clinaison, parce qu'elle se trouvait dérangée, il consulta celle de déclinaison : il s'aperçut qu'elle n'était plus horizontale ; le pôle nord était relevé de près de 10°, et le pôle sud s'inclinait vers la terre. M. Robertson répéta aussi l'opération, elle se trouva conforme. Peut-être à l'avenir cette observation portera-t-elle le plus grand jour sur une matière qui jusqu'à présent n'a point encore eu d'hypothèse satisfaisante ; peut-être l'attraction de l'aimant diminuant comme le carré des distances, fournira-t-elle aux physiciens un nouveau moyen pour se guider dans le ciel, et même connaître leur élévation dans l'absence du baromètre. Il faut tout attendre, tout espérer des phénomènes nouveaux qui se présentent dans ce domaine dont vient de s'enrichir la physique.

A cette élévation, M. Saccharoff consulta ses fonctions physiques ; il trouva peu d'altération dans la marche du pouls et dans la respiration. Il donna la liberté à un troisième pigeon, qui battit des ailes inutilement, et vint se fixer sur la nacelle, qu'il ne voulut pas quitter. Il fallut le précipiter, et la véritable chute qu'il a faite doit faire douter qu'il soit parvenu en vie jusqu'à la terre. A cette hauteur, le gaz acide carbonique contenu dans le vin se dégage avec une extrême rapidité, et forme une espèce d'effervescence. L'air atmosphérique contenu dans l'eau d'une bouteille présentait, à peu de chose près, un phénomène semblable. Ce fut à cette élévation que M. Saccharoff proposa de passer la nuit dans l'aérostat. Il fallut consulter le lest qu'avaient laissé les deux manœuvres qu'on avait été obligé de faire pour éviter le courant qui portait sur le golfe : la proposition fut acceptée, et les voyageurs se donnèrent la main en gage de leur résolution. Cependant l'expansion du gaz hydrogène augmentait toujours avec l'élévation du ballon ; elle était telle, que l'enveloppe était distendue dans tous ses points, et que le gaz s'échappait avec force par deux issues à la fois, c'est-à-dire par l'appendice et par la soupape ; cette perte était effrayante et beaucoup plus forte qu'elle n'aurait dû s'effectuer à cette élévation, le mercure du baromètre n'étant descendu que de 8 pouces. Les voyageurs attribuent cette grande raréfaction à la qualité du gaz hydrogène, qui a dû, sans doute, se trouver combiné avec une grande quantité de gaz acide carbonique qui s'est dégagé de la tournure de fonte, ainsi qu'à l'oxyde qui a dû se former pendant vingt jours que les matières restèrent distribuées dans les appareils. Cette quantité a été considérable, puisque, dans les ascensions précédentes, M. Robertson n'a jamais observé une expansion aussi forte.

Différentes circonstances ont empêché les voyageurs de s'élever aussi haut qu'ils en avaient formé le projet : 1° la direction du courant supérieur, qui les portait vers la mer ; 2° cette grande quantité de gaz acide carbonique, qui distendait le ballon en pure perte, sans lui ajouter de la légèreté ; 3° les vapeurs sombres, qui s'accumulaient autour de la gondole, et semblaient devoir bientôt la plonger dans les ténèbres. La terre ayant tout à fait disparu depuis une demi-heure, les voyageurs pouvaient craindre de rencontrer un nouveau courant qui aurait pu les porter une troisième fois vers le golfe, dont ils n'étaient pas très éloignés.

La proposition de se rapprocher de la terre fut sensible à M. Saccharoff ; il aurait tout bravé pour tenter une foule d'expériences que ce nouveau théâtre présentait à ses observations ; mais sentant le danger d'un voyage prolongé dans l'obscurité, dans une vapeur froide qui humectait les instruments de physique, et sur une plage inconnue, il consentit à se rapprocher de la terre, dans l'espoir de rentrer dans cette carrière aussitôt que l'Académie le désirerait. En conséquence, les voyageurs ouvrirent la soupape graduellement, et, l'œil fixé sur le baromètre, ils calculaient la célérité de leur descente, la ralentissaient ou l'accéléraient selon la marche du mercure. C'est en passant dans les couches inférieures de l'atmosphère, que les physiciens répétèrent un phénomène dont l'application peut aussi présenter la plus grande utilité dans les ascensions qu'on fera à l'avenir.

En parlant dans un porte-voix présenté perpendiculairement à la terre, la voix est réfléchie avec une extrême pureté ; elle semble n'avoir rien perdu de son intensité. Ce physicien parla, à différentes élévations, et la voix mettait plus ou moins d'intervalle dans sa réflexion. Chaque fois, la percussion imprimée à l'air par le son s'observait par une légère ondulation qu'éprouvait l'aérostat. Cette fluctuation semble devoir confirmer la puissance que l'homme a sur la terre de détourner en partie la pluie ou un nuage orageux, au moyen des secousses répétées qu'il imprime à la colonne atmosphérique par le bruit du canon ou d'autres procédés. Dans une de ces expériences, la voix ne fut réfléchie qu'après dix secondes ; selon la théorie de Newton, le son ne doit se

propager sur la terre que dans la progression de 900 pieds dans une seconde; cependant une foule d'expériences exactes ont déterminé sa marche à 1,038 pieds de Paris par seconde. D'après cette loi, la voix des aéronautes aurait parcouru 10,380 pieds en dix secondes; mais, comme il faut ne tenir compte que de la moitié du chemin pour le retour de la voix dans sa réflexion, il resterait donc 5,190 pieds de France pour l'éloignement de l'aérostat à la terre: le baromètre était à 27 pouces. Il est probable que l'ascension du son diffère de progression horizontale; les essais sur cette nouvelle loi à établir doivent être curieux, et peuvent jeter un nouveau jour sur la densité de l'atmosphère, sur sa manière d'agir selon ses différents états, soit thermométriques, soit hygrométriques. Comme il n'y a point dans la nature de moyen plus commode et plus sûr qu'un aérostat pour tenter des expériences sur le son, il serait facile, avec le secours de deux montres à tierces, de déterminer la promptitude de l'ascension du son; il s'agirait, dans un temps calme, de tirer, de trente secondes en trente secondes, un canon placé perpendiculairement, et disposé dans un lieu libre. Les observateurs sur la terre, ainsi que les aéronautes, tiendraient compte de l'instant de l'expérience, du départ et de l'arrivée du bruit. Par là on établirait une loi sûre et invariable. Il est à observer que dans l'expérience du porte-voix, le son ne fut nullement réfléchi, lorsqu'on parlait dans une direction opposée à la terre.

Les voyageurs, après avoir traversé différentes couches vaporeuses qui différaient toutes de température, virent le thermomètre sauter assez brusquement de plusieurs degrés, et ce fut l'instant où ils aperçurent la terre, mais d'une manière assez confuse. Ils parlaient souvent au moyen du porte-voix; leur éloignement les empêchait d'être entendus; le seul écho leur répondait. Ils pressèrent leur descente, pour aborder un village, mais ayant observé un bois très épais qui pouvait incommoder leur retour, ils prolongèrent leur marche et choisirent un superbe jardin qui semblait s'offrir pour les recevoir; ils effectuèrent leur descente à dix heures quarante-cinq minutes, sur une belle pelouse, tout vis-à-vis du château de S. E. M. le général P. G. Demidoff, à Sivoritz, distant de Saint-Pétersbourg de soixante verstes (environ vingt lieues), chaque verste étant de 3,650 pieds; on voit que ne tenant pas même compte du temps qui a été perdu par les deux

manœuvres que l'on fit pour éviter le courant supérieur, l'aérostat parcourait 17 pieds 4 pouces 6 lignes $\frac{3}{10}$ en une seconde, par le vent le plus faible, et qui était à peine sensible sur la terre: cette vitesse est un peu plus grande que celle que parcourt un corps en chute libre dans sa première seconde.

Dans la vue de ménager les instruments de physique et d'affaiblir la marche accélérée de l'aérostat, M. Robertson descendit, au moyen d'une très longue corde dont il tenait l'autre extrémité, tous les instruments de physique qu'il avait réunis dans sa pelisse. A peine l'aérostat fut-il allégé de ce fardeau, qu'au bout de quelques instants il resta presque immobile dans le ciel, ce qui donna aux villageois qui s'épuisaient à le suivre le temps de prendre la corde pour remorquer l'aérostat et choisir le plus beau gazon pour l'y déposer. Tel est le résultat de la première des expériences que l'Académie des sciences a projetées; ce voyage ne peut être regardé que comme la sentinelle ou le premier vaisseau qu'elle envoie à la découverte, pour reconnaître de nouvelles plages et se frayer un chemin où l'œil de l'observateur n'a pas encore pénétré.

NOTE IV.

Relation du voyage aérostatique de MM. Biot et Gay-Lussac, par M. Biot.

Depuis que l'usage des aérostats est devenu facile et simple, les physiciens désiraient qu'on les employât pour faire les observations qui demandent que l'on s'élève à de grandes hauteurs, loin des objets terrestres. Le ministère de M. Chaptal offrait particulièrement une occasion favorable pour réaliser ces projets utiles aux sciences. MM. Berthollet et Laplace ayant bien voulu s'y intéresser, ce ministre s'empressa de concourir à leurs vues, et nous nous offrîmes, M. Gay-Lussac et moi, pour cette expédition. Nous venons de faire notre premier voyage, et nous allons en rendre compte à la classe; empressement d'autant plus naturel, que plusieurs de ses membres nous ont éclairés de leur expérience et de leurs conseils.

Notre but principal était d'examiner si la propriété magnétique éprouve quelque diminution appréciable quand on s'éloigne de la terre. Saussure, d'après des expériences faites sur le *col du Géant*, à 3,435 mètres de hauteur, avait cru y reconnaître un affaiblissement très sensible et qu'il évaluait à 1/5. Quelques physiciens avaient même annoncé que cette propriété se perd entièrement quand on s'éloigne de la terre, dans un aérostat. Ce fait étant lié de très près à la cause des phénomènes magnétiques, il importait à la physique qu'il fût éclairci et constaté ; du moins c'est ainsi qu'ont pensé plusieurs membres de la classe, et l'illustre Saussure lui-même, qui recommande beaucoup cette observation, sur laquelle il est revenu plusieurs fois dans ses voyages aux Alpes.

Pour décider cette question, il ne faut qu'un appareil fort simple. Il suffit d'avoir une aiguille aimantée, suspendue à un fil de soie très fin. On détourne un peu l'aiguille de son méridien magnétique, et on la laisse osciller ; plus les oscillations sont rapides, plus la force magnétique est considérable. C'est Borda qui a imaginé cette excellente méthode, et M. Coulomb a donné le moyen d'évaluer la force d'après le nombre des oscillations. Saussure a employé cet appareil dans son voyage sur le col du Géant. Nous en avons emporté un semblable dans notre aérostat. L'aiguille dont nous nous sommes servis avait été construite avec beaucoup de soin par l'excellent artiste Fortin ; et M. Coulomb avait bien voulu l'aimanter lui-même par la méthode d'OEpinus. Nous avons essayé, à plusieurs reprises, sa force magnétique, lorsque nous étions encore à terre. Elle faisait vingt oscillations en cent quarante et une secondes, de la division sexagésimale ; et comme nous avons obtenu ce même résultat un grand nombre de fois, à des jours différents, sans trouver un écart d'une demi-seconde, on peut le regarder comme très exact. Nous nous servions, pour observer, de deux excellentes montres à secondes qui nous avaient été prêtées par M. Lepine, habile horloger.

Outre cet appareil, nous avons emporté une boussole ordinaire de déclinaison et deux boussoles d'inclinaison. La première pour observer la direction du méridien magnétique ; la seconde pour connaître les variations d'inclinaison. Ces appareils, beaucoup moins sensibles que le premier, étaient seulement destinés

à nous indiquer des différences, s'il en était survenu qui fussent très considérables. Afin de n'avoir que des résultats comparables, nous avions placé tous ces instruments dans la nacelle, lorsque nous avons observé, à terre, les oscillations de la première aiguille. Du reste, il n'entrait pas un morceau de fer dans la construction de notre nacelle, ni dans celle de notre aérostat. Les seuls objets de cette matière que nous emportâmes (un couteau, des ciseaux, deux canifs) furent descendus dans un panier au-dessous de la nacelle, à 8 ou 10 mètres de distance (25 ou 30 pieds), en sorte que leur influence ne pouvait être sensible en aucune manière.

Outre cet objet principal, dans ce premier voyage, nous nous proposions aussi d'observer l'électricité de l'air, ou plutôt la différence d'électricité des différentes couches atmosphériques. Pour cela, nous avions emporté des fils métalliques de diverses longueurs, depuis 20 jusqu'à 100 mètres (60 à 300 pieds). En suspendant ces fils à côté de notre nacelle, à l'extrémité d'une tige de verre, ils devaient nous mettre en communication avec les couches intérieures et nous permettre de puiser leur électricité. Quant à la nature de cette électricité, nous avions, pour la déterminer, un petit électrophore, chargé très faiblement, et dont la résine avait été frottée à terre avant le départ.

Nous avions aussi projeté de rapporter de l'air puisé à une grande hauteur. Nous avions pour cela un ballon de verre fermé, dans lequel on avait fait exactement le vide, en sorte qu'il suffisait de l'ouvrir pour le remplir d'air. On devine aisément que nous nous étions munis de baromètres, de thermomètres, d'électromètres et d'hygromètres. Nous avions avec nous des disques de métal pour répéter les expériences de Volta, ou l'électricité développée par le simple contact. Enfin, nous avions emporté divers animaux, comme des grenouilles, des oiseaux et des insectes.

Nous partîmes, du jardin du Conservatoire des arts, le 6 fructidor, à dix heures du matin, en présence d'un petit nombre d'amis. Le baromètre était à $0^{m},765$ (28 p. 3 l.) ; le thermomètre, à 16°,5′ de la division centigrade (13°,2 de Réaumur) ; et l'hygromètre à 80°,8, par conséquent assez prêt de la plus grande humidité. M. Conté, que le ministre de l'intérieur avait chargé, dès l'origine, de tous les préparatifs, avait pris toutes les mesures imaginables pour que notre voyage fût heureux, et il le fut en effet.

Nous l'avouerons, le premier moment où nous nous élevâmes ne fut pas donné à nos expériences. Nous ne pûmes qu'admirer la beauté du spectacle qui nous environnait. Notre ascension, lente et calculée, produisit sur nous cette impression de sécurité que l'on éprouve toujours quand on est abandonné à soi-même, avec des moyens sûrs. Nous entendions encore les encouragements qui nous étaient donnés; mais nous n'en avions pas besoin; nous étions parfaitement calmes et sans la plus légère inquiétude. Nous n'entrons dans ces détails que pour montrer que l'on peut accorder quelque confiance à nos observations.

Nous arrivâmes bientôt dans les nuages. C'étaient comme de légers brouillards, qui ne nous causèrent qu'une faible sensation d'humidité. Notre ballon s'étant gonflé entièrement, nous ouvrîmes la soupape pour abandonner du gaz, et en même temps nous jetâmes du lest pour nous élever plus haut. Nous nous trouvâmes aussitôt au-dessus des nuages, et nous n'y rentrâmes qu'en descendant.

Ces nuages, vus de haut, nous parurent blanchâtres, comme lorsqu'on les voit de la surface de la terre. Ils étaient tous exactement à la même élévation: et leur surface supérieure, toute mamelonnée et ondulante, nous offrait l'aspect d'une plaine couverte de neige.

Nous nous trouvions alors vers deux mille mètres de hauteur (1). Nous voulûmes faire osciller notre aiguille, mais nous ne tardâmes pas à reconnaître que l'aérostat avait un mouvement de rotation très lent, qui faisait varier sans cesse la position de la nacelle par rapport à la direction de l'aiguille, et nous empêchait d'observer le point où les oscillations finissaient. Cependant la propriété magnétique n'était pas détruite; car en approchant de l'aiguille un morceau de fer, l'attraction avait encore lieu. Ce mouvement de rotation devenait sensible quand on alignait les cordes de la nacelle sur quelque objet terrestre, ou sur les flancs des nuages, dont les contours nous offraient des différences très sensibles. De cette manière nous nous aperçûmes bientôt que nous ne répondions pas toujours au même point. Nous espérâmes que ce mouvement de rotation, déjà très peu rapide, s'arrêterait avec le temps, et nous permettrait de reprendre nos oscillations.

(1) Nous avons calculé ces hauteurs d'après les observations du baromètre et du thermomètre, faites dans l'aérostat et comparées à celles faites par M. Bouvard à l'Observatoire. Nous avons employé la formule de M. Laplace, avec les coefficients corrigés, qu'il a adoptés, et que M. Ramond a conclus d'un grand nombre de mesures trigonométriques prises avec beaucoup de soin. Notre thermomètre était à l'esprit-de-vin, divisé en 100 parties, et garanti de l'action du soleil par un mouchoir blanc, qui l'enveloppait sans le toucher. Nous avons pris toutes les précautions nécessaires dans le calcul, pour ne pas donner à nos hauteurs des valeurs trop grandes, et elles sont plutôt trop faibles que trop fortes.

En attendant, nous fîmes d'autres expériences; nous essayâmes le développement de l'électricité par le contact des métaux isolés; elle réussit comme à terre. Nous apprêtâmes une colonne électrique avec vingt disques de cuivre et autant de disques de zinc; nous obtînmes, comme à l'ordinaire, la saveur piquante. Tout cela était facile à prévoir, d'après la théorie de Volta, et puisque l'on sait d'ailleurs que l'action de la colonne électrique ne cesse pas dans le vide; mais il était si facile de vérifier ces faits, que nous avions cru devoir le faire. D'ailleurs tous ces objets pouvaient nous servir de lest au besoin. Nous étions alors à 2,724 mètres de hauteur, selon notre estime.

Vers cette élévation nous observâmes les animaux que nous avions emportés; ils ne paraissaient pas souffrir de la rareté de l'air, cependant le baromètre était à 20 pouces 8 lignes; ce qui donnait une hauteur de 2,622 mètres. Une abeille violette (*apis violacea*), à qui nous avions donné la liberté, s'envola très vite, et nous quitta en bourdonnant. Le thermomètre marquait 13° de la division centigrade (10°,4 Réaumur). Nous étions très surpris de ne pas éprouver de froid, au contraire le soleil nous échauffait fortement; nous avions ôté les gants que nous avions mis d'abord, et qui ne nous ont été d'aucune utilité. Notre pouls était fort accéléré: celui de M. Gay-Lussac, qui bat ordinairement soixante-deux pulsations par minute, en battait quatre-vingts; le mien, qui donne ordinairement soixante-dix-neuf pulsations, en donnait cent onze. Cette accélération se faisait donc sentir, pour nous deux, à peu près dans la même proportion. Cependant notre respiration n'était nullement gênée, nous n'éprouvions aucun malaise et notre situation nous semblait extrêmement agréable.

Cependant nous tournions toujours, ce qui nous contrariait fort, parce que nous ne pouvions pas observer les oscillations

magnétiques tant que cet effet avait lieu. Mais en nous alignant, comme je l'ai dit, sur les objets terrestres, et sur les flancs des nuages, qui étaient bien au-dessous de nous, nous nous aperçûmes que nous ne tournions pas toujours dans le même sens; peu à peu le mouvement de rotation diminuait, et se reproduisait en sens contraire. Nous comprîmes alors qu'il fallait saisir ce passage d'un des états à l'autre, parce que nous restions stationnaires dans l'intervalle. Nous profitâmes de cette remarque pour faire nos expériences. Mais comme cet état stationnaire ne durait que quelques instants, il n'était pas possible d'observer, de suite, vingt oscillations comme à terre ; il fallait se contenter de cinq ou de six au plus, en prenant bien garde de ne pas agiter la nacelle, car le plus léger mouvement, celui que produisait le gaz quand nous le laissions échapper, celui même de notre main quand nous écrivions, suffisait pour nous faire tourner. Avec toutes ces précautions, qui demandaient beaucoup de temps, d'essais et de soins, nous parvînmes à répéter dix fois l'expérience dans le cours du voyage, à diverses hauteurs. En voici les résultats dans l'ordre où nous les avons obtenus.

Hauteurs calculées.	Nombre des oscillations.	Temps.
2,897 mètres	5	35″
3,038 —	5	35″
Id. —	5	35″
Id. —	5	35″
2,862 —	10	70″
3,145 —	5	35″
3,665 —	5	35″,5
3,589 —	10	68″
3,742 —	5	35″
3,977 — (2040 toises)	10	70″

Toutes ces observations, faites dans une colonne de plus de mille mètres de hauteur, s'accordent à donner 35″ pour la durée de cinq oscillations. Or, les expériences faites à terre donnent 35″ 1/4 pour cette durée. La petite différence d'un quart de seconde n'est pas appréciable, et dans tous les cas elle ne tend pas à indiquer une diminution.

On en peut dire autant de l'expérience qui a donné une fois

68 degrés pour 10 oscillations, ce qui fait 34 pour chacune ; elle n'indique pas non plus un affaiblissement.

Il nous semble donc que ces résultats établissent avec quelque certitude la proposition suivante :

La propriété magnétique n'éprouve aucune diminution appréciable depuis la surface de la terre jusqu'à 4000 mètres de hauteur; son action dans ces limites se manifeste constamment par les mêmes effets, et suivant les mêmes lois.

Il nous reste maintenant à expliquer la différence de ces résultats avec ceux des autres physiciens dont nous avons parlé ; et d'abord, quant aux expériences de Saussure, il nous semble, si nous osons le dire, qu'il s'y est glissé quelque erreur. On le voit clairement par les nombres même qu'il a rapportés (1). Lorsqu'il voulut déterminer la force magnétique de son aiguille à Genève, il trouva pour les temps de vingt oscillations, 302″, 290″, 300″, 280″, résultats très peu comparables, puisque leur différence va jusqu'à 12″. Au contraire, dans les expériences préliminaires que nous avons faites à terre avant de partir, nous n'avons jamais trouvé une demi-seconde de différence, sur le temps de vingt oscillations. De plus, il existe encore une autre erreur dans le calcul fait par Saussure pour comparer les forces magnétiques sur la montagne et dans la plaine ; et d'après tout cela, il n'est pas étonnant que ses résultats diffèrent de ceux que nous avons obtenus. Mais il nous semble que les nôtres sont préférables, parce qu'ils paraissent s'accorder davantage, et parce que nous nous sommes élevés beaucoup plus haut.

Quant à cette autre observation faite par quelques physiciens, relativement aux irrégularités de la boussole, quand on s'élève dans l'atmosphère, il nous semble qu'on peut facilement l'expliquer par ce que nous avons dit précédemment sur la rotation continuelle de l'aérostat. En effet, ces observateurs ont dû tourner comme nous, puisque la seule impulsion du gaz qui s'échappe en ouvrant la soupape suffit pour produire cet effet. S'ils n'ont pas fait cette remarque, l'aiguille qui ne tournait pas avec eux leur a paru incertaine, et sans aucune direction déterminée ; mais ce n'est qu'une illusion produite par leur propre mouvement.

(1) *Voyage dans les Alpes*, t. IV, p. 312 et 313.

Enfin il nous reste à prévenir un doute, que l'on pourrait élever sur nos expériences : on pourrait craindre que nos montres ne se fussent dérangées dans le voyage, de sorte qu'il aurait pu arriver quelque variation dans la force magnétique sans que nous l'eussions aperçue. Mais, puisque nous n'y avons observé aucune différence, il faudrait, dans cette supposition, que la force magnétique et la marche de notre montre eussent varié en sens contraire, précisément dans le même rapport et de manière à se compenser exactement ; hypothèse extrêmement improbable et même tout à fait inadmissible.

Nous n'avons pas pu observer aussi exactement l'inclinaison de la barre aimantée ; ainsi nous ne pouvons pas affirmer avec autant de certitude qu'elle n'éprouve absolument aucune variation. Cependant cela est très probable, puisque la force horizontale n'est point altérée. Mais nous sommes assurés du moins que ces variations, si elles existent, sont très peu considérables ; car nos barres magnétiques, équilibrées avant le départ, ont constamment gardé pendant tout le voyage leur situation horizontale ; ce qui ne serait pas arrivé si la force, qui tendait à les incliner, eût changé sensiblement.

Enfin la déclinaison avait été aussi l'objet de nos recherches ; mais le temps et la disposition de nos appareils ne nous ont pas permis de la déterminer exactement. Cependant il est également probable qu'elle ne varie pas d'une manière sensible. Au reste, nous avons maintenant des moyens précis pour la mesurer avec exactitude dans un autre voyage : nous pourrons aussi évaluer exactement l'inclinaison.

Pour ne pas interrompre cet exposé, nous avons passé sous silence quelques autres expériences moins importantes, auxquelles il est nécessaire de revenir.

Nous avons observé nos animaux à toutes les hauteurs ; ils ne paraissaient souffrir en aucune manière. Pour nous, nous n'éprouvions aucun effet, si ce n'est cette accélération du pouls dont j'ai déjà parlé. A 3,400 mètres de hauteur, nous donnâmes la liberté à un petit oiseau que l'on nomme un *verdier* ; il s'envola aussitôt, mais revint presque à l'instant se poser sur nos cordages ; ensuite, prenant de nouveau son vol, il se précipita vers la terre, en décrivant une ligne tortueuse peu différente de la verticale. Nous le suivîmes des yeux jusque dans les nuages, où nous le

perdîmes de vue. Mais un pigeon, que nous lâchâmes de la même manière, à la même hauteur, nous offrit un spectacle beaucoup plus curieux : remis en liberté sur le bord de la nacelle, il y resta quelques instants, comme pour mesurer l'étendue qu'il avait à parcourir ; puis il s'élança en voltigeant d'une manière inégale, en sorte qu'il semblait essayer ses ailes ; mais, après quelques battements, il se borna à les étendre et s'abandonna tout à fait. Il commença à descendre vers les nuages, en décrivant de grands cercles, comme font les oiseaux de proie. Sa descente fut rapide, mais réglée ; il entra bientôt dans les nuages, et nous l'aperçûmes encore au-dessous.

Nous n'avions pas encore essayé l'électricité de l'air, parce que l'observation de la boussole, qui était la plus importante et qui exigeait que l'on saisît des occasions favorables, avait absorbé presque toute notre attention ; d'ailleurs nous avions toujours eu des nuages au-dessous de nous, et l'on sait que les nuages sont diversement électrisés. Nous n'avions pas alors les moyens nécessaires pour calculer leur distance d'après la hauteur du baromètre, et nous ne savions pas jusqu'à quel point ils pourraient nous influencer. Cependant, pour essayer au moins notre appareil, nous tendîmes un fil mécanique de 80 mètres (240 pieds), de longueur, et après l'avoir isolé de nous, comme je l'ai dit plus haut, nous prîmes de l'électricité à son extrémité supérieure, et nous la portâmes à l'électromètre : elle se trouva résineuse. Nous répétâmes deux fois cette observation dans le même moment : la première, en détruisant l'électricité atmosphérique par l'influence de l'électricité vitrée de l'électrophore, la seconde en détruisant l'électricité vitrée tirée de l'électrophore, au moyen de l'électricité atmosphérique. C'est ainsi que nous pûmes nous assurer que cette dernière était résineuse.

Cette expérience indique une électricité croissante avec les hauteurs, résultat conforme à ce que l'on avait déjà conclu par la théorie, d'après les expériences de Volta et de Saussure. Mais maintenant que nous connaissons la bonté de notre appareil, nous espérons vérifier de nouveau ce fait par un plus grand nombre d'essais dans un autre voyage.

Nos observations du thermomètre nous ont indiqué au contraire une température décroissant de bas en haut, ce qui est conforme aux résultats connus. Mais la différence a été beaucoup

plus faible que nous ne l'aurions attendu : car, en nous élevant à 2,000 toises, c'est-à-dire bien au-dessus de la limite inférieure des neiges éternelles, à cette latitude, nous n'avons pas éprouvé une température plus basse que 10°,5 au thermomètre centigrade (8°,4 Réaumur); et, au même instant, la température de l'Observatoire, à Paris, était de 17°,5 centigr. (14° Réaumur).

Un autre fait assez remarquable, qui nous est aussi donné par nos observations, c'est que l'hygromètre a constamment marché vers la sécheresse, à mesure que nous nous sommes élevés dans l'atmosphère, et, en descendant, il est graduellement revenu vers l'humidité. Lorsque nous partîmes, il marquait 80°,8 à la température de 16°,5 du thermomètre centigrade ; et à 4,000 mètres de hauteur, quoique la température ne fût qu'à 10°,5, il ne marquait plus que 30°. L'air était donc beaucoup plus sec dans ces hautes régions, qu'il ne l'est près de la surface de la terre.

Pour nous élever à ces hauteurs, nous avions jeté presque tout notre lest : il nous en restait à peine quatre ou cinq livres. Nous avions donc atteint la hauteur à laquelle l'aérostat pouvait nous porter tous deux à la fois. Cependant, comme nous désirions vivement terminer tout à fait l'observation de la boussole, M. Gay-Lussac me proposa de s'élever seul à la hauteur de 6,000 mètres (3,000 toises, afin de vérifier nos premiers résultats ; nous devions déposer tous les instruments en arrivant à terre, et n'emporter dans la nacelle que le baromètre et la boussole. Lorsque nous eûmes pris ce parti, nous nous laissâmes descendre, en perdant aussi peu de gaz qu'il nous était possible. Nous observâmes le baromètre en entrant dans les nuages. Il nous donna 1,223 mètres (600 toises) pour leur élévation. Nous avons déjà remarqué qu'ils paraissaient tous de niveau, en sorte que cette observation indique pour cet instant leur hauteur commune. Lorsque nous arrivâmes à terre, il ne se trouva personne pour nous retenir, et nous fûmes obligés de perdre tout notre gaz pour nous arrêter. Si nous eussions pu prévoir ce contretemps, nous ne nous serions pas pressés de descendre sitôt. Nous nous trouvâmes vers une heure et demie dans le département du Loiret, près du village de Mériville, à dix-huit lieues environ de Paris.

Nous n'avons point abandonné le projet de nous élever à 6,000 mètres, et même plus haut, s'il est possible, afin de pousser

jusque-là nos expériences sur la boussole. Nous allons préparer promptement cette expédition, qui se fera dans peu de jours, puisque l'aérostat n'est nullement endommagé. M. Gay-Lussac s'élèvera d'abord ; ensuite, s'il le croit lui-même nécessaire, je m'élèverai seul à mon tour pour vérifier ses observations. Lorsque nous aurons ainsi terminé ce qui concerne la boussole, nous désirons entreprendre de nouveau plusieurs voyages ensemble, pour faire, s'il est possible, des recherches exactes sur la qualité et la nature de l'électricité de l'air à diverses hauteurs, sur les variations de l'hygromètre, et sur la diminution de la chaleur en s'éloignant de la terre ; objets qui paraissent devoir être utiles dans la théorie des réfractions.

Nous ne désespérons pas non plus de pouvoir observer des angles pour déterminer trigonométriquement notre position dans l'espace ; ce qui donnerait des notions précises sur la marche du baromètre, à mesure qu'on s'élève Le mouvement de l'aérostat est si doux, que l'on peut y faire les observations les plus délicates ; et l'expérience de notre premier voyage, ainsi que l'usage de nos appareils, nous permettra de recueillir en peu de temps un grand nombre de faits. Tels sont les désirs que nous formons aujourd'hui, si nous sommes assez heureux pour que les recherches que nous venons de faire paraissent à la classe de quelque utilité.

NOTE V.

Relation du voyage scientifique de M. Gay-Lussac.

..... Tous nos instruments étant prêts, le jour de mon départ fut fixé au 29 fructidor. Je m'élevai, en effet, ce jour-là, du Conservatoire des arts et métiers, à 9 heures et 40 minutes ; le baromètre étant à 76°,525, l'hygromètre à 57°,5 et le thermomètre à 27°,75. M. Bouvard, qui fait tous les jours des observations météorologiques à Paris, avait jugé le ciel très vaporeux, mais sans nuages. A peine me fus-je élevé de 1,000 mètres, que je vis, en effet, une légère vapeur répandue dans toute l'atmosphère

au-dessous de moi, et qui me laissait voir confusément les objets éloignés.

Parvenu à la hauteur de 3,032 mètres, je commençai à faire osciller l'aiguille horizontale, et j'obtins, cette fois, vingt oscillations en 83″, tandis qu'à terre et d'ailleurs dans les mêmes circonstances, il lui fallait 84″,43 pour en faire le même nombre. Quoique mon ballon fût affecté du mouvement de rotation que nous avions déjà reconnu dans notre première expérience, la rapidité du mouvement de notre aiguille me permit de compter jusqu'à vingt, trente et même quarante oscillations.

A la hauteur de 3,863 mètres, j'ai trouvé que l'inclinaison de mon aiguille, en prenant le milieu de l'amplitude de ses oscillations, était sensiblement de 31° comme à terre. Il m'a fallu beaucoup de temps et de patience pour faire cette observation ; parce que, quoique emporté par la masse de l'atmosphère, je sentais un petit vent qui dérangeait continuellement la boussole, et après plusieurs tentatives infructueuses, j'ai été obligé de renoncer à l'observer de nouveau. Je crois, néanmoins, que l'observation que je viens de présenter mérite quelque confiance.

Quelque temps après j'ai voulu observer l'aiguille de déclinaison ; mais voici ce qui était arrivé. La sécheresse, favorisée par l'action du soleil dans un air raréfié, était telle que la boussole s'était tourmentée au point de faire plier le cercle métallique sur lequel étaient tracées les divisions, et de se courber elle-même. Les mouvements de l'aiguille ne pouvaient plus se faire avec la même liberté; mais indépendamment de ce contre-temps, j'ai remarqué qu'il était très difficile d'observer la déclinaison de l'aiguille avec cet appareil. Il arrivait, en effet, que lorsque j'avais placé la boussole de manière à faire coïncider avec une ligne fixe l'ombre du fil horizontal qui servait de style, le mouvement que j'avais donné à la boussole en avait aussi imprimé un à l'aiguille ; et lorsque celle-ci était à peu près revenue en repos, l'ombre du style ne coïncidait plus avec la ligne fixe. Il fallait encore mettre la boussole dans une position horizontale ; et pendant le temps qu'exigeait cette opération, tout se dérangeait de nouveau. Sans vouloir persister à faire des observations auxquelles je ne pouvais accorder aucune confiance, j'y ai renoncé entièrement; et libre de tout autre soin, j'ai donné toute mon attention aux oscillations de l'aiguille horizontale. Je me suis pourtant convaincu, en reconnaissant les défauts de notre boussole, qu'il est possible d'en employer une autre plus convenable, qui déterminerait la déclinaison avec assez de précision. Je remarque que pour tenter cette expérience, j'avais descendu isolément les autres aiguilles dans des sacs de toile, à 15 mètres au-dessous de la nacelle.

Pour qu'on puisse voir facilement l'ensemble de tous les résultats que j'ai obtenus, je les ai réunis dans le tableau qui est à la fin de ce mémoire ; et ils y sont tels qu'ils se sont présentés à moi, avec les indications correspondantes du baromètre, du thermomètre et de l'hygromètre. Les hauteurs ont été calculées d'après la formule de M. Laplace, par M. Gouilly, ingénieur des ponts et chaussées qui a bien voulu prendre cette peine ; le baromètre n'ayant pas varié sensiblement le jour de mon ascension depuis 10 heures jusqu'à 3, on a pris pour calculer les diverses élévations auxquelles j'ai fait des observations, la hauteur du baromètre, 76°,568, qui a eu lieu à terre à 3 heures, hauteur qui, conformément aux observations faites par M. Bouvard à l'Observatoire, est plus grande de 0^{mm},43 que celle qui avait été observée au moment du départ. Les hauteurs du baromètre dans l'atmosphère ont été ramenées à celles qu'aurait indiquées un baromètre à niveau constant placé dans les mêmes circonstances, et l'on a pris pour chaque hauteur la moyenne entre les observations des deux baromètres. La température à terre ayant également peu varié entre 10 et 3 heures, on l'a supposée constante et égale à 30°,75 du thermomètre centigrade.

En fixant maintenant les yeux sur le tableau, on voit d'abord que la température suit une loi irrégulière relativement aux hauteurs correspondantes; ce qui provient, sans doute, de ce qu'ayant fait des observations tantôt en montant, tantôt en descendant, le thermomètre aura suivi trop lentement ces variations. Mais si l'on ne considère que les degrés du thermomètre qui forment entre eux une série continue décroissante, on trouve une loi plus régulière. Ainsi la température à terre étant de 27°,75, et à la hauteur de 3,691 mètres de 8°,5, si l'on divise la différence des hauteurs par celle des températures, on obtient d'abord 191^{m},7 (98 toises) d'élévation pour chaque degré d'abaissement de température. En faisant la même opération pour les températures 5°,25 et 0°,5, ainsi que pour celles 0°,0 et 9°,5 on trouve, dans l'un et dans l'autre cas, 141^{m},6 (72 $^{tois.}$,6)

d'élévation pour chaque degré d'abaissement de température : ce qui semble indiquer que vers la surface de la terre la chaleur suit une loi moins décroissante que dans le haut de l'atmosphère, et qu'ensuite, à de plus grandes hauteurs, elle suit une progression arithmétique décroissante. Si l'on suppose que depuis la surface de la terre, où le thermomètre était à 30°,75 jusqu'à la hauteur de 6,977 mètres (3,580 toises), où il était descendu à 9°,5, la chaleur a diminué comme les hauteurs ont augmenté, à chaque degré d'abaissement de température correspondra une élévation de 173^{m},3 (88^{tois}, 9).

L'hygromètre a eu une marche assez singulière. A la surface de la terre il n'était qu'à 57°,5, tandis qu'à la hauteur de 3,032 mètres, il marquait 62° ; de ce point, il a été continuellement en descendant jusqu'à la hauteur de 5,267 mètres où il n'indiquait plus que 27°,5, et de là à la hauteur de 6,884 mètres il est remonté graduellement à 34°,5. Si l'on voulait, d'après ces résultats, déterminer la loi de la quantité d'eau dissoute dans l'air à diverses élévations, il est clair qu'il faudrait faire attention à la température ; et en y joignant cette considération, on verrait qu'elle suit une progression extrêmement décroissante.

Si l'on considère maintenant les oscillations magnétiques, on remarque que le temps pour dix oscillations faites à diverses hauteurs, est tantôt au-dessus et tantôt au-dessous de celui de 42″,16 qu'elles exigent à terre. En prenant une moyenne entre toutes les oscillations faites dans l'atmosphère, dix oscillations exigeraient 42″,20, quantité qui diffère bien peu de la précédente ; mais en ne considérant que les dernières observations qui ont été faites aux plus grandes hauteurs, le temps pour dix oscillations serait un peu au-dessous de 42″,16 ce qui indiquerait, au contraire, que la force magnétique a un peu augmenté. Sans vouloir tirer aucune conséquence de ce léger accroissement apparent, qui peut très bien tenir aux erreurs qu'on peut commettre dans ce genre d'expériences, je dois conclure que l'ensemble des résultats que je viens de présenter confirme et étend le fait que nous avions observé, M. Biot et moi, et qui prouve que, de même que la gravitation universelle, la force magnétique n'éprouve point de variations sensibles aux plus grandes hauteurs où nous puissions parvenir.

La conséquence que nous avons tirée de nos expériences

pourra paraître un peu trop précipitée à ceux qui se rappelleront que nous n'avons pu faire des expériences sur l'inclinaison de l'aiguille aimantée. Mais si l'on remarque que la force qui fait osciller une aiguille horizontale est nécessairement dépendante de l'intensité et de la direction de la force magnétique elle-même, et qu'elle est représentée par le cosinus de l'angle d'inclinaison de cette dernière force, on ne pourra s'empêcher de conclure avec nous, que, puisque la force horizontale n'a pas varié, la force magnétique ne doit pas avoir varié non plus, à moins qu'on ne veuille supposer que la force magnétique a pu varier précisément en sens contraire et dans le même rapport que le cosinus de son inclinaison, ce qui n'est nullement probable. Nous aurions d'ailleurs, à l'appui de notre conclusion, l'expérience de l'inclinaison qui a été faite à la hauteur de 3,863 mètres (1,982 toises) et qui prouve qu'à cette élévation l'inclinaison n'a pas varié d'une manière sensible.

Parvenu à la hauteur de 4,511 mètres, j'ai présenté à une petite aiguille aimantée, et dans la direction de la force magnétique, l'extrémité inférieure d'une clef ; l'aiguille a été attirée, puis repoussée par l'autre extrémité de la clef que j'avais fait descendre parallèlement à elle-même. La même expérience, répétée à 6,107 mètres, a eu le même succès : nouvelle preuve bien évidente de l'action du magnétisme terrestre.

A la hauteur de 6,561 mètres, j'ai ouvert un de nos deux ballons de verre, et à celle de 6,636 j'ai ouvert le second ; l'air y est entré dans l'un et dans l'autre avec sifflement. Enfin, à 3 heures 11 secondes, l'aérostat étant parfaitement plein, et n'ayant plus que 15 kilogrammes de lest, je me suis déterminé à descendre. Le thermomètre était alors à 9°,5 au-dessous de la température de la glace fondante, et le baromètre à 32^{c},88 ; ce qui donne, pour ma plus grande élévation au-dessus de Paris, 6,977^{m}37, ou 7,016 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Quoique bien vêtu, je commençais à sentir le froid, surtout aux mains, que j'étais obligé de tenir exposées à l'air. Ma respiration était sensiblement gênée, mais j'étais encore bien loin d'éprouver un malaise assez désagréable pour m'engager à descendre. Mon pouls et ma respiration étaient très accélérés : ainsi respirant fréquemment dans un air très sec, je ne dois pas être surpris d'avoir eu le gosier si sec, qu'il m'était pénible d'avaler du pain. Avant