

J'ai entendu dire à M. de Montgolfier, qui est actuellement à Paris, qu'il favoit des moyens de diriger en tous sens ces machines, & je le connois pour trop honnête, trop modeste & trop éclairé, pour avoir le moindre soupçon qu'il voulût se vanter d'avoir une connoissance qu'il n'auroit pas, ou pour craindre qu'il ait pu se tromper sur une matière qu'il doit avoir autant méditée.

Cependant comme MM. de Montgolfier n'ont point encore en effet communiqué au Public leur manière de se rendre maître des mouvemens des Machines aérostatiques dans l'air, & qu'il s'agit ici de justifier mon exergue & sur-tout ma sincérité, j'indiquerai les moyens qui se sont présentés à mon esprit pour diriger ces Machines, après que j'aurai tâché de répondre aux difficultés qu'on propose relativement à leur peu de solidité & d'imperméabilité, & j'attendrai avec grande curiosité que M. de Montgolfier ait enseigné les moyens qu'il a pour conduire ces Globes, bien persuadé qu'ils seront meilleurs & préférables à tous ceux que j'ai pu imaginer. Revenons s'il vous plaît aux autres parties de l'objection,

Il paroît injuste de décider qu'aucune Machine aérostatique ne peut se soutenir long-tems dans l'air, d'après trois premières expériences, dont deux n'étoient évidemment point faites dans le dessein de les en rendre capables. MM. de Montgolfier n'avoient pour objet, dans l'expérience d'Annonay, que de montrer qu'un corps d'un poids considérable pouvoit s'élever de lui-même dans l'air & y demeurer même quelque tems, & la matière dont ils avoient fait leur machine, ainsi que le peu de soin qu'ils avoient pris de la rendre propre à conserver le gaz dont elle étoit remplie, prouvent sans réplique qu'ils n'avoient point eu pour but de la rendre propre à rester long-tems suspendue dans l'air, & qu'ils ne pouvoient avoir aucune espérance à cet égard.

La Machine aérostatique de Versailles étoit faite à la vérité, d'une matière plus solide que celle d'Annonay, & ses parties en étoient réunies avec plus de soin; mais il n'en est pas moins vrai que M. de Montgolfier n'avoit point prétendu qu'elle dût se soutenir long-tems dans l'air, & d'ailleurs la précipitation extrême avec laquelle on fut obligé de la faire, avoit été cause qu'il y étoit resté dans le haut quelques défauts, qui en ont occasionné la rupture.

Cette admirable expérience n'en prouve

pas moins deux choses également importantes : elle démontre d'abord , que ces Machines peuvent non-seulement s'élever d'elles-mêmes , mais qu'elles peuvent encore enlever avec facilité les poids dont on les charge , pourvu que ces fardeaux soient dans une proportion convenable avec le volume & le poids de la Machine ; cette expérience sert encore à prouver , que , dans le cas où il arriveroit quelqu'accident à ces Machines , elles retomberoient assez lentement , pour que les hommes qui seroient transportés par elles , ne courussent aucun risque d'être blessés , & le bon état dans lequel on a trouvé le mouton , qui étoit suspendu à cette Machine , ainsi que la tranquillité avec laquelle il brotoit le foin qui étoit dans sa cage , sont des signes certains qu'il n'avoit éprouvé aucune secousse ni aucune incommodité , soit en s'élevant , soit en retombant.

La Machine aérostatique du Champ de Mars étoit faite pour s'élever plus haut & pour se soutenir en l'air bien plus long-tems que les deux dont nous venons de parler. Pour éprouver le taffetas dont ce Globe étoit composé , on en avoit fortement attaché un morceau sur un récipient découvert , on avoit fait le vuide jusqu'à ce que l'éprouvette fût descendue au-

dessous d'un pouce ; on avoit répété cette épreuve un grand nombre de fois , sans que ce morceau de taffetas parût fatigué , & on s'étoit ainsi assuré que cette étoffe étoit d'une force considérable & qu'elle étoit absolument imperméable à l'air. Il ne manquoit , pour avoir en petit une Machine aussi parfaite qu'on pût la désirer , que de se moins presser de jouir de cette expérience , & de donner à l'enduït tout le tems nécessaire pour sécher.

Telle qu'étoit cette Machine , elle perdoit peu de l'air inflammable dont elle étoit remplie , & si l'on eût exécuté les ordres que vous aviez donnés & que vous étiez en droit de donner comme chef & syndic des souscripteurs , le Ballon se seroit soutenu bien plus long-tems , & l'expérience eût été bien plus instructive qu'elle n'a pu l'être.

Vous aviez prévu , & tous les physiciens étoient en cela d'accord avec vous , que si on remplissoit entièrement le Ballon , une sphère d'un aussi grand diamètre ne pourroit résister à l'expansion de l'air inflammable qu'elle renfermoit , quand le ressort de ce gaz ne seroit plus contre-balancé par un air assez dense pour lui opposer une force égale à la sienne. Ce Ballon étant en effet d'une légèreté beaucoup plus grande qu'un volume d'air correspondant

au sien, a dû monter à une hauteur, où l'air, à cause de sa grande expansion, n'a pu s'opposer au ressort du gaz qu'il renfermoit, & où la force de l'étoffe n'a pu résister à son effort ; au lieu que s'il eût été moins rempli, il seroit d'une part monté beaucoup moins haut, & d'un autre côté le gaz ayant de l'espace pour s'étendre, n'auroit pu employer sa force à déchirer le Ballon. Il paroît hors de doute que c'est long-tems avant que le Ballon ait pu atteindre jusqu'à son point d'équilibre, que s'est faite la rupture qui a occasionné sa chute, & qui a privé le Public des connoissances que le succès de cette expérience eût pu lui procurer.

Si l'expérience eût aussi bien réussi qu'elle l'auroit dû, on auroit pu espérer de savoir à quelle hauteur le Ballon seroit monté, quel auroit été le tems qu'il auroit employé à s'élever & à se fixer à son point d'équilibre ; le tems qu'il auroit pu se soutenir avant d'avoir perdu assez d'air inflammable pour devenir plus lourd qu'un volume d'air atmosphérique égal au sien, le chemin qu'il auroit fait pendant cet espace de tems, les vents qui auroient régné dans ces régions supérieures, &c.

C'est pour obtenir ces résultats si intéressans, que vous aviez ordonné le matin en ma  
présence,

présence, de ne pas remplir le Ballon plus qu'il ne l'étoit alors ; mais l'opiniâtreté & la charlatanerie des gens qui s'étoient emparés de la Machine, se sont refusées à vos vœux. N'ayant eu d'autre mérite que celui d'avoir coupé & enduit le Ballon, ils ont absolument voulu montrer au Public qu'ils savoient faire une boule bien ronde, & ont tout sacrifié à une gloire aussi frivole.

Quoi qu'il en soit, il est facile d'empêcher les Ballons qu'on voudroit ainsi abandonner, de se déchirer ; quelque légers qu'ils fussent & à quelque hauteur qu'ils pussent monter, & le moyen que vous vouliez employer, qui consistoit à ne pas remplir entièrement le Ballon, est simple & suffisant.

Si on vouloit au contraire remplir exactement ces Ballons, on pourroit y ajuster une soupape à ressort, par laquelle s'échapperoit nécessairement le gaz qu'ils renfermeroient, quand il viendroit à se dilater au point de vaincre la résistance du ressort de la soupape ; mais il faudroit, en ce cas, que cette résistance fût moindre que celle de l'étoffe dont les Ballons seroient composés. Il est évident que par ce moyen le gaz renfermé dans ce Ballon ne pourroit le déchirer, puisqu'il trouveroit une moindre résistance dans le ressort

de la soupape qu'il n'en éprouveroit de la part de l'étoffe, & il arriveroit alors que lorsqu'il seroit sorti du Ballon une assez grande quantité de gaz, pour que la force de celui qui y resteroit ne fût pas supérieure à celle de l'air environnant, le ressort de la soupape n'étant plus poussé en dehors par une force plus grande que celle de l'air extérieur, se rétablirait de lui-même & refermeroit la soupape, & qu'ainsi la force expansive du gaz seroit toujours à-peu-près en équilibre avec la force de l'air, à quelque hauteur que les Ballons fussent transportés.

Si en remplissant exactement ces Ballons, on vouloit empêcher encore plus sûrement qu'ils ne fussent déchirés par l'expansion du gaz qu'ils renferment & en prévenir en même-tems toute déperdition, voici un autre moyen qui répond à ces vues. En attachant au-dessous du Ballon rempli de gaz, & qu'on veut abandonner, un Ballon d'une capacité à-peu-près égale qu'on aura bien privé d'air atmosphérique, & en établissant une communication libre entre les deux Ballons au moyen d'un robinet ouvert, on sera sûr que dès que le ressort du gaz contenu dans le Ballon supérieur sera plus fort que celui de l'air environnant, le gaz passera tranquillement dans

le Ballon inférieur & qu'il remontera ensuite par sa légèreté dans le Ballon supérieur, aussitôt que l'air environnant acquerra une plus grande force comprimaute; de façon que la force du ressort du gaz & celle de l'air seront toujours dans un parfait équilibre, & que le Ballon n'aura aucun effort à craindre de la part du gaz qu'il contient.

Au reste, comme mon but principal est de prouver la possibilité de la navigation dans l'air, & puisque les Ballons, avec lesquels on navigeroit, ne monteroient point avec un mouvement aussi rapide que celui du Champ de Mars, & ne pourroient par conséquent courir le risque dont il est question, qu'à des hauteurs si grandes qu'elles pourroient être incommodes, ou effrayeroient au moins l'imagination des premiers navigateurs; il est inutile d'en dire davantage sur cet article, & nous allons nous occuper des précautions nécessaires pour garantir les hommes qui voudroient se hasarder à naviguer dans ce nouvel élément, de tous les dangers auxquels cette tentative pourroit les exposer.

Cependant, en observant que la Machine de Versailles & le Ballon du Champ de Mars ont été tous deux déchirés dans leur partie supérieure, & en faisant attention que la partie

supérieure des grandes Machines aérostatiques est celle qui fatigue le plus quand il s'agit de les hisser pour les remplir, & qui est en même temps la plus exposée à l'effort du gaz qui tend toujours en-haut; il paroît qu'il seroit prudent de renforcer les parties supérieures de ces Globes, & de s'appliquer sur-tout à connoître quelles sont les qualités désirables dans les matières qu'on voudroit employer à la construction de ces Machines.

Il est essentiel pour assurer le succès des voyages dans les airs, que les étoffes ou les matières, dont seront composées les Machines aérostatiques, soient assez fortes pour résister à l'effort des poids dont elles seront chargées, & quoiqu'il soit à désirer qu'elles soient légères, il est encore plus important qu'elles soient solides, parce qu'on peut suppléer à la légèreté des étoffes en donnant plus de volume aux Machines; & c'est par conséquent à fabriquer les étoffes les plus fortes, les plus souples, les plus légères & les plus serrées qu'il soit possible, que les ouvriers qui travailleront pour les Machines aérostatiques doivent s'appliquer; mais à quelque degré de perfection qu'on porte à cet égard la fabrication, il paroît bien difficile qu'on puisse jamais parvenir à faire des étoffes d'un tissu assez serré, pour

qu'elles soient absolument imperméables, soit à l'air atmosphérique, soit aux différens gaz si subtils, dont les Machines aérostatiques peuvent être remplies, sur-tout quand ces étoffes seront tendues & tirées par les poids dont ces Globes seront chargés. Il est donc vraisemblable que les étoffes, quelles qu'elles soient, auront toujours besoin d'être peintes pour être employées aux Ballons aérostatiques, & l'art des vernis va par cette raison acquérir un nouveau degré d'importance.

Les vernis propres à enduire les Machines aérostatiques, doivent être les plus solides, les plus légers, les plus souples & les plus inattaquables, soit à l'acide de l'air, soit aux différens gaz dont ces Machines peuvent être remplies. Il en existe d'excellens, & qui ont toutes ces qualités à un très-haut degré: les vernis à la gomme élastique, à la gomme copale & au succin, sont presque également bons, & les progrès rapides que les arts font sous nos yeux, ne laissent guère lieu de douter que tous les objets qui entrent dans la composition des Machines aérostatiques, ne parviennent bientôt à un degré de perfection difficile à être surpassé. Mais en rendant justice à l'industrie humaine, j'avoue cependant que je suis porté à penser qu'il est à cet égard un point auquel

les arts ne pourront jamais atteindre, & que les membranes & les peaux des animaux auront toujours de l'avantage relativement à la force & à l'imperméabilité sur toutes les étoffes qu'on pourra inventer.

Peut-on croire qu'il existe jamais une étoffe aussi fine que cette pellicule de l'intestin du bœuf, dont on fait les petits Ballons qu'on vend maintenant à Paris, & qui soit en même-tems aussi imperméable, soit à l'air atmosphérique, soit à l'air inflammable? Les vessies des animaux ne sont-elles pas d'un usage plus sûr pour conserver de l'air, que toutes les étoffes que l'on pourroit fabriquer?

Les fables anciennes qui représentent les vents comme renfermés dans des outres, l'usage constant de tous les ouvriers qui font les Ballons, avec lesquels on joue dans les collèges, & celui des ouvriers qui font les soufflets de toutes grandeurs, ne prouvent-ils pas que de tems immémorial l'expérience a appris que de toutes les substances qui ont quelque souplesse, la peau des animaux est la plus propre à conserver l'air qu'on lui confie?

Ce que nous venons de dire de l'imperméabilité des peaux, comparée à celle des étoffes, peut avec autant de raison se dire de leur force. On ne connoît aucune étoffe qui

à épaisseur égale, soit capable d'autant de résistance qu'un cuir bien tanné, & l'on peut remarquer tous les jours, que lorsque les marchands veulent vanter la force d'une étoffe, ils la comparent à celle du cuir par une espèce d'exagération.

Toutes ces raisons m'induisent à croire que c'est principalement sur les peaux des différens animaux que l'industrie devrait s'exercer pour porter les Machines aérostatiques au point de perfection dont elles sont susceptibles; & comme, malgré toutes les qualités que nous venons de lui reconnoître, le cuir a le défaut d'être pesant, c'est donc à lui ôter cette imperfection qu'on devrait sur-tout s'appliquer; & l'on peut prédire sans crainte, que la nation qui trouvera le moyen de rendre les cuirs plus souples & plus légers, en leur conservant leur force, sera celle qui tirera les plus grands avantages des Machines aérostatiques.

Au reste, je ne veux point finir cet article sans rendre compte d'une idée ingénieuse de don Gauthey, qui peut être de quelque utilité, & qui trouve ici sa place très-à-propos.

Il pourroit peut-être arriver qu'on trouvât un jour quelque matière solide & sans souplesse qui seroit préférable au cuir même pour la construction des Machines aérostatiques, &

l'on sent qu'il seroit alors impossible de les tordre ou de les comprimer pour en faire sortir l'air commun qu'elles contiendroient, avant de les remplir du gaz dont on voudroit les animer. Dans ce cas, don Gauthey propose d'introduire dans le Ballon inflexible un autre Ballon d'un volume égal & d'une étoffe très-mince & très-souple, telle que seroit du taffetas gommé, & qui seroit bien tordu, & par conséquent bien privé d'air. Il veut ensuite, qu'après avoir fait un petit trou au Ballon extérieur, ou y avoir posé un petit robinet qu'on laissera ouvert pour en laisser échapper l'air, on lie fortement les deux Ballons au robinet, par lequel on introduira le gaz dans le Ballon intérieur & flexible. De cette manière, le gaz en remplissant & en gonflant ce second Ballon, obligera tout l'air contenu dans l'autre à s'échapper par l'ouverture qu'on y aura faite à ce dessein: le Ballon intérieur étant d'un volume égal à celui du premier Ballon, celui-ci se trouvera entièrement rempli de gaz, & tout-à-fait privé d'air atmosphérique; & bouchant ensuite le petit trou, ou fermant le petit robinet, on aura un Ballon solide, exactement rempli de gaz, & privé de l'air commun qu'il contenoit.

Ainsi, après avoir tâché d'indiquer la ma-

nière de construire des Machines aérostatiques solides, & avoir pourvu autant que nous le pouvions à la sûreté des hommes qui s'en serviroient, nous allons nous occuper des moyens qui nous ont paru propres à diriger ces Machines, après avoir cependant dit un mot des différens gaz qu'on peut mettre en usage pour leur donner de l'activité.

L'étude des gaz est assez nouvelle, & la science n'en est par conséquent point encore fort étendue. On connoissoit quelques gaz alkalis plus légers que l'air, & il paroît que M. de Montgolfier emploie quelques matières alkalisées pour former le sien. Ce gaz, par la modicité de son prix & par la facilité aussi bien que par la promptitude avec laquelle il est produit, a sous ce rapport des avantages infinis sur tous les autres, & l'expérience de Versailles en fut une preuve évidente. C'étoit une chose véritablement admirable, & qui sembloit tenir du prodige, que de voir une toile qui servoit de tapis à un échaffaud, s'enfler graduellement par une cause invisible, & présenter ensuite en sept minutes de tems aux yeux de cent cinquante mille spectateurs, une espèce de Globe d'une forme & d'une grandeur majestueuse, qui s'éleva enfin de lui-même à la hauteur de 300 toises avec tranquillité; &

quand on venoit à apprendre que la cause d'un phénomène aussi imposant n'étoit due qu'à la combustion de 50 livres de paille & de 5 livres de poussière de laine, la surprise qu'il avoit causée étoit encore plutôt accrue que diminuée.

Cependant quelqu'admirables que soient les effets de ce gaz, comme il n'est point encore assez bien connu, & qu'on ignore à quel point il peut être irréductible, je m'abstiendrai d'en parler, & je laisserai au tems & à l'expérience à faire juger de son mérite.

Les meilleurs gaz à employer dans les Machines aérostatiques, seront toujours les plus légers, les plus irréductibles, les plus inaltérables, les plus faciles à faire, & qui pourront être produits le plus promptement & au prix le plus vil. C'est sans doute à la recherche de pareils gaz que la chimie va s'occuper & soumettre, pour y réussir, toutes les substances de la nature, seules & combinées à tous les degrés de feu & à tous les procédés dont elle pourra faire usage; & si la nature lui en refuse de plus parfaits que ceux que nous connoissons, il faut au moins espérer qu'elle réussira à rendre plus facile en grand la manipulation de ceux qui sont déjà trouvés.

L'air inflammable que vous aviez indiqué

pour remplir le Ballon du Champ de Mars, est, de tous les gaz connus, le plus léger; il n'est réductible que par l'inflammation, & il est inaltérable au point d'avoir été conservé des années entières dans des vaisseaux de verre, sans avoir été détérioré. Mais ce gaz si parfait d'ailleurs, a le défaut d'être un peu cher & d'une manipulation assez difficile en grand. A l'égard de la manipulation, il semble qu'on ait déjà fait quelques progrès, & l'appareil dont on s'est servi dans une expérience que vous avez faite depuis peu, rend l'introduction de cet air plus facile & moins dangereuse pour le Ballon.

On doit se flatter de même, qu'une substance aussi commune, & que la nature & les arts nous offrent à l'envi, deviendra bientôt à vil prix. On fait que la fermentation putride en produit beaucoup, que les eaux croupissantes & les marais en fournissent en abondance, & que dans les manufactures de vitriol martial on laisse évaporer tout celui qui s'y forme: il paroît donc impossible que ce gaz ne diminue pas de valeur, quand on s'occupera à l'aller chercher dans les magasins immenses que la nature nous en présente; & que dans les ateliers où il s'en perd journellement des quantités considérables, on songera

à le conserver. Il est même à présumer, si l'air inflammable est le gaz qu'on préfère pour remplir les Machines aérostatiques, que lorsque l'usage de ces Machines sera devenu commun, il s'établira des marchands qui en feront commerce, & qui en auront des magasins, de façon qu'on n'aura plus la peine de le manipuler soi-même, & que cet air étant chez les marchands, renfermé dans des outres, on pourra remplir les Machines aérostatiques, quelque grandes qu'elles soient, sans le moindre embarras.

J'ignore en effet si l'on s'est assuré que l'air inflammable des marais est de la même légèreté que celui qui est produit par la dissolution du fer par l'esprit de vitriol : on dit celui tiré du zinc encore plus léger ; mais comme celui qui est produit par la dissolution du fer, est plus connu & plus éprouvé que les deux autres, j'avertis que c'est avec cet air que je supposerai remplie la Machine aérostatique que je vais tâcher de diriger.

Il seroit à souhaiter sans doute qu'on pût se passer de tous ces gaz, quelque bons qu'on les suppose, & qu'il fût possible de faire avec un métal quelconque, des Globes qui, sans être d'une grandeur démesurée, & étant assez solides pour supporter un vuide intérieur

absolu, fussent pourtant assez légers pour peser moins que le volume d'air qu'ils déplaceroient, quand on auroit pompé celui dont ils seroient remplis. De telles Machines seroient certainement plus solides & plus imperméables qu'aucune de celles qu'on pourroit faire avec la meilleure étoffe ou le meilleur cuir, & seroient aussi bien plus faciles à diriger verticalement que celles qui seroient pleines du meilleur gaz, puisque pour les faire plus ou moins monter ou descendre, il suffiroit d'y laisser rentrer ou d'en faire sortir plus ou moins d'air. Mais il est dans presque tous les arts un point de perfection auquel on tend, & dont on approche toujours sans pouvoir l'atteindre ; & ce que je propose ici est peut-être le point de perfection auquel les constructeurs de Machines aérostatiques ne parviendront jamais. Essayons donc de conduire des Machines aérostatiques remplies d'air inflammable, aussi parfaites qu'on puisse les exécuter, ou qu'on puisse au moins raisonnablement les espérer.

J'avertis encore que si je suppose mes Machines remplies d'air inflammable, ce n'est point que je prétende lui donner la préférence sur le gaz de MM. de Montgolfier, & que c'est uniquement parce que je le connois davantage.

D'ailleurs, tout ce que je dirai des Machines remplies d'air inflammable, pourra s'appliquer, avec les changemens nécessaires, à celles qui seroient animées par le gaz de MM. de Montgolfier.

Je vous demande pardon, Monsieur, d'entrer dans tous ces détails dans une lettre qui vous est adressée ; je fais combien ces matières vous sont familières, & sur tout ce qui y a rapport je me ferois assurément gloire de prendre de vos leçons ; mais puisque vous voulez bien publier cette lettre à la suite du Précis historique que vous donnez de cette découverte, j'ai cru que, pour prouver la vérité de la pensée de l'exergue que vous avez bien voulu adopter, il falloit ne rien oublier de ce qui pouvoit montrer que la navigation dont il s'agit étoit non-seulement praticable, mais encore qu'on pouvoit espérer qu'elle ne seroit ni très-difficile, ni très-périlleuse, & j'ai pensé que bien des personnes, pour qui ces matières sont absolument nouvelles, me pardonneroient d'être entré, en en parlant, dans plus de détail que je ne m'en permettrois sur des sujets qui auroient été traités par d'autres, & qui seroient par conséquent plus connus.

Avant de songer à diriger en tout sens une Machine aérostatique, il faut d'abord s'occu-

per des moyens de la faire parvenir à la hauteur où on désire de la porter, & de la mettre en parfait équilibre avec la couche horizontale d'air dans laquelle on se propose de naviger. J'indiquerai ensuite les moyens que je crois propres à la faire monter ou descendre à volonté, après quoi je tâcherai de la faire mouvoir horizontalement en tout sens, & il fera facile de comprendre que si je réussis à lui imprimer ces deux mouvemens, on pourra, en les combinant, diriger cette Machine selon tous les plans possibles obliques à celui de l'horizon.

Je supposerai donc que la Machine aérostatique sur laquelle je veux m'embarquer est très-grande, & capable d'élever des poids considérables ; qu'elle est très-solide, & qu'elle ne perd rien, ou ne perd qu'infinitement peu de l'air inflammable qu'on lui confie. J'y placerai deux robinets, l'un en haut, & l'autre en bas, & je la supposerai garnie de quelques échelles de corde, par le moyen desquelles deux hommes puissent monter jusqu'au robinet supérieur. Ce robinet étant fermé, je remplirai cette Machine par le robinet inférieur dans une proportion convenable ; & si je prévois que je doive m'élever très-haut, j'attacherai en bas un autre Globe plus petit, avec lequel

je laisserai à ma Machine une communication libre pour prévenir un accident pareil à celui qui est arrivé au Ballon du Champ de Mars.

Cette Machine étant remplie autant que je le désirerai, je la chargerai d'un poids un peu plus pesant que celui qu'elle peut enlever: ce poids consistera en un bateau d'une construction très-légère, sur lequel j'embarquerai les hommes qui voudront naviger avec moi, & ce qu'il faut pour notre voyage. Le fond de ce bateau sera rond en dehors & en dedans, représentant un tonneau qui tiendrait toute la longueur du bateau; & quoique le reste du bateau doit être construit très-légerement, le fond, ou cette espèce de tonneau dont j'ai parlé, doit être fait avec la plus grande exactitude, & solide au point de supporter qu'on y fasse, selon le besoin, ou un vuide intérieur absolu, ou qu'on y condense l'air jusqu'à le faire peser au moins le double de celui de l'atmosphère.

Je laisserai le fond de mon bateau plein d'air ordinaire; j'embarquerai quelques tonneaux aussi solides que le fond de mon bateau, qui seront absolument privés d'air, & quelques autres remplis d'air inflammable; je prendrai de plus avec moi quelques flacons d'huile de vitriol, & j'acheverai le reste de mon lest  
avec

avec une quantité de limaille de fer beaucoup plus que suffisante pour saturer l'huile de vitriol que j'aurai embarquée.

Les choses ainsi préparées, je songerai à mon départ, & j'observerai de ne partir que quand le baromètre sera au terme moyen de ses variations, c'est-à-dire, à-peu-près à vingt-huit pouces.

Je commencerai par jeter une partie de la limaille de fer superflue que j'ai embarquée, jusqu'à ce que je sois à flot, c'est-à-dire, jusqu'à ce que j'aie perdu terre; & continuant ainsi à en jeter peu-à-peu, je m'élèverai insensiblement jusqu'à ce que je sois en équilibre avec la couche d'air à laquelle je veux me fixer; & l'on remarquera que je monte sans aucune secousse & sans aucun risque, & que j'arrive à la hauteur souhaitée avec la précision qu'un grain de limaille de fer jeté de plus ou de moins peut procurer.

Arrivé à cette hauteur, je n'aurai guère, dans un voyage ordinaire & dans un tems calme, aucune raison de désirer de monter, ni de descendre. L'air étant à son terme moyen de pesanteur quand j'ai quitté terre, quelques changemens que le baromètre puisse ensuite indiquer dans cette pesanteur, les couches d'air avec lesquelles ces changemens me met-

tront en équilibre, ne pourront être fort éloignées de celle où je me ferai placé d'abord ; & il doit m'être assez indifférent de naviger à quelques toises plus haut ou plus bas de la hauteur à laquelle je ferai monté en commençant mon voyage.

Je réserverai donc les moyens que j'ai de m'élever ou de descendre pour quelque occasion importante, & il peut s'en présenter deux de ce genre.

Premièrement je puis être incommodé par le vent à la hauteur où je me trouve, & désirer par conséquent d'en changer. Je me réserve de parler du parti qu'il faut prendre dans cette circonstance, quand j'indiquerai les moyens qu'on peut employer pour diriger horizontalement les Machines aérostatiques.

Secondement je puis être obligé de passer par-dessus quelque haute montagne ; & c'est ici la chose la plus difficile dans cette sorte de navigation. En effet, les montagnes font à la navigation dont nous parlons, ce que les caps sont dans la navigation ordinaire ; & l'on fait combien quelques-uns ont été anciennement, & combien quelques autres sont encore aujourd'hui, difficiles à doubler.

Si je prévoyois que dans le cours de mon voyage je n'eusse qu'une seule haute montagne

à franchir, je pourrois sans doute me charger, en partant, de quelque poids inutile dont je me déchargerois pour passer par-dessus cette montagne, comme j'ai jeté la limaille de fer pour me porter à la hauteur à laquelle je voulois me placer ; mais comme on ne pourroit répéter ce moyen, & que je pourrois avoir plusieurs obstacles semblables à surmonter, & puisque d'ailleurs on peut, pour d'autres raisons, avoir besoin de monter & de descendre pendant le cours d'un voyage, il vaut mieux chercher des manières de s'élever ou de s'abaisser, dont on puisse faire usage aussi souvent que le besoin exigera de les employer.

Il me paroît qu'on ne peut trouver que deux moyens physiques pour faire monter ou descendre à volonté les Machines aérostatiques ; mais je crois qu'on peut encore se servir d'un moyen mécanique capable d'augmenter l'effet des deux autres, & je parlerai dans l'instant de ce dernier moyen quand il sera question de diriger horizontalement ces Machines.

Les deux moyens physiques qui peuvent faire monter ou descendre les Machines aérostatiques, se rencontrent dans les deux seuls fluides desquels on puisse disposer quand on est transporté par ces Machines ; je veux par-

ler de l'air dans lequel on navige , & du fluide qui anime la machine qui vous transporte.

Pour monter il faut, ou diminuer la pesanteur du fardeau à élever , ou augmenter la force élevant de la Machine , & il doit être quelquefois nécessaire d'employer ensemble l'un & l'autre de ces moyens, quand on veut s'élever à une hauteur beaucoup plus grande que celle où l'on se trouve.

Si j'ai besoin de m'élever, je commencerai donc par pomper l'air dont est plein le fond de mon bateau, & je diminuerai ainsi le poids du bateau de celui de cet air que j'aurai pompé. Si cette manœuvre est insuffisante pour m'élever aussi haut que je le veux, je pomperai tout ou partie de l'air inflammable que j'ai embarqué dans des tonneaux, je l'introduirai dans ma Machine par le robinet inférieur; & mes tonneaux se trouvant absolument vuides, j'aurai donc, par l'introduction de cet air, augmenté la légèreté relative de ma Machine, & diminué encore le poids de mon bateau de celui de l'air inflammable qui étoit dans mes tonneaux. Ce moyen devroit suffire seul pour m'élever à la plus grande hauteur, puisque je suis le maître d'embarquer avec moi toute la quantité d'air inflammable qui peut m'être nécessaire; & que pour qu'il tienne moins d'es-

pace, je puis même le fouler & le condenser dans quelques-uns de mes tonneaux. Cependant si la quantité d'air inflammable que j'avois embarqué ne suffit pas encore pour donner à ma Machine la force de s'élever assez haut, alors, avec l'esprit de vitriol & la limaille de fer que j'ai dans mon bateau, je ferai de l'air inflammable, & je l'introduirai encore dans ma Machine; & s'il me restoit quelque petite hauteur à gagner, je jetteroie à terre le résidu de la dissolution de la limaille par l'acide qui me deviendroit inutile; & en soulageant encore mon bateau de ce poids, & en ajoutant à tous ces moyens la force mécanique dont il me reste à parler, il faudroit que la hauteur à laquelle je veux m'élever fût à une distance verticale, immense de celle dont je pars, pour que je ne pussé pas l'atteindre.

Tous les effets de ces divers moyens sont calculables selon les différentes suppositions qu'on voudra faire; mais il me semble, par un simple apperçu, que la réunion de ces moyens doit porter une Machine aérostatique à la plus grande hauteur où l'on puisse avoir besoin de la faire monter, sur-tout si l'on réfléchit que quelqu'un qui prévoit qu'il lui fera nécessaire de s'élever extraordinairement haut, commencera par s'établir à une hauteur assez grande

pour qu'il ne lui soit point ensuite impossible d'atteindre celle à laquelle il veut ensuite se porter.

Après m'être élevé aussi haut, & avoir franchi un pas aussi difficile, il faudra descendre; & cette marche est bien plus facile, au moins est-on toujours plus sûr de descendre aussi bas que l'on veut, que de s'élever à la hauteur qu'on desire, si cette hauteur est extrême. Je commencerai donc pour descendre, par condenser l'air dans le fond de mon bateau; faisant ensuite transporter, l'un après l'autre, des tonneaux vuides au haut de ma Machine, j'y ferai passer par le robinet supérieur partie du gaz qu'elle contient; & faisant redescendre dans le bateau les tonneaux à mesure qu'ils seront remplis d'air inflammable, je diminuerai par ce moyen la légèreté relative de ma Machine, & j'augmenterai le poids de mon bateau de celui de l'air inflammable que j'aurai introduit dans les tonneaux. Si cette manœuvre ne me fait descendre assez bas, je pourrai condenser mon air inflammable dans plusieurs tonneaux, afin qu'il m'en reste quelques-uns de vuides, dans lesquels après avoir laissé entrer l'air atmosphérique, je pourrai l'y condenser pour augmenter encore le poids

de mon bateau, & le faire ainsi descendre aussi bas que je le desire.

J'aurai donc conservé tout mon air inflammable, & je pourrai par conséquent m'élever encore à une hauteur égale à celle où je me suis porté précédemment, & si j'ai perdu pour descendre, le poids de la limaille de fer & de l'esprit de vitriol que j'avois embarqué, on voit que j'y ai suppléé par celui de l'air condensé que j'ai fait entrer dans des tonneaux qui étoient auparavant absolument vuides.

Cependant si je m'apperçois que ma Machine ait laissé échapper du gaz qu'elle contenoit, & que je craigne par cette raison que l'acide & la limaille que j'ai perdus ne viennent à me manquer, alors ouvrant peu-à-peu le robinet supérieur de la Machine, j'en laisse échapper autant de gaz qu'il faut pour la faire descendre tranquillement; je mets alors doucement à terre, & je vais me pourvoir de ce dont je crois avoir besoin pour continuer ma route.

On voit donc qu'il est très-facile de faire monter & descendre les Machines aérostatiques, quand les hauteurs auxquelles on veut les porter, ne sont pas infiniment distantes les unes des autres, & qu'il est même possible de leur faire parcourir, en montant & en

descendant, une ligne verticale assez grande pour fournir à tous les besoins de cette espèce de navigation. Voyons maintenant s'il sera plus difficile de les diriger horizontalement, & terminons ce qui nous reste à dire pour justifier notre exergue.

En partant du principe, que tout corps en équilibre avec le fluide dans lequel il est suspendu n'a nulle pesanteur, on doit sentir que la moindre force suffit pour le mouvoir dans ce fluide dans le sens horizontal selon lequel elle agit, sur-tout si ce fluide a peu de densité & de tenacité. Ma Machine aérostatique étant toujours en équilibre avec la couche d'air dans laquelle elle se fixe, il suffira par conséquent d'une force infiniment petite pour la mouvoir, & pour diriger son mouvement dans tous les sens que l'on voudra dans le plan horizontal de cette couche.

J'ajusterai donc à mon bateau des rames larges & légères, faites si l'on veut, avec de larges bandes de fort parchemin, & disposées proportionnellement au nombre des hommes dont je pourrai employer les forces. C'est avec ces rames que je compte diriger horizontalement mon bateau dans un tems calme, & je ne crois pas qu'il soit à craindre que je ne puisse pas y parvenir par leur moyen.

Quand on réfléchit sur le vol des oiseaux, peut-on s'empêcher de penser qu'il faut que l'air ait un ressort qui réagisse avec une force extrême, quand il a été tendu & comprimé par un mouvement un peu violent ? Comment sans cela pourroit-on concevoir que les oiseaux en le frappant avec leurs ailes, pussent non-seulement diriger, mais encore soutenir & élever dans ce fluide un corps mille fois plus pesant que lui ; or, si le mouvement qu'impriment à l'air les ailes des oiseaux est capable de produire cet effet étonnant, comment pourroit-on douter que le mouvement de nos rames ne pût diriger un corps dont la pesanteur est nulle, & qui n'oppose ainsi aucune résistance au mouvement horizontal qu'on lui imprime ?

La nature nous indique elle-même quelle est la grande différence entre la force qu'il faut employer pour faire mouvoir dans un fluide un corps beaucoup plus pesant que lui, & celle qui suffit pour y faire mouvoir un corps dont la pesanteur approche de celle du fluide dans lequel il est plongé ; & la différente structure des animaux qui sont dans ces rapports différens de pesanteur avec le fluide dans lequel ils se meuvent, en est, si l'on peut ainsi parler, une *démonstration naturelle*.

Les oiseaux font, comme on l'a dit, à-peu-près mille fois plus pesans que l'air, & la pesanteur des poissons est presque égale à celle de l'eau; la nature en conséquence a donné aux oiseaux un très-petit corps & de très-grandes ailes, tandis qu'elle a formé les poissons avec de très-gros corps & de petites nageoires: encore les naturalistes ont-ils attribué une force prodigieuse aux muscles des ailes des oiseaux, tandis qu'ils ne disent rien de semblable de celle des nageoires.

Ces nageoires, toutes petites qu'elles sont, suffisent cependant pour faire mouvoir les poissons, non-seulement dans toutes les directions horizontales, mais il paroît même certain qu'elles suffisent encore à les faire monter & descendre dans l'eau avec une grande vitesse; & quoique les poissons, quand ils ne sont agités par aucune passion, puissent peut-être monter ou descendre lentement dans l'eau par la compression ou par la dilatation seules de leurs vessies, il ne faut qu'observer la manière dont ils montent ou descendent en certaines occasions, pour être sûr que ces mouvemens n'ont point pour cause le plus ou le moins de volume qu'ils donnent à leurs corps, & qu'ils font au contraire l'effet de l'action seule de leurs nageoires, aidée par celle de leur queue.

Si le mouvement des poissons, en montant & en descendant, étoit produit par le plus ou moins de volume que leur vessie est supposée leur donner, ce mouvement suivroit les loix auxquelles sont assujettis tous ceux qui font l'effet de la pesanteur. Il seroit très-lent dans les premiers instans, & augmenteroit de vitesse à mesure qu'il seroit continué; & l'on voit au contraire, dans une eau claire, les poissons s'élançer & partir avec vitesse du fond de l'eau, pour venir à la surface chercher le pain qu'on leur jete, comme on les voit se précipiter au fond de l'eau, lorsque quelque objet leur fait peur à la surface.

Il paroît donc qu'il peut rester pour constant qu'indépendamment de la compression ou de la dilatation de leurs vessies, les poissons montent & descendent dans l'eau par la seule action de leurs nageoires; & l'air dans lequel est suspendue notre Machine, ayant beaucoup moins de densité & de tenacité que l'eau dans laquelle nagent les poissons, il doit donc à plus forte raison paroître certain que les rames dont nous avons garni notre bateau, sont suffisantes pour lui faire exécuter non-seulement tous les mouvemens horizontaux qu'on peut désirer, mais encore pour le faire monter ou descendre d'une certaine quantité;

selon la force & la direction qu'on donnera à leur mouvement. Et tel est le mécanisme dont nous avons parlé, & que nous avons dit devoir aider les deux moyens physiques que nous avons précédemment employés pour faire monter & descendre notre bateau.

Après avoir ainsi proposé les moyens de diriger verticalement & horizontalement les Machines aérostatiques, & par conséquent de leur faire aussi parcourir tous les plans possibles, obliques à celui de l'horizon, il sembleroit que ma tâche est remplie, & que j'ai suffisamment justifié l'exergue qui m'a engagé dans cette discussion ; mais je n'ai point oublié que j'ai fait jusques ici abstraction du vent, & je ne prétends point dissimuler qu'il doit jouer un grand rôle dans la navigation dont il s'agit. Nous allons donc nous en occuper maintenant, & examiner quels obstacles il peut nous opposer, quels dangers il peut nous faire courir, & quels secours il peut aussi nous prêter.

S'il est facile de diriger les Machines aérostatiques dans un tems absolument calme, il paroît qu'il doit être extrêmement difficile de les gouverner aussitôt que l'air vient à être agité. Le volume des Machines capables d'élever des poids considérables, doit être

immense ; le vent doit donc exercer sur elles un empire proportionné à cette immensité, & les poids qu'elles peuvent enlever, quelque considérables qu'on les suppose, semblent offrir des ressources bien foibles pour pouvoir opposer des forces suffisantes à une puissance qui paroît aussi irrésistible.

C'est en cela que me semble effectivement consister la grande difficulté de cette espèce de navigation, & je ne me flatte pas assurément de la lever entièrement, c'est à quoi de longues méditations & une expérience encore plus longue pourront un jour parvenir. Dans tous les ouvrages de l'industrie humaine ainsi que dans ceux de la nature, il est un point de maturité que le tems seul peut amener, & il est impossible qu'un art qui n'est pas encore ébauché, soit capable, en commençant, de surmonter tous les obstacles que la nature semble lui opposer.

Quand on se rappelle combien la navigation maritime est ancienne, & combien ses progrès ont été lents ; & quand on considère en même tems combien les naufrages, si fréquens sur les côtes, & qui ne sont même que trop communs en pleine mer, prouvent que cet art a encore besoin d'être perfectionné, on ne peut exiger sans doute que la navigation

dont il est ici question, puisse à son début atteindre à une perfection dont la navigation maritime est encore si éloignée.

Voyons cependant comment on peut affaiblir la difficulté que je me suis proposée, comment si l'on ne peut la résoudre, on peut au moins, en bien des cas, l'éviter, & tâchons de montrer qu'il est même très-vraisemblable que ce qui paroît nous présenter d'abord un obstacle insurmontable dans cette navigation, doit un jour, par les secours réunis de l'art & de la nature, contribuer à son succès & à sa sûreté.

La puissance du vent doit sans doute être très-grande sur les Machines aérostatiques; aussi ne faut-il pas espérer qu'on puisse avec les secours des rames, surmonter la force d'un vent absolument contraire & violent. Il faut donc imiter les marins qui se gardent bien de partir dans telles circonstances, & attendre, comme ils font, que le vent change & se soit apaisé.

Si le vent, sans être tout-à-fait favorable, n'est pas absolument contraire, & s'il est en même-tems modéré, alors il faut encore imiter la manœuvre qu'on emploie sur mer, & si l'on ne peut pas aller droit à son but, il faut louer, & il est très-vraisemblable qu'en se

servant bien de ses rames, on pourra quoique par une navigation plus longue, atteindre cependant le terme qu'on s'est proposé.

Il semble qu'il est naturel de suivre pas à pas l'exemple des hommes, qui les premiers se sont hasardés à naviguer sur la mer, & que dans les commencens il seroit prudent de ne s'éloigner ainsi qu'ils faisoient, que le moins qu'on pourroit de terre, de ne pas entreprendre de longs voyages, & de ne partir qu'avec un vent favorable.

Si le vent venoit à changer pendant le cours de la navigation, ou si le tems devenoit orageux, on devroit mettre à terre, comme le pratiquoient encore les premiers navigateurs, & ne se rembarquer que quand le beau tems & un bon vent y engageroient.

Avec ces précautions on courroit peu de danger, on s'appliqueroit chaque jour à étudier l'élément dans lequel on navigeroit, les périls auxquels il expose & les ressources qu'il peut offrir, & on se hasarderait peu-à-peu davantage.

Mais quand une plus longue expérience auroit donné des connoissances plus sûres & plus étendues, & qu'on se seroit tout-à-fait familiarisé avec ce que cette navigation a d'abord d'effrayant pour l'imagination, alors l'audace

succéderoit à la timidité, on pourroit tenter des entreprises aussi étonnantes dans leur genre, que celles que les marins exécutent de nos jours, & on auroit pour les mettre à fin des moyens qui manquent à nos plus grands hommes de mer.

Il faut observer que lorsqu'on navige sur la mer, on est obligé pour faire route, de se servir du vent qui régné à sa surface, tandis que ceux qui navigeroient dans l'air auroient à choisir dans sa profondeur les vents qui pourroient leur convenir ou les couches d'air qui ne seroient point agitées.

Les vents sont dans l'air, ce que les courans sont dans la mer, & il est certain que dans ce dernier élément il existe des courans différens à des profondeurs différentes. On en connoît plusieurs exemples, & on en a trouvé entr'autres, dans le détroit de Gibraltar deux absolument contraires placés l'un au-dessus de l'autre, & de l'existence desquels on s'est assuré par des moyens très-ingénieux.

Il est également certain que la même différence entre les courans à des profondeurs différentes, existe dans l'air, & il est même impossible que la chose soit autrement, puisque dans tout fluide, qui par sa nature tend au niveau, & à se mettre en équilibre avec lui-même,

même, il faut bien que des courans affluans viennent perpétuellement remplacer le fluide qui est emporté par un autre courant.

Au reste tous les physiciens qui ont écrit sur les vents, sont d'accord en ce point. Il n'en est aucun qui ne tâche de deviner quels sont les vents qui régnent le plus constamment à différentes hauteurs dans les différentes régions de la terre, & qui ne s'efforce d'appuyer son opinion sur des raisons plus ou moins plausibles.

On a d'ailleurs tous les jours sous les yeux des exemples de ce phénomène. Il est très-commun de voir des nuages élevés à différentes hauteurs, aller dans des sens différens. On voit souvent les girouettes indiquer un courant dans l'air, & la direction du mouvement des nuées en indiquer un autre, & il ne faut même que faire attention à ce qui se passe dans un jardin dans lequel on brûle des feuilles, pour observer quelquefois trois vents différens à des hauteurs différentes, & qui sont indiqués par les directions diverses de la fumée des feuilles, des girouettes & des nuées.

D'après ces réflexions & ces exemples, on ne peut guère douter qu'en s'élevant à différentes hauteurs, on ne trouvât quelque part des vents favorables & propres à faire par-

venir au terme que l'on se feroit proposé, & comme on a d'ailleurs des moyens de monter & de descendre à volonté très-faciles, la force du vent & la puissance qu'il exerce sur les Machines aérostatiques, loin d'être toujours un obstacle, paroît plutôt devoir devenir un jour un secours assuré dans la navigation qui nous occupe.

S'il arrivoit cependant quelquefois que dans les diverses hauteurs, auxquelles on se porteroit, il ne se trouvât pas un vent assez favorable pour qu'on voulût se laisser guider par lui & suivre précisément sa direction, outre qu'on pourroit alors, ainsi que nous l'avons dit précédemment, louvoier par le moyen de ses rames & parvenir ainsi quoique plus lentement à son but, il existe encore dans ce cas une autre ressource aussi sûre & plus commode que nous allons indiquer.

Entre deux courans d'un fluide, l'un supérieur & l'autre inférieur, qui ont des directions différentes, il se trouve toujours une couche plus ou moins large de ce fluide, qui ne participe ni de l'une ni de l'autre des directions de ces courans, & qui est absolument tranquille. C'est une loi qu'on a vu constamment observée dans la mer entre les courans supérieurs & inférieurs qu'on y a reconnus,

& qu'on auroit pu vérifier avec encore plus de facilité entre les courans supérieurs & inférieurs de l'air, si l'on avoit eu quelque intérêt à s'en assurer.

Je me rappelle à ce sujet, que dans un mémoire excellent, relatif à l'électricité, que lut le docteur Franklin à une rentrée de l'académie des sciences, cet homme célèbre à tant de titres indiqua une expérience qu'il avoit faite, & qui a un rapport immédiat à l'objet dont il est ici question.

Il y parloit, à ce qu'il me semble, de deux chambres, dans l'une desquelles l'air étoit plus échauffé que dans l'autre, & entre lesquelles on ouvrit une porte de communication; on plaça dans l'ouverture de cette porte trois bougies allumées une au haut, une autre au bas & la troisième au milieu de la hauteur de l'ouverture. On vit aussi-tôt s'établir deux courans d'air, l'un supérieur & l'autre inférieur, qui avoient des directions opposées. L'air de la chambre la plus échauffée passoit dans la chambre la plus froide par le haut de l'ouverture de la porte, & chassoit la flamme de la bougie la plus élevée du côté de la chambre la plus froide. L'air de la chambre la plus froide au contraire, passoit dans la chambre la plus chaude par le bas de cette

ouverture, & pouffoit la flamme de la bougie la plus basse du côté de la chambre la plus chaude, tandis, que la flamme de la bougie qui étoit au milieu de la hauteur de l'ouverture, resta absolument tranquille.

Ce qui se passe en petit dans cette jolie expérience, doit nécessairement arriver en grand dans tout fluide, dans lequel il existe deux courans, dont l'un est supérieur à l'autre, & qui ont des directions opposées, parce que la couche supérieure du courant inférieur, faisant effort pour pousser la couche inférieure de la zone qui se trouve entre ces courans dans le sens de sa direction, tandis que la couche inférieure du courant supérieur fait effort pour pousser la couche supérieure de la zone mitoyenne en sens contraire; le repos absolu de cette zone doit être le résultat de ces deux forces égales & opposées.

Il existe donc toujours dans l'air, ainsi que dans tout fluide, une zone tranquille entre deux courans opposés, dont l'un est supérieur à l'autre, & c'est dans cette zone tranquille que je propose de faire agir les rames & de poursuivre ainsi sa route, si le vent supérieur ni le vent inférieur ne conduisoient pas directement au lieu où l'on a dessein d'aller.

Il se présente encore un moyen de faire

usage du vent pour diriger les Machines aérostatiques, que je ne hafarde ici qu'en tremblant, parce que l'envie extrême que j'ai que cette lettre ait l'avantage de paroître avec votre ouvrage, me prive du tems nécessaire pour l'examiner.

Quoiqu'il soit bien difficile de concevoir qu'on pût adapter au bateau ou au Globe des voiles qui fussent assez légères pour ne pas trop charger la Machine, & pour pouvoir être commodément manoeuvrées, & qui fussent cependant assez fortes & assez étendues pour gouverner une Machine aérostatique, & surmonter la puissance que le vent doit exercer sur elle, l'art ne pourroit-il pas venir à bout d'en faire qui pussent au moins aider, ou contrarier, ou modifier l'effet que la puissance du vent sur la Machine lui donne sur le bateau?

Quoi qu'il en soit, au reste, de la possibilité de ce dernier moyen de faire servir la force du vent à la direction des Machines aérostatiques, il résulte toujours des considérations précédentes, que lorsque l'expérience aura donné des connoissances plus exactes & plus détaillées sur les différens courans de l'air, & qu'elle aura rassuré l'imagination des hommes sur les dangers qui pourront effrayer les premiers navigateurs de cette espèce, alors il

est plus que vraisemblable qu'ils auront à choisir, ou de naviger dans une zone absolument tranquille par le moyen des ramés, ou de chercher à diverses hauteurs un vent qui les conduise au terme où ils ont dessein d'aller.

Mais cette navigation dont l'idée seule alarme tant l'imagination, seroit-elle en effet aussi dangereuse qu'elle le semble d'abord? Je ne le crois pas, & je suis même persuadé qu'avec quelque prudence la navigation dans l'air seroit tout au plus aussi dangereuse que sur la mer; il y a mille dangers qu'on court sur mer, dont les navigateurs de l'air seroient exempts, & il y en a peu de ceux qu'on pourroit courir dans l'air, qui n'ayent également lieu sur mer.

Dans la navigation aérienne on n'auroit à craindre ni bas fonds ni écueils, ou au moins seroient-ils bien plus connus, bien plus faciles à appercevoir & bien moins dangereux, puisqu'on échouoit pendant une nuit obscure sur le penchant de quelque haute montagne, la Machine qui vous soutiendrait à la hauteur où elle auroit rencontré la montagne, vous empêcheroit de tomber dans les précipices qui pourroient s'y rencontrer, & vous donneroit le tems de vous élever plus haut que la montagne elle-même.

Il résulte des expériences de Versailles & du Champ de Mars, qu'avec le vent le plus foible les Machines aérostatiques parcourroient un espace horizontal de cent cinquante-six lieues en un jour. Cette vitesse est au moins quadruple de celle que le même vent donneroit à un vaisseau sur la mer, & en diminuant le tems des voyages, elle abrégeroit aussi la durée des périls auxquels ils pourroient exposer.

Comme cette navigation seroit peu d'usage pour passer par-dessus de grands espaces occupés par la mer, on auroit bien plus de facilité pour faire de fréquens relâches, qu'on ne peut en avoir sur ce dernier élément, & cette facilité peut faire éviter bien des dangers auxquels on est obligé de rester exposé sur la mer, & procurer bien des commodités, dont il faut se priver dans la navigation maritime.

S'il arrive que le fond du bateau vienne à se disjoindre & laisse quelque passage à l'air, outre qu'on peut alors faire usage des pompes, comme on le pratique sur mer quand le vaisseau fait quelque voie d'eau, on peut encore chercher & corriger ce défaut très à son aise, & l'on n'est point gêné dans l'air pour cette opération, comme les plongeurs le sont dans l'eau.

Enfin, si la Machine elle-même se déchire

au point de ne pouvoit être raccommodée en navigant, ce qui peut arriver alors de plus fâcheux du plus grave des accidens, se réduit pourtant à tomber doucement comme a fait la Machine de Versailles, & le raisonnement sert à confirmer qu'une chute de ce genre ne peut être violente, ni par conséquent dangereuse, parce qu'en proportion du gaz qu'elle perd, la Machine se met en équilibre avec la couche d'air plus pesante, dans laquelle elle descend, & que recommençant ainsi à chaque instant une nouvelle chute, sa descente ne peut jamais être accélérée; & tel est encore en ceci l'avantage immense de la navigation aérienne sur la maritime, que la chute au fond de l'élément qui nous soutient, n'est dans l'une qu'un inconvénient très-léger, tandis que dans la navigation maritime un pareil malheur est toujours suivi d'une mort inévitable (1).

L'expérience pourra quelque jour confirmer ce que j'ose prédire, & prouver combien seront peu considérables les dangers de cette

(1) On prétend que pour 1 00000 livres on pourroit faire une Machine aérostatique capable d'enlever un poids aussi considérable que celui dont étoit chargé la *Ville de Paris*. Si cela est vrai, une pareille Machine ne coûteroit donc guère plus que n'avoit coûté ce beau vaisseau, & ne pourroit assurément avoir un sort plus funeste.

navigation quand on s'y fera suffisamment exercé; mais je n'en pense pas moins qu'il est nécessaire d'user des plus grandes précautions dans les premiers essais qu'on en tentera, & qu'avant d'abandonner à eux-mêmes des hommes avec de semblables machines, il faut s'être assuré par des épreuves répétées, qu'ils sont parfaitement en état de les diriger, & sur-tout de les faire descendre précisément à la place où ils veulent; autrement les chûtes, quoique douces & lentes, pourroient encore être dangereuses, puisque quelque doucement que des hommes tombassent, par exemple, sur un clocher, sur le toit d'une maison, sur un grand arbre ou dans une rivière, il seroit à craindre qu'ils ne se blessassent ou même qu'ils ne périssent. Il sera donc essentiel dans les premières tentatives de ne lâcher la Machine qu'au bout d'une corde assez forte pour la retenir & la diriger si l'on s'apercevoit que les hommes qu'elle porteroit n'en fussent pas absolument les maîtres, & de ne pas oublier qu'on mène les enfans à la lisière avant de les livrer à leurs propres forces, & que cet art est assez près de sa naissance, pour qu'on doive le regarder comme étant encore dans la première enfance.

Mais enfin, dira-t-on, quand cette navigation pourroit réussir jusqu'à un certain point, de

quel usage fera-t-elle ? Ne préférera-t-on pas toujours de voyager par terre ou par eau, & ne doit-on pas par cette raison regarder les Machines aérostatiques comme une invention ingénieuse & amusante plutôt que comme une découverte qui puisse jamais être véritablement utile ?

Je répons que je pense en effet que les transports par terre & par eau auront communément la préférence sur les transports par le moyen des Machines aérostatiques dans l'usage ordinaire de la vie, par la raison que la voie de la terre fera toujours en général la plus sûre, & que l'eau étant à cause de sa pesanteur, capable de soutenir de grands poids sans qu'il soit nécessaire d'employer aucune Machine, les transports par son moyen seront moins embarrassans ; mais je suis malgré cela fort éloigné de penser que même sous ce rapport l'invention des Machines aérostatiques puisse être regardée comme indifférente ou inutile.

On ne peut jamais prévoir au moment qu'une découverte vient d'éclorre, ni tous les usages auxquels on pourra un jour l'appliquer (1), ni à quel degré de perfection elle

(1) Il y a quarante ans, quand tout ce qu'on con-

pourra être portée ; & celle-ci s'annonce d'une manière trop brillante & trop imposante, pour ne pas engager tous les amateurs des sciences à réunir leurs efforts pour la perfectionner.

Qui peut apprécier de quoi la réunion d'un grand nombre de bons esprits est capable, & comment en conséquence assurer dans un tems plus ou moins éloigné, cette manière de transporter des hommes & des fardeaux, ne deviendra pas assez sûre & assez facile pour mériter en quelques rencontres la préférence même sur le transport par terre ?

Je suppose qu'on eût à traverser des déserts arides, dans lesquels on eût à craindre de voir périr ses bêtes de somme, & par conséquent de manquer d'eau & des autres choses nécessaires ; ou bien supposons que dans les déserts qu'on auroit à traverser, on eût à appréhender d'être enseveli sous des monceaux de

---

noissoit de l'électricité se réduisoit à savoir, qu'en frottant avec beaucoup de peine & de fatigue un tube de verre, il devenoit, par ce moyen, capable d'attirer des corps très-légers ; qui auroit pu prévoir qu'elle serviroit à préserver du tonnerre & à guérir l'épilepsie ? & qui peut encore soupçonner toutes les autres applications qu'on pourra faire de cet agent invisible répandu dans toute la nature ?

table que le vent transporterait, dans ces deux occasions & dans d'autres semblables, il est sûr que le transport des hommes & des fardeaux, par le moyen des Machines aérostatiques, pour peu qu'il eût acquis quelque degré de perfection, seroit préférable à des transports par terre aussi dangereux.

On sent encore qu'à mesure que l'usage des Machines aérostatiques se perfectionneroit, & selon le degré de perfection qu'il pourroit atteindre, il devroit suppléer des transports par terre de moins en moins dangereux, & qui ne seroient même que très-embarrassans & très-difficiles. Si dans quelque voyage extraordinaire on étoit obligé de passer par des pays où la peste fit de grands ravages, ou par des contrées dont les habitans fussent féroces & intractables, un degré de perfection de plus dans les transports par le moyen des Machines aérostatiques les feroit encore préférer; elles pourroient même un jour se perfectionner au point de servir de moyen de communication entre des peuples voisins qui seroient séparés par quelque chaîne de montagnes si escarpées qu'elles les priveroient malgré leur proximité, de tout autre moyen de commercer entr'eux. Enfin, il me paroît si impossible d'assigner les bornes de l'industrie humaine, & les différens

genres aussi bien que les différens degrés d'utilité qu'on pourra tirer d'une nouvelle découverte, que ces spéculations me semblent absolument indéterminées, & pouvoir fournir la carrière la plus vaste à l'imagination la plus fertile en projets & en conjectures (1).

Au reste, quand on voudroit supposer que jamais ces Machines ne seront employées à des voyages ordinaires, au moins ne peut-on guère douter que tous les physiciens curieux ne deviennent bientôt d'ardens navigateurs de ce nouvel élément, & ne s'empressent de faire usage de ces Machines, par le moyen seul desquelles ils peuvent acquérir tant de nouvelles connoissances.

Peut-on prévoir en effet de combien d'expériences & de découvertes ces Machines seront les instrumens? quelles lumières elles pourront donner sur le baromètre, le thermomètre, l'hygromètre, & sur-tout sur l'électricité? combien elles pourront nous éclairer sur la formation, la suspension & la résolution des nuages, ainsi que sur les causes de la grêle, de la neige, & de tous les phénomènes dont l'air est le théâtre.

---

(1) On pourroit dans la guerre faire usage de ces Machines en mille occasions, mais sur-tout pour faire passer au Gouverneur d'une place assiégée, quelques avis importans.

Il seroit sans doute impossible d'apprécier les progrès que la physique a droit d'en attendre. Elles seules peuvent nous apprendre, si à même hauteur l'air qu'on respire sur les hautes montagnes est semblable à celui qui en est éloigné ; enfin elles seules peuvent nous faire connoître les vents supérieurs, leurs forces, leurs directions, leurs périodes & l'étendue des zones qu'ils occupent, ainsi que celle des zones tranquilles qui séparent ceux qui, étant les uns au-dessus des autres, ont des directions différentes ; & ces connoissances pourront nous mener à concevoir les causes des vents inférieurs qu'il nous est si important de ne pas ignorer.

Encore une fois, quand il seroit vrai qu'on dût toujours préférer de voyager par terre ou par eau à l'usage de ces Machines, au moins quand la terre & l'eau nous refusent tout passage, l'air ne doit-il pas alors être notre ressource, & nous en fournir un lui-même, puisque nous savons maintenant le moyen de l'employer à cet usage ?

Si l'on est curieux de connoître toutes les parties du globe que nous habitons, & d'atteindre jusqu'à la cime de ces montagnes absolument inaccessibles, sur le sommet desquelles depuis leur première formation jamais la trace d'un pas humain n'a été imprimée ;

si nous voulons savoir de quelles substances elles sont composées, & jouir des phénomènes qu'un aspect si neuf peut nous présenter ; si, portant notre ambition encore plus loin, & partant du sommet des plus hautes montagnes, nous voulons nous élever jusques dans ces régions sublimes où la nature sembloit nous avoir défendu de pénétrer ; si nous voulons connoître quels progrès y fait le décroissement de la pesanteur de l'air, & fixer même les limites de l'air respirable, quel obstacle pourra maintenant nous en empêcher ? & ces nouvelles Machines ne nous fournissent-elles pas un moyen d'exécuter aujourd'hui des choses de la possibilité desquelles, il y a trois mois, personne au monde ne pouvoit concevoir l'idée ?

Qui fait même ce que l'audace de l'homme peut entreprendre, & les difficultés qu'il lui fera toujours impossible de surmonter.

Parmi les voyageurs qui ont tenté le passage par le nord, ou qui ont voulu aller jusqu'au pôle, & qui se sont vus arrêtés par les glaces, n'y en a-t-il pas eu qui ont projeté de faire des bâtimens qui pussent voguer sur la glace même, & d'autres qui ont proposé de faire de petits bateaux qu'on pût traîner sur les glaces, & sur lesquels on pût aussi s'embarquer

pour traverser chaque espace que la mer laisseroit de libre ?

S'il s'est trouvé des hommes assez téméraires pour former de semblables projets, pourquoi ne s'en trouveroit-il pas un assez hardi pour oser passer par-dessus les glaces, porté par une Machine aérostatique, & tenter ainsi de pénétrer jusqu'à ce point du globe si inconnu, & pourtant si curieux, où tous les mouvemens célestes doivent se montrer sous des apparences si différentes de celles sous lesquelles nous les voyons, & où tous les phénomènes de l'aimant doivent cesser ou prendre des formes si nouvelles ? Il n'y a pas 400 lieues à faire pour aller au pôle, & pour en revenir, en partant du point où les glaces nous arrêtent ; un vent favorable pourroit donc y conduire & en ramener en deux jours, & si dans ces climats il existoit deux courans d'air l'un au-dessus de l'autre, dont l'un portât vers le pôle, & dont l'autre eût une direction opposée, où seroit l'impossibilité de voir un jour réussir une tentative qui paroît au premier coup-d'œil aussi chimérique (1) ?

---

(1) D'après l'expérience tirée du mémoire du docteur Franklin, déjà cité, il est en effet très-vraisemblable qu'il existe un courant d'air supérieur, allant de l'équateur au

Quel

Quel que soit, au reste, le sort de ce dernier projet dont le succès très-douteux peut à peine être entrevu dans un avenir très-éloigné, il est certain qu'outre les services infinis que ces Machines peuvent rendre à la physique, elles peuvent encore fournir les secours les plus puissans & les plus précieux à la mécanique ; & c'est ici que je sens combien je dois d'excuses à MM. de Montgolfier de n'avoir pu, dans mon exergue, exprimer toute l'importance de leur découverte.

S'il s'agit, par exemple, de relever un bâtiment échoué sur la côte, ou même d'en retirer du fond de la mer un qui auroit été submergé, de quel usage de grandes Machines aérostatiques ne seroient-elles pas en pareil cas ? Si l'on ne jugeoit pas à propos de les employer seules, combien, sans gêner aucune manœuvre, n'aideroient-elles pas les autres moyens dont on fait ordinairement usage dans ces occasions, & combien n'ajouteroient-elles pas à leur efficacité (1) ?

---

pôle, & un inférieur allant du pôle à l'équateur. De plus, il y a certainement un flux & un reflux dans l'air ainsi que dans la mer, & par conséquent un mouvement alternatif du pôle à l'équateur & de l'équateur au pôle.

(1) Quelqu'un, dont j'ignore le nom, a imaginé une autre application des Machines aérostatiques. Il suppose

R

C'est en de pareilles circonstances qu'on sentiroit le mérite du gaz de MM. de Montgolfier, puisque lui seul peut délivrer de l'embarras d'amener toutes remplies les grandes Machines dont on voudroit se servir, sur la place où il faudroit opérer. La promptitude avec laquelle on le produit, & le peu de frais qu'il coûte, le rendent propre à être employé sur-le-champ dans tous les endroits où l'on peut en avoir besoin, & sa force est telle, & la facilité avec laquelle on le répare, est si grande, que quand même les Machines dont

qu'on voulût donner un avis, par la voie de la mer, le plus promptement possible, & qu'on dépêchât à cet effet un bâtiment très-léger. Il propose de faire soutenir une partie considérable du poids de ce bâtiment par une Machine aérostatique; & il pense qu'alors le bâtiment tirant beaucoup moins d'eau, éprouvant ainsi une bien moindre résistance de la part de ce fluide, seroit susceptible d'une vitesse beaucoup plus grande. Cette idée est sans doute ingénieuse; je ne sais cependant si la Machine aérostatique ne pourroit pas contrarier l'effet de la voilure; mais si en changeant la forme de plusieurs Machines aérostatiques, on pouvoit les faire servir elles-mêmes de voiles, alors on ne laisseroit entrer dans l'eau que la partie du bâtiment nécessaire pour lui donner un point d'appui assez solide pour qu'il pût manœuvrer de pareilles voiles, & on rendroit ce bâtiment capable de marcher avec la plus grande vitesse qu'on puisse obtenir sur la mer.

on se serviroit seroient trop considérables pour pouvoir être conduites entières sur le lieu où elles seroient nécessaires, on pourroit les amener par parties, les rejoindre grossièrement, à la hâte, avec des agrafes ou des boutonières, & être sûr qu'animées par ce gaz elles seroient encore en cet état un effet prodigieux.

On sait combien il est mal-aisé d'employer verticalement de très-grandes forces. On connoît les peines & les dépenses que coûta l'obélisque du Vatican, quand on voulut le relever & le poser sur son pied; & la célébrité que l'exécution de cette entreprise donna à l'artiste qui en avoit été chargé, est une preuve de l'extrême difficulté dont on la croyoit. Combien une grande Machine aérostatique bien dirigée, n'auroit-elle pas abrégé ce travail, & combien ce qui est si difficile sans leur secours, paroît-il simple par leur moyen!

Mais si la mécanique trouve tant de difficultés à employer verticalement de très-grandes forces, quand il faut les employer à de très-grandes hauteurs, c'est alors qu'elle avoue toute son impuissance. Les voyageurs ne peuvent s'empêcher de témoigner leur étonnement & leur admiration à la vue des grandes pierres qu'on trouve vers le haut des pyramides, & les artistes eux-mêmes conviennent

qu'ils ont peine à concevoir par quels moyens les Egyptiens ont pu porter des grandes masses à une telle élévation. Cependant si les Egyptiens avoient connu l'usage des Machines aérostatiques perfectionnées, quelle auroit été la difficulté de cette entreprise? Combien de pierres aussi pesantes que celles des pyramides une seule grande Machine aérostatique n'élèveroit-elle pas à-la-fois? & quelle comparaison peut-on faire entre la hauteur des pyramides & celle à laquelle peut s'élever une Machine aérostatique, puisque, à en juger par les expériences que nous connoissons, la Machine de Versailles, celle des trois qui s'est élevée le moins haut, & qui, avant de commencer à monter, avoit à sa partie supérieure une fente longue de sept pieds, s'est cependant portée à une élévation triple de celle de la plus haute des pyramides.

Au reste, quelque nombreuses & quelque intéressantes que soient les applications qu'on pourra faire des Machines aérostatiques aux sciences & aux arts, ce n'est point par les usages seuls auxquels on pourra employer ces Machines, que la découverte de MM. de Montgolfier me paroît importante; & les avantages qu'on pourra tirer quelque jour du gaz qu'ils ont imaginé, sont peut-être encore plus étonnans.

Enfin, sous quelques rapports qu'on la considère, l'expérience d'Annonay me paroît être une de ces expériences fondamentales qui restent à jamais gravées dans la mémoire des hommes, & méritent de faire époque dans l'histoire des connoissances humaines. Loin donc de la regarder comme un simple amusement, ou d'en faire un sujet de plaisanteries puéres, il me semble que c'est plutôt avec une reconnoissance respectueuse que nous devrions recevoir une découverte qui promet aux hommes tant de connoissances nouvelles & des secours aussi puissans, qui est digne par sa beauté d'exciter une noble jalousie chez nos rivaux, & qui fait autant d'honneur à la nation dans le sein de laquelle ses auteurs ont pris naissance.



## L E T T R E

De M. BOURGEOIS, à M. FAUJAS DE  
SAINT-FOND (1).

J'AI l'honneur, Monsieur, de vous envoyer mes observations sur le Ballon du Champ de Mars.

*Dimensions du Ballon.*

Diamètre. . . . . 12 p^h 2 p^o.  
Circonférence. . . 38 p^h 3 p^o. 8 lⁱ, &c.  
Air circulaire. . . 16 p^h 3 p^o. 1 lⁱ 6 p^{oi}. quar., &c.  
Superficie. . . 465 p^h 0 . . . 6 lⁱ 2 p^{oi}. quar., &c.  
Solide. . . . . 943 p^h 0 . . 6 lⁱ. cub., &c.

L'air déplacé par le solide, étant évalué sur le baromètre, qui marquoit au moment du départ du Ballon, 28 pouces 1  $\frac{1}{2}$  lig. produisant

(1) M. David Bourgeois joint à la plus grande modestie, des connoissances distinguées en géométrie & en littérature ; il s'occupe, dans ce moment, à compiler à la bibliothèque du Roi, les manuscrits & livres anciens, grecs, latins, italiens, françois, espagnols, &c., où il est question de différens arts curieux, connus par les anciens. L'on trouvera, dans l'ouvrage qu'il se propose de publier à ce sujet, tout ce qui a été écrit sur l'art de voler ; sur celui de construire des automates, &c.

782 grains le pied cube, auroit pesé 80 liv. 1 once, 4 gros, 27 grains, si le Ballon avoit été rempli entièrement. Il ne l'a pas été, & il ne devoit pas l'être. Une circonstance imprévue a privé d'employer les moyens qui auroient pu donner une approximation satisfaisante du vuide. Il a été présumé de  $\frac{1}{2}$ , de  $\frac{1}{10}$ , ou de  $\frac{1}{12}$ .

Cette incertitude oblige de faire trois suppositions pour l'évaluation de l'air déplacé & celle de l'air inflammable ; car l'augmentation du vuide diminue le déplacement. On le considérera donc égal à 74, ou à 72, ou à 70.

La force d'ascension du Ballon étoit, lorsqu'il a été livré à l'air, de 35 liv. Elle étoit conséquemment à l'air déplacé dans le rapport de 35 à 74, ou de 35 à 72, ou de 1 à 2.

La détermination de la légèreté de l'air inflammable est soumise à ces trois suppositions, dans cette forme :

Poids du Ballon vuide 25, ou 25, ou 25 liv.

Force d'ascension. . . 35 . . . 35 . . . 35

Poids de l'air inflammable contenu dans

le Ballon . . . . . 14 . . . 12 . . . 10 liv.

Air déplacé . . . . . 74, ou 72, ou 70 liv.

L'air inflammable aura donc été à l'air atmosphérique, dans le rapport de 1 à  $5\frac{2}{7}$ , ou de 1 à 6, ou de 1 à 7.

La faute commise par l'introussion de l'air atmosphérique dans le Ballon avant son départ, ne dérange point ces apperçus ; car, en déplaçant extérieurement cet air, il le remplaçoit intérieurement. [Il y caufoit une compression nuisible à l'enveloppe du Ballon sans y produire aucun bon effet.

Il n'en est pas de même d'une autre faute commise en introduisant dans le Ballon une trop grande quantité d'air inflammable ; elle a eu son effet en accélérant l'ascension, sans rien ajouter à la preuve qu'on vouloit obtenir de la découverte de MM. de Montgolfier, qui étoit le but unique de cette première expérience ; mais elle a nui en rendant les observations de cette ascension plus difficiles à apprécier. Elle a enlevé trop tôt le Ballon aux yeux des Spectateurs, qui en auroient joui par l'événement du tems, depuis l'instant du départ jusqu'à celui de la seconde disparition, parce que le nuage chargé de pluie qui l'a couvert momentanément, auroit été porté plus loin dans l'intervalle de l'élévation moins prompte, & le Ballon seroit entré plus tard dans le dernier nuage. Cette introduction trop outrée d'air inflammable a eu encore l'inconvénient d'augmenter le degré de force expansive de cet air qui, n'ayant plus que très-peu

de réaction sur lui-même, s'est porté avec violence contre les parois du Ballon, & s'y est pratiqué une ouverture.

Sans ces deux fautes, & en se bornant à une force d'ascension de 24 liv., la liberté de la réaction dans le Ballon auroit été de  $\frac{1}{3}$ , & l'air déplacé réduit à 54 liv., la force d'ascension auroit été à cet air dans le rapport de 4 à 9. Le Ballon auroit pu s'élever dans cette supposition à 2200 toises environ, & dans l'état forcé où il a été mis, si la fracture n'a été produite qu'après sa plus haute ascension, elle aura pu être à 2500, ou à 2600 toises.

Le calcul de ces élévations est conjectural & point positif. La connoissance de l'augmentation de la raréfaction de l'atmosphère dans la progression de son éloignement de la terre, de même que de toutes les circonstances qui peuvent y causer des variations, est imparfaite.

Les Ballons aérostatiques nous procureront de meilleures instructions. On ne pouvoit avant leur découverte, pénétrer l'atmosphère qu'en gravissant les hautes montagnes ; les vapeurs s'y élèvent encore, quoiqu'en quantité moindre, & ces vapeurs apportent plus ou moins de différence à l'état vrai de l'air libre suivant la nature du sol dont elles émanent.

Il ne faut pas omettre d'observer encore

que les points auxquels les élévations sont évaluées ci-dessus, sont ceux où l'équilibre est présumé s'établir entre la pesanteur du Ballon & celle de l'air environnant. Or, il est probable qu'il aura pu s'élever plus haut, parce qu'il aura eu dans ce moment-là une force de vibration qui l'y aura lancé. Faudra-t-il appliquer ici les loix de la chute des corps graves, quoique la raison de l'ascension étant produite par la différence des pesanteurs spécifiques & réciproques, & diminuée par la résistance de l'air, cette raison décroisse de plus en plus à mesure que le corps léger s'approche du lieu de l'équilibre? Que restera-t-il de force, lorsque cette raison décroissante sera éteinte? Quel espace ce reste fera-t-il parcourir, étant combattu par une double raison de légèreté & de résistance croissante, qui déprimera le corps ascendant, & le fera retomber au-dessous de l'équilibre? Ce jeu des oscillations se répétera sans doute un grand nombre de fois, & le spectacle en sera très-intéressant étant observé avec le télescope, ou avec de bonnes lunettes.

Je suis, &c.

DAVID BOURGEOIS,

*P.S.* Je viens d'avoir en communication la lettre de M. de Meusnier. Il répond avec beaucoup de sagacité, à plusieurs questions qui terminent mes observations. Nous différons dans quelques résultats, par deux causes; 1°. la pesanteur de l'air. J'ai suivi, pour sa détermination, les rapports que les meilleures expériences connues m'indiquoient, en les conciliant par une approximation moyenne, au lieu que M. de Meusnier a fait de cet objet une question particulière, dont la solution l'a conduit à rectifier les anciennes évaluations. 2°. Il n'a pas tenu compte du vuide resté dans le Ballon; je suis cependant très-certain de son existence. M. de Meusnier a droit d'ailleurs aux éloges les mieux mérités, pour l'exactitude, la précision & l'élégance de ses calculs.



---



---

## E X P É R I E N C E S

*Faites à Paris, rue de Montreuil, Fauxbourg Saint-Antoine, le 19 Octobre 1783, avec une Machine aérostatique, qui s'est élevée avec deux hommes, à la hauteur de 324 pieds.*

QUOIQUE l'expérience de Versailles eût été très-satisfaisante, comme la Machine dont on se servit fut déchirée, par l'effort du gaz, dans la partie supérieure, ce qui l'empêcha de s'élever à la hauteur où elle auroit dû parvenir; M. de Montgolfier résolut d'en faire construire une seconde plus grande & beaucoup plus solide, & avec laquelle il se proposa de faire des essais propres à perfectionner une découverte dans laquelle l'on ne pouvoit avancer que lentement & par progression.

L'on prit tout le tems & toutes les précautions nécessaires pour la construction de cette Machine, & le 10 du mois d'octobre, elle fut entièrement finie.

Sa forme étoit ovale, sa hauteur de 70 pieds, son diamètre de 46, & sa capacité de 60000 pieds cubes; la partie supérieure entourée de fleurs-de-lis, étoit ornée des douze signes du

zodiaque en couleur d'or, le milieu portoit les chiffres du Roi, entremêlés de soleils, & le bas étoit garni de mascarons, de guirlandes & d'aigles à ailes déployées, qui paroissoient supporter en volant cette superbe Machine à fond d'azur.

Une galerie circulaire construite en osier, & revêtue en toiles, sur lesquelles on avoit peint des draperies & d'autres ornemens, étoit attachée par une multitude de cordes au bas de la Machine; elle avoit environ trois pieds de largeur; il y régnoit de droite & de gauche une balustrade de 3 pieds & demi de hauteur. Cette galerie ne gênoit ni n'interrompoit en aucune manière l'ouverture d'environ quinze pieds de diamètre qui étoit au bas de la Machine, elle lui servoit au contraire de prolongement, & c'étoit au milieu de cette ouverture qu'on avoit placé un réchaud en fil de fer suspendu par des chaînes, au moyen duquel les personnes qui étoient dans la galerie avec des approvisionnemens de paille, avoient la facilité de développer du gaz à volonté. La planche VIII donne une idée beaucoup plus exacte de cet appareil, que tout ce que je pourrois en dire ici.

Cette Machine telle que je viens de la décrire, pesoit au moins seize cens livres,

L'on avoit eu soin d'avertir le Public dans le Journal de Paris, du 11 octobre, que les expériences qu'on se propoisoit de faire, regardoient essentiellement les savans, & que plus elles pouvoient être intéressantes pour la physique, moins elles devoient amuser les personnes que la simple curiosité y attireroit.

Cette précaution avoit paru nécessaire pour se soustraire à l'empressement général, avant qu'on eût pu obtenir quelques résultats satisfaisans. Il étoit prudent & utile dans une occasion pareille, de procéder tranquillement & sans trouble avec des gens exercés dans l'art des expériences, car celle-ci devoit naturellement présenter des difficultés. L'on sait que lorsqu'on n'est point gêné par l'inquiétude du succès qui dépend souvent de la plus légère circonstance, l'on travaille avec bien plus de confiance; chacun aide de ses conseils, & tout le monde étant coopérateur, l'intérêt devient général; &, loin de porter alors un œil critique sur les opérations, l'on met une espèce d'amour-propre à les voir réussir.

Mais cette sage résolution ne put avoir lieu que jusqu'à un certain point; dans une ville telle que Paris, où une multitude de considérations ne permettent pas toujours d'exécuter ce qu'on se propose de faire.

Dès qu'on fut donc qu'il étoit question d'expériences, l'on accourut de toute part; & comme l'on ne put d'abord refuser l'entrée à des personnes de haute considération qui se présentèrent, beaucoup d'autres mirent en œuvre bien des moyens pour être admises; & des essais qu'on avoit résolu de ne faire qu'en comité, devinrent presque sur-le-champ des expériences solennelles.

Le mercredi 15 octobre, M. Pilatre de Rozier, qui a donné dans plusieurs occasions des preuves de l'intelligence & du courage qu'il porte dans des expériences hardies où il n'a pas craint souvent d'exposer sa vie, ayant déjà fait quelques essais terre à terre avec la Machine aérostatique, désira ardemment qu'on l'enlevât, s'il étoit possible, à une grande hauteur: il se plaça pour cet objet dans la galerie. La Machine fut gonflée, elle partit en conservant le plus parfait équilibre, & s'éleva jusqu'à la longueur des cordes qu'on y avoit attachées pour la retenir; c'est-à-dire jusqu'à 80 pieds de hauteur, & elle y resta en station pendant quatre minutes vingt-cinq secondes, sans que M. Pilatre de Rozier éprouvât la plus légère incommodité.

Ce qu'il y eut de très-intéressant dans cette expérience, c'est que l'on fut rassuré sur un

point qui avoit paru inquiéter généralement tout le monde ; c'est-à-dire, sur la manière dont la Machine tomberoit, lorsque le gaz s'affoibliroit ; mais l'on vit clairement, qu'au lieu de tomber, elle descendoit avec lenteur étant toujours tendue, & qu'après avoir touché terre, elle partoit de nouveau & s'élevoit encore à une certaine hauteur, lorsque la personne qui étoit dedans, l'allégeoit en sortant de la galerie.

Le vendredi 17, on répéta les mêmes expériences ; l'empressement de les voir fut tel, que l'affluence du monde étoit extrême ; il étoit difficile de réunir une plus brillante assemblée ; mais un vent contraire qui s'éleva nuisit au succès de ces expériences, & quoique M. Pilatre de Rozier fût enlevé à-peu-près à la même hauteur que le mercredi, la Machine fatiguée par le vent & par la résistance des cordes qui la retenoient, se soutint moins bien, & ne produisit pas un si bel effet que dans l'expérience précédente, & c'est alors qu'on sentit très-bien qu'il eût été à désirer qu'on se fût refusé à l'empressement du public, parce qu'il arrive souvent qu'une expérience vue par des personnes qui y assistent plutôt par objet de curiosité que par motif d'instruction, & qui voudroient que tout tournât à leur amusement,

amusement, & à leur pleine satisfaction, nuit quelquefois aux progrès d'une découverte, parce que le Public ne calcule jamais les peines & les soins de toute espèce qu'elle peut avoir coûtés à celui qui en est l'auteur ; mais heureusement que le Dimanche suivant M. de Montgolfier choisit un beau tems pour faire de nouvelles expériences qui ont constaté de la manière la plus authentique, les progrès graduels, mais rapides de cette Machine, entre les mains de celui qui en étoit l'inventeur.

#### PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Le 19 octobre, à quatre heures & demie, & en présence de plus de deux mille personnes, la Machine dont on avoit diminué la galerie, fut remplie de gaz en cinq minutes, & M. de Rozier étant placé dans la galerie avec un poids de cent livres dans la partie opposée pour faire équilibre, fut enlevé à la hauteur de 200 pieds ; la Machine se soutint six minutes à cette élévation sans feu dans le réchaud.

#### DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

La Machine portant M. Pilatre de Rozier avec le contrepoids de cent livres, le feu étant dans

Le réchaud, fut enlevée à 250 pieds de hauteur, où elle resta en station pendant huit minutes & demie; comme on la retiroit, un vent d'est la porta sur une touffe de très-grands arbres dans un jardin voisin où elle s'embarraffa, sans perdre l'équilibre: l'on renouvela le gaz, & elle se retira elle-même de ce mauvais pas, en s'élevant pompeusement dans l'air au bruit des acclamations publiques. Cette seconde expérience fut très-instructive; l'on n'avoit pas manqué de dire que si jamais une telle Machine tomboit sur une forêt, elle seroit détruite, & feroit courir les plus grands dangers à ceux qui seroient dedans; cet exemple prouva que la Machine ne tombe pas, mais qu'elle descend; qu'elle ne se renverse pas; qu'elle ne se détruit pas sur les arbres; qu'elle ne fait périr ni souffrir les voyageurs qu'elle porte; qu'au contraire ces derniers, en produisant du nouveau gaz, lui donnent les moyens de se tirer d'embaras, & qu'elle peut reprendre sa route malgré un événement pareil.

M. de Rozier donna encore un exemple de la facilité qu'il y a de descendre & de remonter à volonté; car la Machine étant parvenue à plus de 200 pieds, elle descendit lentement; & comme elle approchoit de terre, M. de Rozier produisit très-adroitement &

très-à-propos du gaz, & elle repartit subitement pour regagner sa première place.

#### TROISIÈME EXPÉRIENCE.

La Machine partit avec M. de Rozier & un compagnon de voyage, *M. Giroud de Villelte*; & comme l'on avoit allongé les cordes, elle s'éleva jusqu'à la hauteur de 324 pieds, & elle y resta dans le plus parfait équilibre au moins neuf minutes; c'étoit un spectacle bien extraordinaire que celui de voir pour la première fois des hommes portés à cette élévation, & s'y soutenir sans danger & sans inquiétude.

La Machine étoit d'un superbe effet à cette hauteur; elle dominoit sur Paris, & elle étoit vue de tous les environs; sa grandeur ne paroissoit pas avoir diminué aux yeux des spectateurs placés dans le lieu où se faisoit l'expérience; mais les hommes étoient à peine visibles: l'on distinguoit avec des lunettes M. de Rozier occupé à produire du gaz avec autant d'intelligence que d'ardeur.

Lorsque la Machine fut redescendue, ces Messieurs assurèrent qu'ils n'avoient pas éprouvé la plus légère incommodité; ils reçurent les justes applaudissemens que leur zèle & leur

courage leur avoit mérités ; & M. le *marquis d'Arlandes*, major d'infanterie, prit ensuite la place de M. *Giroud de Villette*, & fut enlevé avec M. *Pilatre de Rozier*. Cette dernière expérience eut le même succès que la précédente : il est certain que si la Machine n'eût pas été retenue, elle auroit été portée au moins à douze cens toises d'élévation.

Voilà donc des faits à l'abri de toute critique, qui prouvent que des hommes peuvent être enlevés à une assez grande hauteur sans danger, par un moyen inconnu jusqu'alors, & qui constatent les succès progressifs des expériences faites par M. de *Montgolfier*; c'est là sans doute la meilleure réponse qu'on puisse faire aux détracteurs de cette étonnante Machine, dont la perfection sera peut-être portée au-delà de nos espérances, si quelques jours des souverains veulent s'en occuper beaucoup plus en grand, & sur tout s'ils mettent de la confiance dans leurs recherches; & s'ils ne se laissent pas rebuter par les difficultés qu'il faudra vaincre avant de parvenir à la manoeuvrer à volonté. Il faut faire attention sur-tout qu'il y a bien moins loin de la Machine aérostatique actuelle qui porte dans ce moment des hommes, à une Machine qui en porteroit un grand nombre, qu'il y en a du simple canot

d'un sauvage, à un vaisseau de cent pièces de canons qui se joue de l'effort des vagues, & qui peut traverser impunément les mers en voyageant d'un pôle à l'autre.

---

## L E T T R E

*De M. DE MONTGOLFIER à M. FAUJAS  
DE SAINT-FOND.*

Paris, le 20 Octobre 1783.

MONSIEUR, il me semble vous avoir entendu projeter de donner au Journal un précis des expériences que j'ai faites la semaine dernière. Une observation qui sans doute, ne vous a pas échappé, mais qui a besoin d'être présentée à la plupart des personnes qui ne jugent que d'après leurs yeux, est que dans les expériences précédentes, sur-tout celle du vendredi, il faisoit un peu de vent, ce qui obligeoit de contenir la Machine avec des cordages pour qu'elle ne dérivât pas dans les jardins voisins ou sur les maisons. Il en résul-  
toit que les cordes devoient faire un angle avec l'horizon, tel que la hauteur perpendiculaire de la Machine fût à l'éloignement des hommes qui tenoient les cordages, com-

me la tendance de la Machine à monter est à l'impression que le vent faisoit sur elle ; & comme les cordes ont presque toujours fait un angle de 45 degrés avec l'horizon, il suit qu'environ les  $\frac{2}{10}$  de la force du vent étoient employés à repouffer la Machine en bas. Cet effet devenoit encore plus sensible lorsqu'on tiroit les cordages pour ramener la Machine verticalement au-dessus de la partie libre du jardin. Les  $\frac{2}{10}$  de la force qu'on employoit à la tirer, réagissoient pour la faire descendre, en sorte que cet effort étant au moins de 5 à 600 livres, il en a dû résulter une surcharge de 350 à 400, qui n'eût pas eu lieu si la Machine eût été en liberté.

Ainsi, c'est autant à la tranquillité de l'air, qu'à l'allégement de 100 que j'ai procuré à la Machine, qu'on doit attribuer le plein succès de l'expérience d'hier, & je vous avoue que je n'eusse pas espéré qu'en si peu de tems on pût se rendre assez maître de la production du gaz pour venir raser la terre, & de là se relever sans y toucher, ainsi que M. de Rozier en est venu à bout deux fois de suite.




---

LA lettre de M. *Giroud de Villette*, compagnon de voyage de M. de Rozier, renfermant quelques détails intéressans, j'ai cru qu'elle devoit trouver place ici.

---

### L E T T R E

De M. GIROUD DE VILLETTE, aux  
Auteurs du Journal de Paris.

Du 28 Octobre 1784.

MESSIEURS, hier 19 du courant, en qualité d'adjoint de la manufacture royale de M. Réveillon, j'ai obtenu de ces Messieurs la permission de monter dans la partie du panier opposée à celle où étoit M. Pilatre de Rozier, pour lui servir de contre-poids ; je me suis trouvé presque dans l'intervalle d'un quart de minute, élevé de quatre cens pieds de terre, suivant le rapport qu'on m'en a fait ; nous restâmes dans cette position dix minutes. Mon premier soin, Messieurs, fut d'admirer, à la faveur d'un trou large de quatre pouces, le physicien intelligent que j'avois l'honneur d'accompagner ; son courage, son

Siv

agilité, ses talens à bien manœuvrer & conduire son feu m'enchantèrent. En me retournant je distinguai les boulevards depuis la porte Saint-Antoine jusqu'à celle Saint-Martin, tout couverts de monde, qui me paroissoit former une plate-bande allongée de fleurs variées. La rue Saint-Antoine, les jardins qui nous environnoient me représentoient la même chose; ensuite voulant m'occuper du sujet qui m'avoit engagé à faire ce voyage, je promenai ma vue dans le lointain; d'abord je vis la butte Montmartre, qui me sembloit être de moitié plus basse que notre niveau; je découvris facilement Neuilli, Saint-Cloud, Sève, Issy, Ivry, Charenton, Choisy, & peut-être Corbeil que le léger brouillard m'a empêché de distinguer; dès l'instant je fus convaincu que cette Machine peu dispendieuse, seroit très-utile dans une armée pour découvrir la position de celle de son ennemi, ses manœuvres, ses marches, ses dispositions, & les annoncer par des signaux aux troupes alliées de la Machine. Je crois qu'en mer, il est également possible, avec des précautions, de se servir de cette Machine. Voilà, Messieurs, une utilité incontestable, que le tems nous perfectionnera; tout mon regret est de n'avoir pas pensé à me munir d'une lunette d'approche.

M. SAGE ayant bien voulu me communiquer une lettre qui vient de lui être adressée de S. Pétersbourg par un savant, que le grand-duc de Russie a chargé de répéter l'expérience de M. de Montgolfier, j'ai cru que cette lettre seroit accueillie avec d'autant plus d'intérêt, qu'elle nous apprend qu'un prince distingué par ses connoissances daigne s'en occuper, & que le célèbre Léonard Euler, que la mort vient d'enlever aux sciences, avoit senti le mérite de cette découverte, & en avoit fait l'objet de ses derniers calculs.

### L E T T R E

*Ecritte de S. Pétersbourg, par M. ROME,  
à M. SAGE, de l'Académie Royale des  
Sciences.*

A S. Pétersbourg, ce 4 Octobre 1783.

Monsieur, j'ai eu l'honneur de vous écrire dernièrement au sujet du Globe aérostatique de M. de Montgolfier; c'est pour le même objet que je vous écris encore aujourd'hui. Cette expérience d'une simplicité dont tout le monde saisit le principe, & dont le résultat est des plus étonnant, méritoit l'accueil

le plus général. Ici toutes les bonnes têtes s'en occupent. Le fameux géomètre Léonard Euler en a fait l'objet de ses derniers calculs ; il y a vu un beau problème de mécanique à résoudre, & il a trouvé qu'un grand Globe de 100 pieds devoit s'élever avec une vitesse de 41 pieds par secondes. En attendant que les physiciens en fassent des applications utiles, on s'empresse de toutes parts de répéter l'expérience d'Annonay ; Monseigneur le grand-duc a le plus vif désir qu'elle se fasse sous ses yeux. Je suis chargé de m'en occuper, mais j'avoue que pour l'entreprendre, il me faut des renseignemens plus étendus & plus fidèles, que ceux que donnent les feuilles publiques qui sont remplies d'inexactitudes monstrueuses.

Je m'adresse à vous, Monsieur, pour avoir des détails qui m'éclaireront sur tout ce qui regarde la construction & la manipulation de ce Ballon. Votre zèle à répandre tout ce qui mérite de l'être, me répond de l'accueil que vous accorderez à mes questions, auxquelles je vous prie d'intéresser, par vos recommandations, M. Faujas de Saint-Fond, & ceux de Messieurs vos confrères qui voudront bien donner de pareils détails sur le Globe de 70 pieds. Ce qui m'intrigue le plus, est de savoir comment & de quel corps on s'est pro-

curé une quantité aussi énorme d'air inflammable ; comment on l'a introduit avec le moins de mélange possible, dans le Globe ? Comment a-t-on chassé l'air commun pour lui faire place ? Connoît-on enfin le procédé de dissoudre la gomme élastique ? Je vous demande instamment de me donner sur cet objet, tout ce que vous aurez appris ; & sur-tout d'y joindre vos observations, elles me seront précieuses pour répéter cette expérience. J'ignore aussi si la carcasse est à demeure sous l'enveloppe du Ballon, & si en s'élevant, il doit entraîner avec lui toute cette charpente intérieure : j'ignore les précautions qu'on a prises pour garantir de tout accident, jusqu'à l'instant de l'élévation, ce Globe délicat.

Cette lettre vous sera envoyée par le prince Bariatinski, ministre de Russie à Paris. La célérité est une des demandes les plus essentielles. Je vous prie d'y avoir égard, autant que vous le permettront vos nombreuses occupations.

S'il existe quelques descriptions imprimées de cette expérience, je vous prie de l'indiquer à ceux de mes amis à Paris, qui vous iront voir pour cet objet, & que je recommande à vos bontés.



L E T T R E

De M. PILATRE DE ROZIER, Chef du premier Musée autorisé par le Gouvernement, sous la protection de MONSIEUR & de MADAME, à M. FAUJAS DE SAINT-FOND.

Monsieur, consulté à chaque instant sur le prix & les proportions d'une Machine aérostatique, je prends le parti de vous adresser des observations qui deviendront, peut-être, de quelque utilité aux Amateurs qui attendent l'ouvrage intéressant que vous projettez. Heureux, Monsieur, si le désir de répondre à vos vues, peut vous convaincre des sentimens très-distingués, avec lesquels j'ai l'honneur d'être, &c.

PILATRE DE ROZIER,

Au premier Musée, ce 28 Septembre 1783.

C A L C U L

De la quantité de gaz inflammable obtenu par la combinaison du fer avec l'acide vitriolique, & du zinc avec l'acide marin.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Gaz inflammable, dont le poids est à celui de l'air atmosphérique (1), dans le rapport de 7 à 43.

Six onces d'acide vitriolique,	r.	a.
à 66 degrés (2), coûtent..	4	3
Quatre onces de limaille de fer		
extrait à l'aimant.....	I	
Dix-huit onces d'eau distillée, &		
menus frais.....	I	
Ces trois matières mêlées, ont		
fourni un pied cube de gaz.		
La dissolution ayant été aidée		
par la chaleur, a été com-		
plète dans une heure $\frac{1}{4}$ .		
Le prix du pied cube a		
donc coûté à Javelle.....	6	3

(1) Le terme moyen de la pesanteur de l'air atmosphérique, est lorsque le baromètre est à 28 pouces.

(2) L'acide vitriolique, à 66 degrés, est le plus concentré du commerce, à l'aréomètre de M. Baumé.

SECONDE EXPÉRIENCE.

*Gaz inflammable, dont le poids est à celui de l'air atmosphérique, comme 5 : 53.*

	liv.	l.	d.
Six onces de limaille de zinc ..		5	
Six onces d'acide marin, très-concentré .....		7	6
Seize onces d'eau distillée, & menus frais .....		1	
Mêlés ensemble ont produit un pied cube de gaz. La saturation ayant été aidée par la chaleur, a été parfaite dans $\frac{3}{4}$ d'heure. Ce pied cube de gaz inflammable, très-léger, a par conséquent coûté à la manufacture .....		13	6

Les deux expériences que je viens de présenter, étant le résultat exact d'un grand nombre d'essais particuliers, peuvent devenir des termes de comparaison pour des Globes de différens diamètres. Par exemple, si l'on vouloit connoître le prix d'un Globe de 30 pieds de diamètre, ainsi que le poids qu'il pourroit supporter, pour rester en équilibre avec l'air atmosphérique, à 28 pouces.

Circonférence .....	94 ^{pi.}	3 ^{po.}	
Superficie .....	2827 ^{pi. quar.}		
Solidité .....	14137 ^{pi. cub.}		
Le pied cube d'air déplacé, pesant dix gros, lorsque le baromètre est à 28 pouces, fournit en légèreté .....	1104 ^{l.}	7 ^{anc.}	2 ^{gr.}
Dont il faut d'abord déduire le poids de 339 aunes de taffetas, évalué d'après celui de M. Robert, à 6 onces l'aune .....	127	2	
Reste en légèreté .....	977	5	2
En défalquant encore, pour les sangles, cordons, soies & robinet .....	25		
Reste en légèreté .....	952	5	2
Enfin, je suppose le Globe plein de gaz, quoique les $\frac{3}{4}$ fussent, comme je l'ai évalué, à près d'un sixième du poids de l'air commun, qu'il a déplacé; c'est donc encore à soustraire de l'excès de légèreté .....	184	1	1 $\frac{1}{2}$
Il restera donc de légèreté .....	768	4	0 $\frac{1}{2}$

*Prix des matières.*

Trois cens trente-neuf aunes de taffetas $\frac{5}{8}$ gommé à la copale, à double couche, faisant le vuide comme la vessie, à raison de 10 livres l'aune.....	3390 ^l
Cinq aunes pour les coutures 14137 pieds cubes de gaz tiré du fer à 6 s. 3 den. le pied cube.....	50 <hr/> 4417 16 ^l 6 ^d
<i>Total du prix de la Machine...</i>	<hr/> 7857 ^l 16 ^l 6 ^d
Si on employoit le gaz retiré du zinc, le Globe pourroit supporter 78 livres de plus, mais il coûteroit alors 4124 l. 13 s. de plus que le précé- dent Globe; ce qui feroit en tout.....	11982 9 6
Malgré tous les soins qu'on pourroit apporter à l'exécu- tion d'un Globe de cette es- pèce, il perdrait chaque jour au moins 6 liv. de gaz, ce qui feroit une somme de 452 pieds cubes $\frac{56}{452}$ à 6 ^l 3 ^d le pied cube en argent....	141 15 3 D'après

D'après une perte journalière aussi considé-  
rable, on voit l'impossibilité de faire usage du  
gaz inflammable dans les expériences en grand,  
à moins qu'on ne trouve une enveloppe dont  
le tissu soit plus ferré que la vessie & la bau-  
druche qui laisse tamiser les deux espèces de  
gaz, avec une facilité qu'on n'avoit pas encore  
appréciée, avant les dernières expériences de  
M. Faujas de Saint-Fond (1).

---

(1) J'ai supposé la Machine construite & remplie dans  
une manufacture autre que celles de la capitale; sans quoi  
j'aurois tenu compte des droits imposés sur les acides &  
autres matières, qui augmentent de près d'un sixième les  
prix indiqués.



TABLEAU comparatif des principales dimensions des Machines aérostatiques à air inflammable, avec diverses enveloppes, & des poids qu'elles peuvent enlever, en supposant l'air inflammable dans le rapport de 1 à 8.

OBSERVATIONS.

Ces calculs sont faits pour trois especes d'enveloppes; savoir, de peau de chevre pesant 4 onces le pied quarré; de peau de mouton pesant 2 onces 1/2 le pied quarré; & de taffetas enduit pesant 1/4 d'once le pied quarré; il faudra déduire du poids de l'équilibre celui de tout ce qui sera ajouté à l'étoffe des Machines.

Table with 6 columns: Diamètres (pieds), Superficies (pieds), Solides (pieds), Force en peau de chevre (liv.), En peau de mouton (liv.), En taffetas enduit (liv. onces.). Rows range from 5 to 200 feet diameter.

Equilibre des Machines en toile, remplies suivant les procédés de MM. de Montgolfier, en supposant l'air qui y est contenu, moitié moins pesant que l'air atmosphérique, & le poids de l'enveloppe à 2 onces par pied quarré.

Table with 2 columns: Diamètres (pieds) and weight in livres. Rows range from 20 to 200 feet diameter.

DANS l'instant où cet Ouvrage alloit paroître, j'ai reçu les détails curieux d'une expérience faite à Lyon par M. de Montgolfier l'aîné ; je m'empresse de les faire connoître, avec d'autant plus de plaisir, qu'ils présentent un moyen très-ingénieux pour alimenter le feu des Machines aérostatiques. L'on verra d'ailleurs avec intérêt, que la Machine enlevée à Lyon, ayant trouvé dans la région des nuages un vent de nord, suivit pendant quelque tems cette direction ; mais que sa force d'ascension lui ayant permis de traverser ce courant, elle en rencontra un second au-dessus, qui la porta dans un autre sens ; observation qui peut servir à répandre un grand jour sur la navigation aérienne, si l'on parvient jamais à voyager avec les Machines aérostatiques.

Au reste, M. de Montgolfier l'aîné, étant chargé de présider à de nouvelles expériences, qui doivent être faites à Lyon avec une Machine aérostatique de cent pieds de diamètre, il est à présumer qu'on en obtiendra des résultats qui tendront à accélérer de plus en plus les progrès de cette belle découverte. Je m'empresse de faire connoître les détails de cette

expérience, ainsi que de toutes celles qu'on se propose d'exécuter à Paris, à Londres, à Pétersbourg & en Italie ; des correspondans éclairés ont bien voulu me promettre de m'instruire avec exactitude sur tout ce qui sera fait à ce sujet, & je ne perdrai pas un instant moi-même pour en faire jouir le Public, par un supplément qui servira de suite à cet Ouvrage.

## EXPÉRIENCE

*Faite à Lyon, chez M. l'Intendant, par M. DE MONTGOLFIER l'aîné.*

LA Machine enlevée chez M. l'Intendant de Lyon, étoit construite en simple papier ; sa forme étoit celle de deux pyramides quadrangulaires tronquées, réunies par leur base, qui avoit huit pieds de côté ; les sommets tronqués en avoient quatre, & l'axe commun huit, ce qui ne formoit qu'une contenance de 300 pieds cubes tout au plus.

La réunion des bases étoit assujettie par quelques languettes de bois de huit pieds de long, & l'ouverture inférieure par quatre de quatre pieds.

Quatre gros fils de fer, partant des quatre angles de l'ouverture inférieure, se réunissoient

au milieu, pour y supporter un cylindre de fil de fer, d'un pied de long & six pouces de diamètre.

Après avoir chargé la Machine de gaz, par le moyen du feu, le cylindre fut rempli d'un rouleau de trente feuilles de papier imbibées d'une livre d'huile d'olive, auquel on mit le feu.

La Machine, s'élevant avec rapidité, fut portée du côté de la ville; lorsqu'elle eut parcouru environ un quart de lieue dans cette direction, elle se trouva élevée à la hauteur des nuages, & fut chassée comme eux du côté du nord; continuant à s'élever, elle obéit au vent d'est-sud-est qui régnoit dans cette région. On la suivit quelque tems dans cette direction, mais son diamètre apparent étoit devenu si petit, qu'il échappoit à la vue des spectateurs; ceux qui avoient l'œil le plus perçant, la suivirent encore pendant quelques instans, jusqu'à ce qu'ils la perdirent entièrement, 22 minutes après son départ. *Extrait d'une lettre de M. de Montgolfier.*



*Méthode graphique pour couper les fuseaux d'un Globe.*

1°. Soit décrit le demi-cercle  $ABC$  du diamètre du Ballon proposé, *fig. 5, plan. VII.*

2°. Elever du centre  $D$  une perpendiculaire  $DB$ ;

3°. Diviser chacun des arcs  $AB$  &  $BC$  en six parties égales, & par ces points de division, tirer des parallèles au diamètre;

4°. Construire une figure auxiliaire, *fig. 6, pl. VII*, dont la longueur est égale au développement des six parties comprises dans l'arc  $CB$ ;

5°. A chacune des six divisions de cette même figure auxiliaire, tracer des parallèles 1, 2, 3, 4, 5, 6, sur lesquelles les dimensions du fuseau seront rapportées de la manière suivante:

6°. On partage l'arc  $AI$ , *fig. 5*, en deux parties égales, & du point de partage on tire le rayon  $ID$ ; ensuite tous les rayons des parallèles  $G 5, H 4, I 3, K 2, L 1$ , seront portés du point  $D$  comme centre, pour décrire tous les arcs de réduction 5, 4, 3, 2, 1.

7°. On prendra la mesure de chacun de ces arcs de réduction que l'on apportera par ordre sur la figure auxiliaire; c'est-à-dire, que

l'arc 5 sera porté sur la parallèle 6, pour avoir les deux points du fuseau sur cette parallèle; l'arc 4 porté sur la parallèle 4, & ainsi de suite; ce qui détermine les six points de chaque côté de la ligne, qui servent à tracer le fuseau.

L'on prendra un patron en papier ou en carton sur cette dimension, & il servira de modèle pour couper le taffetas ou la toile destinée à former le Globe.

*DESCRIPTION du robinet représenté dans la  
Planche première.*

LA figure 1, Planc. I, offre la coupe verticale du robinet; *A* est le cylindre creux sur lequel on fixoit le goulot du Ballon. Ce cylindre étoit retenu par le colet *BC*.

La boîte *P* est remplie par un cône, ajusté de manière à retenir l'air. Ce cône intérieur a un trou perpendiculaire à son axe, destiné à faire passer l'air de la partie inférieure du robinet à la partie supérieure; communication qui s'intercepte à volonté, en tournant la clef *L*, qui entre dans un trou carré représenté dans la figure 2.

Figure 3, est le même robinet vu de face. Les anneaux 1, 2, 3, servoient à retenir le

Globe avec des cordes, dans le cas où on n'eût pas voulu l'abandonner.

Figure 4, est le plan du colet *BC*.

Figure 5 représente le robinet tout monté, avec la ligature qui l'unissoit au Globe.

La plaque vue en face, *figure 6*, & de profil *figure 7*, étoit fixée à la partie supérieure du Globe, moyennant quatre vis qui entroient dans une autre plaque placée dans l'intérieur. Les deux anneaux qu'on y remarque, servoient à soutenir le Globe, au moyen d'une corde qu'on y avoit placée; & cette corde coulant dans une poulie fixée à une seconde corde transversale, permettoit d'abaisser & de remonter le Globe à volonté, dans le tems qu'on étoit occupé à le remplir. Le cylindre placé entre les deux anneaux, étoit destiné à recevoir une pointe de métal, dans le cas où l'on faisoit eût voulu des expériences relatives à l'électricité.

*DESCRIPTION de la Caisse à air inflammable représentée dans la Planche II.*

CETTE Planche représente la gravure de la Machine imaginée par MM. ROBERT, pour développer promptement une grande quantité

d'air inflammable ; mais l'expérience ayant démontré l'insuffisance de cet appareil, je ne le fais connoître ici que parce que je l'avois fait graver avant qu'on en eût fait usage. Je l'avois à la vérité trouvé beaucoup trop compliqué, mais l'on m'assuroit avec tant de confiance qu'il iroit à souhait, que je ne balançai pas à le faire graver.

Cet appareil pourroit d'ailleurs donner à quelque mécanicien l'idée d'en faire une application plus heureuse, soit en le simplifiant, soit en y faisant des changemens avantageux.

Les cinq tiroirs dont cette Machine est composée, étoient doublés en plomb, pour éviter qu'ils fussent attaqués par l'acide vitriolique ; mais ils étoient beaucoup trop lourds & difficiles à manœuvrer.

Ces tiroirs étant chargés de limaille & d'acide vitriolique, étoient fermés sur-le-champ, & l'on interrompoit toute communication avec l'air extérieur, au moyen d'une coulisse dont la gravure donne la représentation.

L'on avoit la facilité d'interrompre la communication d'un tiroir à l'autre, par l'extérieur, au moyen d'une virole qui faisoit tourner à volonté un ais qui fermoit ou ouvroit le passage à l'air.

Le gaz inflammable étant parvenu au haut de l'appareil, y rencontroit un syphon de plomb à large ouverture, & plein d'eau : l'air se faisant jour par la route qui lui oppoisoit le moins de résistance, devoit traverser l'eau, & de là se rendre par le cylindre extérieur qu'on voit sur la caisse, & qui étoit en verre, dans le robinet qui y étoit adhérent, & de là dans le Globe. L'on avoit construit le cylindre extérieur en verre, afin qu'on eût la facilité de voir quand l'air montoit, ou lorsqu'il cessoit de se développer.

Mais cette Machine dont le premier aperçu étoit assez ingénieux, éprouva de grands inconvéniens ; les tiroirs n'étoient pas assez profonds, la chaleur & l'humidité faisoient travailler les bois, l'air inflammable ne pouvoit pas vaincre la colonne d'eau ; & il fallut renoncer à l'appareil.

*F I N.*

---

## APPROBATION.

**J'**AI lu par ordre de Monseigneur le Garde des Sceaux; *les Expériences de la Machine aérostatique de MM. de Montgolfier, &c. recueillies par M. Faujas de Saint-Fond*; je n'y ai rien trouvé qui puisse empêcher l'impression de cet Ouvrage intéressant. A Paris, ce 19 Octobre 1783.

Signé, S A G E.

---

## PRIVILEGE DU ROI.

**L**OUIS, par la grace de Dieu, Roi de France & de Navarre: A nos amés & féaux Conseillers, les **Geus** tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand-Conseil, Prévôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lientenans Civils & autres nos Justiciers qu'il appartiendra: **SALUT.** Notre amé le sieur **CUCHET**, Libraire, Nous a fait exposer qu'il desireroit faire imprimer & donner au Public *une Description des expériences de la Machine aérostatique de MM. de Montgolfier, &c. recueillies par M. Faujas de Saint-Fond*; s'il nous plaisoit lui accorder nos Lettres de Privilège pour ce nécessaires. A CES CAUSES, voulant favorablement traiter l'Exposant, Nous lui avons permis & permettons par ces Présentes, de faire imprimer ledit Ouvrage autant de fois que bon lui semblera, & de le vendre, faire vendre & débiter par tout notre Royaume, pendant le temps de dix années consécutives, à compter de la date des Présentes. **FAISONS** défenses à tous Imprimeurs, Libraires & autres personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient, d'en introduire d'impression étrangère dans aucun lieu de notre obéissance; comme aussi d'imprimer ou faire imprimer,

vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire ledit Ouvrage, sous quelque prétexte que ce puisse être, sans la permission expresse & par écrit dudit Exposant, ses hoirs ou ayans-cause, à peine de saisie & de confiscation des exemplaires contrefaits, de six mille livres d'amende, qui ne pourra être modérée pour la première fois, de pareille amende & de déchéance d'état, en cas de récidive, & de tous dépens, dommages & intérêts, conformément à l'Arrêt du Conseil du 30 Août 1777, concernant les contrefaçons: A la charge que ces Présentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, dans trois mois de la date d'icelles; que l'impression dudit Ouvrage sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, en beau papier & beaux caractères, conformément aux Règlemens de la Librairie, à peine de déchéance du présent Privilège; qu'avant de l'exposer en vente, le manuscrit qui aura servi de copie à l'impression dudit Ouvrage, sera remis dans le même état où l'Approbation y aura été donnée, es mains de notre très-cher & féal Chevalier, Garde des Sceaux de France, le Sieur **HUE DE MIROMÉNIL**, Commandeur de nos Ordres; qu'il en fera ensuite remis deux exemplaires dans notre Bibliothèque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier, Chancelier de France, le Sieur **DE MAUPEOU**, & un dans celle dudit Sieur **HUE DE MIROMÉNIL**: le tout à peine de nullité des Présentes: Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire jouir ledit Exposant & ses ayans-cause pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie des Présentes, qui sera imprimée tout au long, au commencement ou à la fin dudit Ouvrage, soit tenue pour dûment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amés & féaux Conseillers-Secrétaires, foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent sur ce requis, de faire pour l'exécution d'icelles, tous actes requis & nécessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur

de Haro , Charte Normande , & Lettres à ce contrai-  
res ; Car tel est notre plaisir. Donné à Fontainebleau , le  
vingt-neuvième jour du mois d'Octobre , l'an de grace  
mil sept cent quatre-vingt-trois , & de notre Règne le  
dixième. Par le Roi en son Conseil.

Signé, LE BEGUE.

Registré sur le Registre XXI de la Chambre Royale  
& Syndicale des Libraires & Imprimeurs de Paris , N^o.  
3108, fol. 964, conformément aux dispositions énoncées  
dans le présent Privilège, & à la charge de remettre à  
ladite Chambre les huit exemplaires prescrits par l'article  
CVIII du Règlement de 1723. A Paris, ce 7 Novem-  
bre 1783.

Signé, LE CLERC, Syndic.

---

De l'Imprimerie de CHARDON, rue de la Harpe,  
près celle de la Parcheminerie. 1783.

---

## SUPPLÉMENT.

CET Ouvrage étoit entièrement imprimé  
& alloit voir le jour, lorsque l'expérience  
qu'on avoit le projet de faire à la Muette,  
a eu lieu. L'on doit au zèle de Madame la  
Duchesse de Polignac, Gouvernante des En-  
fans de France, cette expérience à jamais  
mémorable.

Je m'empresse d'en publier le procès-ver-  
bal, fait au Château de la Muette, en atten-  
dant que je puisse donner dans le volume de  
supplément, de plus grands détails à ce sujet.

Cette expérience a été faite avec la Ma-  
chine aérostatique représentée dans la Plan-  
che VIII.

*PROCÈS-VERBAL dressé au Château de  
la Muette après l'expérience de la Machine  
aérostatique de M. de Montgolfier.*

Aujourd'hui 21 Novembre 1783, au Châ-  
teau de la Muette, on a procédé à une ex-  
périence de la Machine aérostatique de M.  
de Montgolfier.

Le ciel étant couvert de nuages dans plu-  
sieurs parties, clair dans d'autres, le vent  
nord-ouest.

A midi huit minutes, on a tiré une boîte qui a servi de signal pour annoncer qu'on commençoit à remplir la Machine. En huit minutes, malgré le vent, elle a été développée dans tous les points & prête à partir, M. le marquis *d'Arlandes*, & M. *Pilatre de Rozier* étant dans la galerie.

La première intention étoit de faire enlever la Machine & de la retenir avec des cordes, pour la mettre à l'épreuve, étudier les poids exacts qu'elle pouvoit porter, & voir si tout étoit convenablement disposé pour l'expérience importante qu'on alloit tenter.

Mais la Machine poussée par le vent, loin de s'élever verticalement, s'est dirigée sur une des allées du jardin, & les cordes qui la retenoient, agissant avec trop de force, ont occasionné plusieurs déchirures, dont une de plus de six pieds de longueur. La Machine, ramenée sur l'esplanade, a été réparée en moins de deux heures.

Ayant été remplie de nouveau, elle est partie à une heure 54 minutes, portant les mêmes personnes; on l'a vue s'élever de la manière la plus majestueuse; & lorsqu'elle a été parvenue à environ 250 pieds de hauteur, les intrépides voyageurs, baissant leurs chapeaux, ont salué les spectateurs. On n'a

pu s'empêcher d'éprouver alors un sentiment mêlé de crainte & d'admiration.

Bientôt les navigateurs aériens ont été perdus de vue; mais la Machine, planant sur l'horizon, & étalant la plus belle forme, a monté au moins à trois mille pieds de hauteur, où elle est toujours restée visible: elle a traversé la Seine au-dessous de la barrière de la Conférence, & passant de-là entre l'École Militaire & l'Hôtel des Invalides, elle a été à portée d'être vue de tout Paris.

Les voyageurs satisfaits de cette expérience, & ne voulant pas faire une plus longue course, se sont concertés pour descendre; mais s'apercevant que le vent les portoit sur les maisons de la rue de Séve, F. S. G., ils ont conservé leur sens-froid, & développant du gaz, ils se sont élevés de nouveau, & ont continué leur route en l'air jusqu'à ce qu'ils ayent eu dépassé Paris.

Ils sont descendus alors tranquillement dans la campagne, au-delà du nouveau boulevard, vis-à-vis le moulin de *Croulebarbe*, sans avoir éprouvé la plus légère incommodité, ayant encore dans leur galerie les deux tiers de leur approvisionnement; ils pouvoient donc, s'ils l'eussent désiré, franchir un espace triple de celui qu'ils ont parcouru; leur route

a été de 4 à 5000 toises, & le temps qu'ils y ont employé, de 20 à 25 minutes.

Cette Machine avoit 70 pieds de hauteur, 46 pieds de diamètre : elle contenoit 6000 pieds cubes, & le poids qu'elle a enlevé étoit d'environ seize à dix-sept cens livres.

Fait au Château de la Muette, à cinq heures du soir. Signé, le Duc de Polignac, le Duc de Guines, le Comte de Polastron, le Comte de Vaudreuil, d'Hunaud, Benjamin Franklin, Faujas de Saint-Fond, Delisle, Leroy, de l'Académie des Sciences.

E R R A T A.

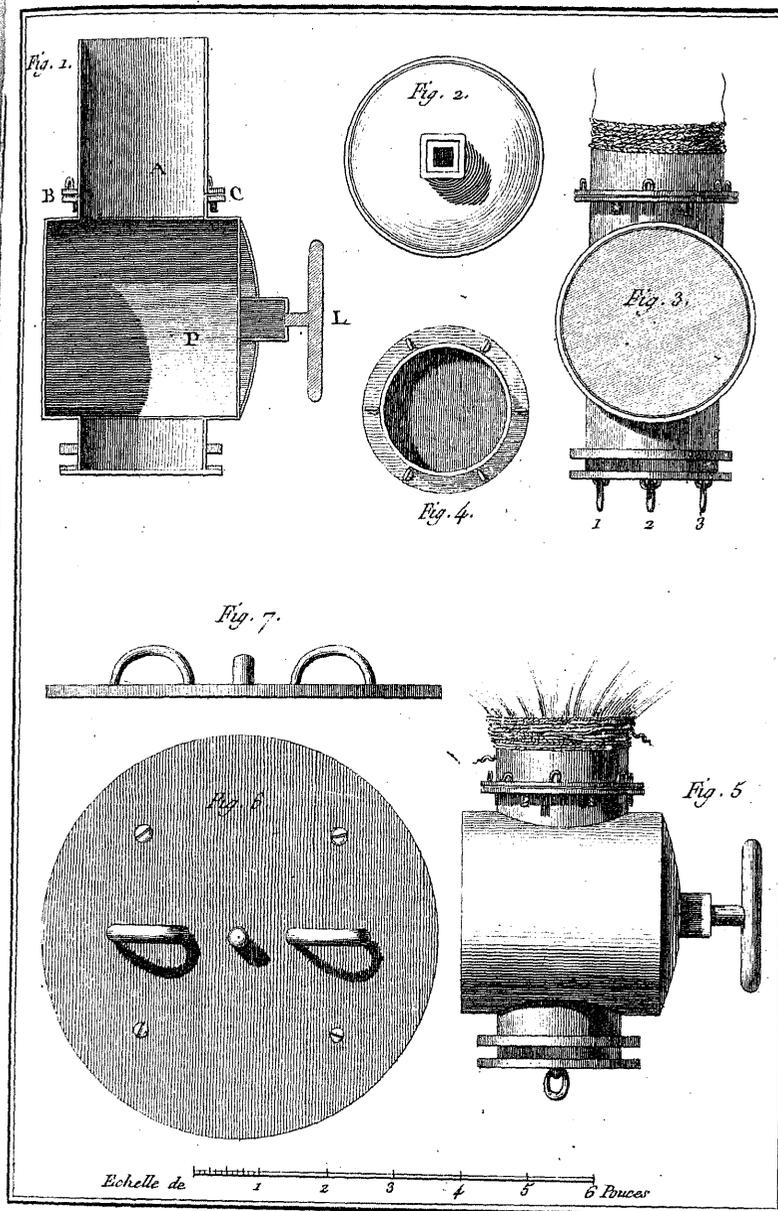
PAGE xxxij, ligne 21 du Discours préliminaire, je fais, lisez, j'ai fait.

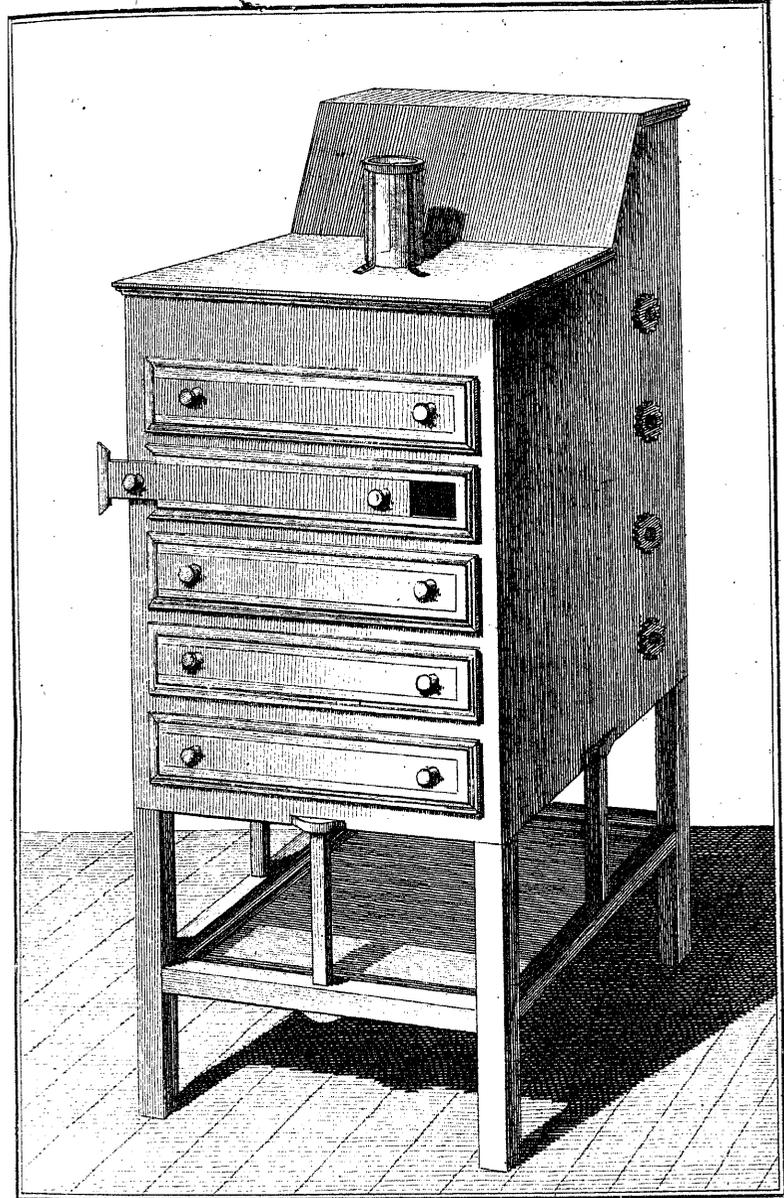
Page 14, ligne 3, l'on employa 1000 liv. pesant de limaille de fer en poudre ou en copeaux, & 498 liv. d'acide vitriolique, ajoutez selon le compte produit par MM. les frères Robert, & acquitté par eux. Il s'en falloit beaucoup que cette quantité fût nécessaire; mais il y a eu de grands dégâts.

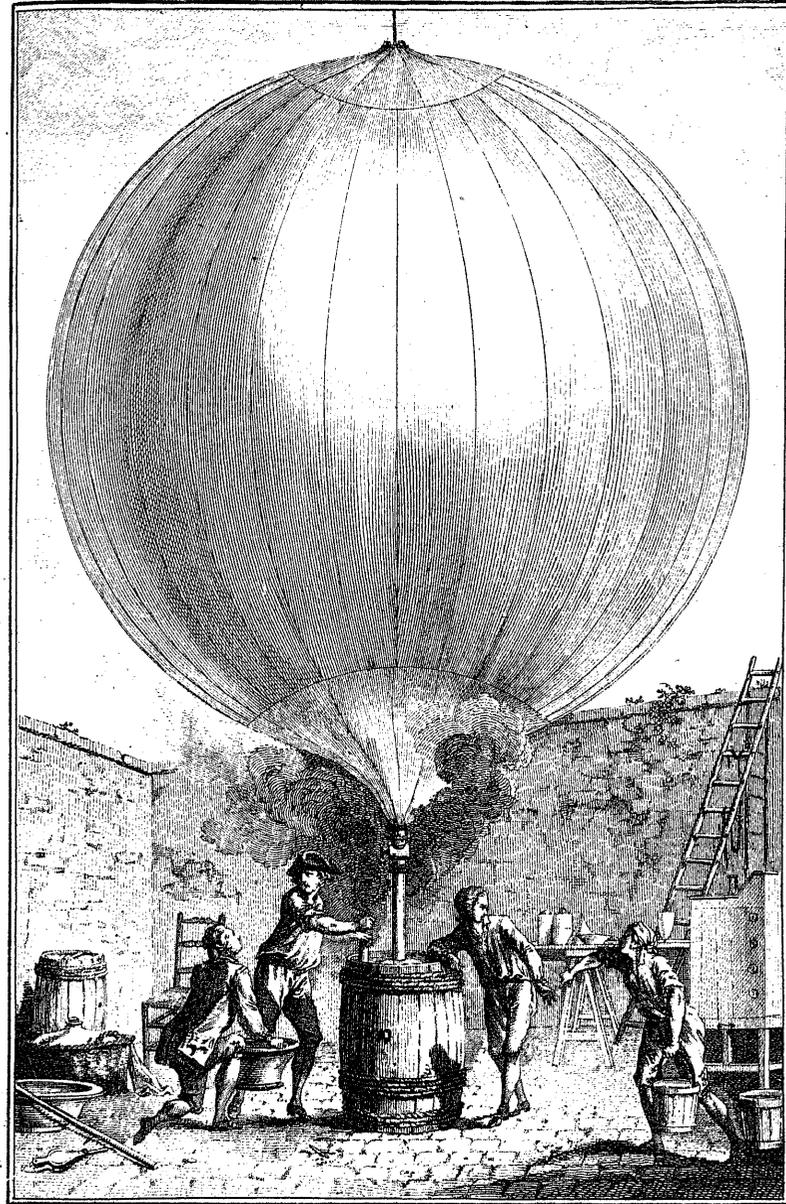
Page 45, lig. 1, la Planche III, lisez, la Planche V, placée à la tête du Livre.

Page 194, ligne 15, des Machines aérostatiques en raffetas, lisez, des Ballons aérostatiques.

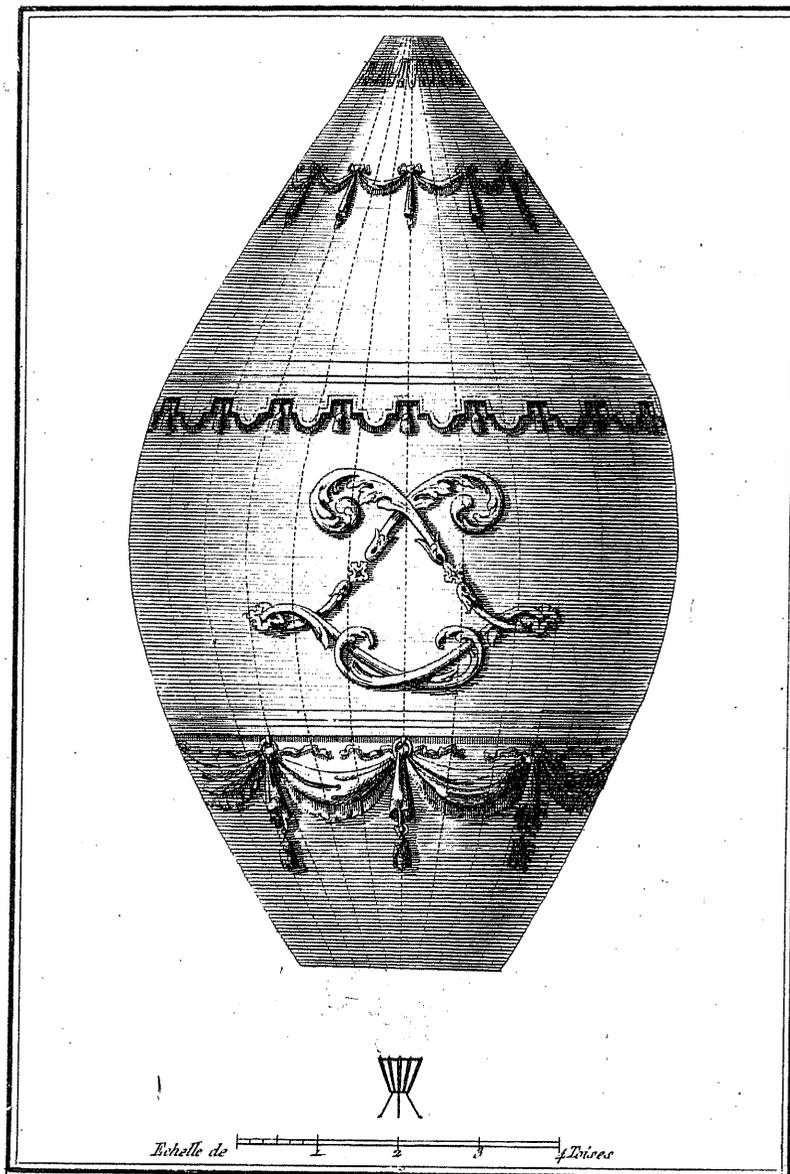
Page 230, ligne 12, faisant ensuite transporter, l'un après l'autre, des tonneaux vuides au haut de ma Machine, je ferai passer par le robinet supérieur, partie du gaz qu'elle contient, lisez, on peut plus commodément vuides la Machine, & remplir les tonneaux par le robinet inférieur, au moyen d'une pompe aspirante & foulante; & le robinet supérieur ne doit servir que pour vuides promptement la Machine lorsqu'on est pressé de descendre.



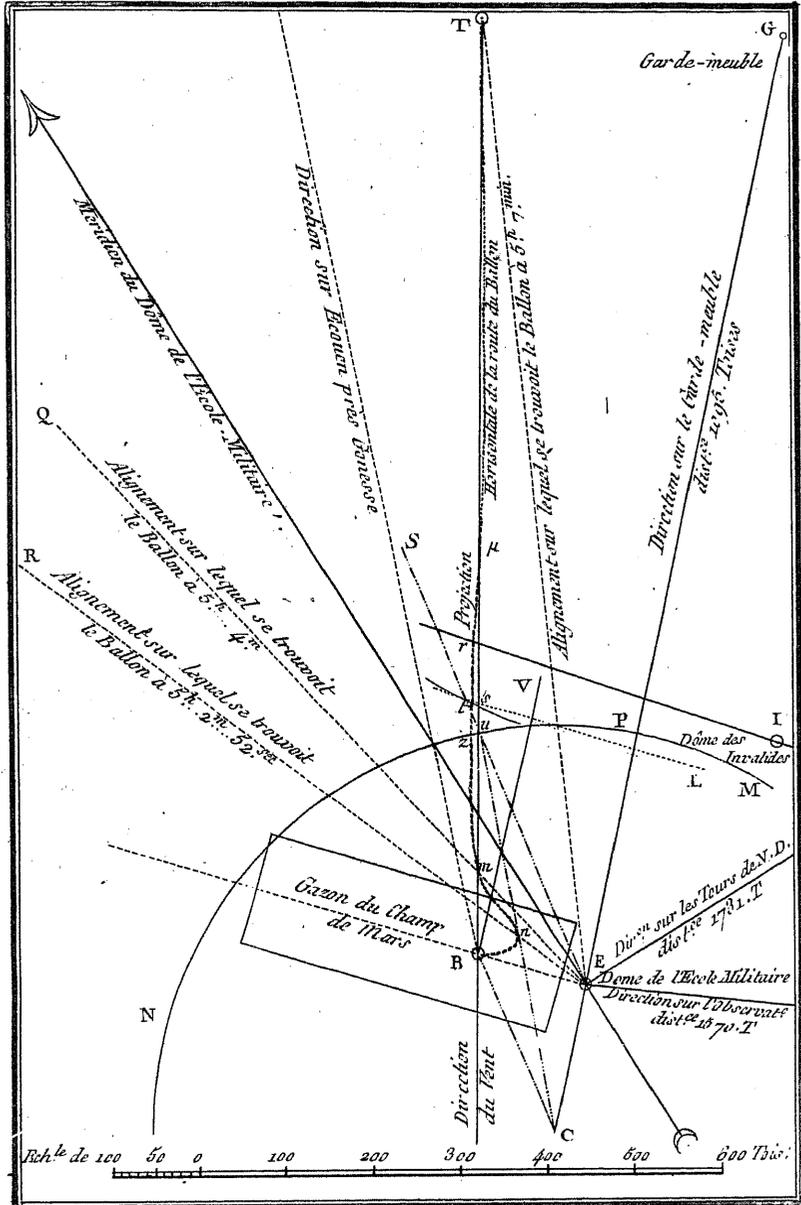




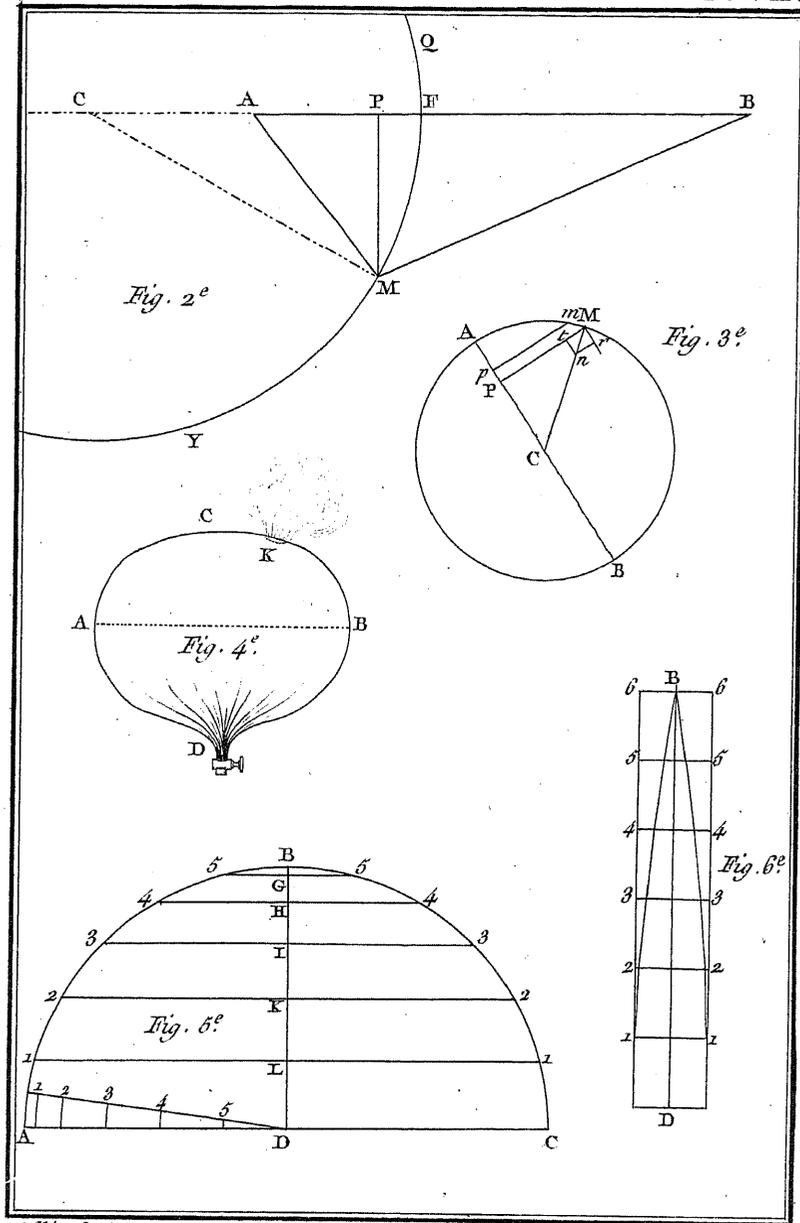
Bortault Sculp.



*MACHINE AEROSTATIQUE* *Seller Sculp*  
*de M. Montgolfier, construite dans le Jardin de M. Reveillon, rue de Montreuil*  
*Blancmery St. Antoine, aux dépens de l'Académie Royale des Sciences.*



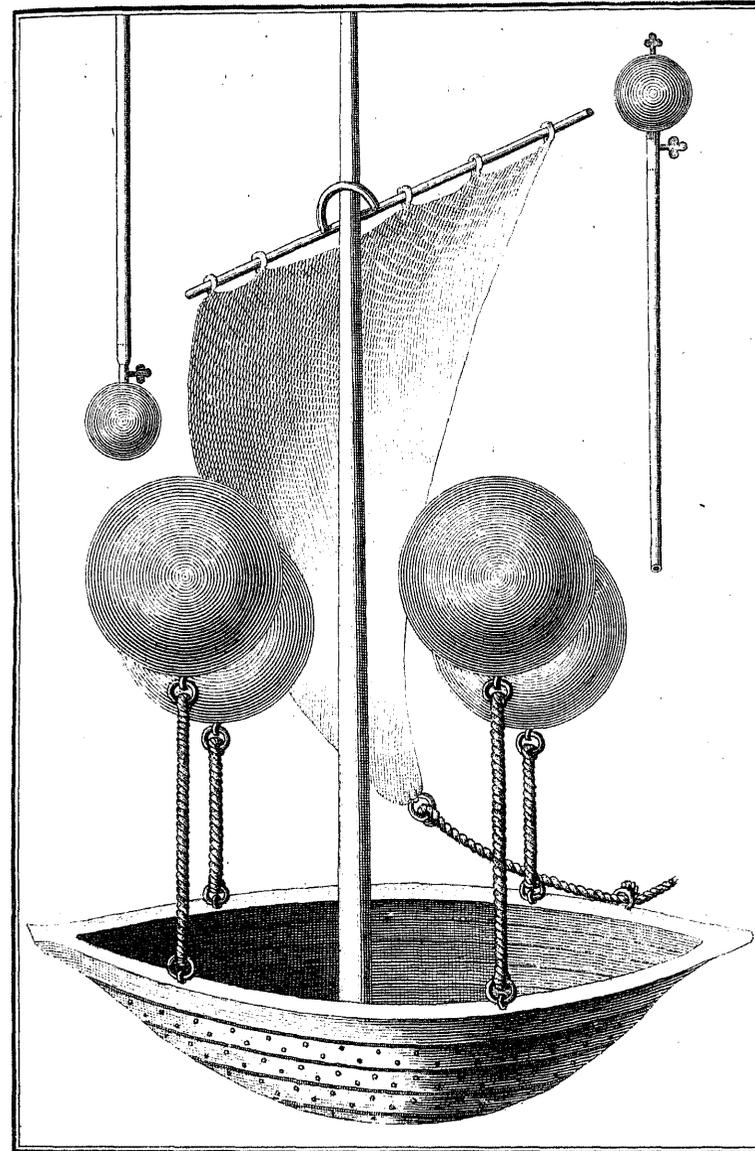
Sellier Sculp.



Sellier Sulp.



*Machine Aérostatique de 70 Pieds de hauteur sur 46 de Diametre, qui s'est élevée à Paris, avec deux homme à la hauteur de 324 Pieds le 19, Oct. 1783.*



BATEAU VOLANT,  
à peu près sur celui de (Savate-Lana).

Sellier Sculp.