

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Auteur(s)	Seguin, Jules (1796-1868)
Titre	Chemins aériens : projet d'établissement d'un système de locomotion aérienne au moyen de ballons captifs remorqués par la vapeur entre la place de la Concorde et la porte de la Muette (3,600 mètres environ)
Adresse	Paris : Mallet-Bachelier, libraire, 1863
Collation	1 vol. (35 p.-[1] f. de pl. dépl.) : ill. ; 23 cm
Nombre de vues	37
Cote	CNAM-BIB 8 Ca 13 (1) (P.9) Res
Sujet(s)	Transports aériens -- Innovations technologiques -- 19e siècle Ballons -- Innovations technologiques -- 19e siècle Machines à vapeur Navigation (aéronautique)
Thématique(s)	Transports
Typologie	Ouvrage
Langue	Français
Date de mise en ligne	06/04/2018
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/125195990
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8CA13.1.9

LOCOMOTION AÉRIENNE

AU MOYEN DE

BALLONS REMORQUÉS PAR LA VAPEUR

6695 — PARIS, IMPRIMERIE JOUAUST ET FILS, RUE SAINT-HONORÉ, 358.

CHEMINS AÉRIENS

J. Ca 13

PROJET D'ÉTABLISSEMENT

D'UN SYSTÈME DE

LOCOMOTION AÉRIENNE

AU MOYEN DE

BALLONS CAPTIFS REMORQUÉS

PAR LA VAPEUR

Entre la place de la Concorde et la porte de la Muette (5,600 mètres environ)

PAR

M. JULES SEGUIN

INGÉNIEUR CIVIL

D'après le système de M. le docteur MOREAUD, maire de Saint-Apre,
membre du Conseil général de la Dordogne, de la Société aérostatique et météorologique
de France, etc., etc.



PARIS

MALLET-BACHELIER, LIBRAIRE

QUAI DES AUGUSTINS, 55

—
1863

PROJET D'ÉTABLISSEMENT

D'UN

SYSTÈME DE LOCOMOTION AÉRIENNE

ENTRE LA PLACE DE LA CONCORDE
ET LA PORTE DE LA MUETTE.

DE LA LOCOMOTION EN GÉNÉRAL.

Une fois en mouvement, un corps n'exige pas de dépense de force pour continuer sa marche autour de son centre d'attraction, à la condition de n'avoir à vaincre aucune résistance.

Les corps célestes se meuvent dans le vide, et ils n'ont besoin d'aucune impulsion nouvelle pour conserver la même vitesse; il en serait de même pour les corps animés et inanimés sur la terre, sans la résistance du milieu ou du frottement de la surface qu'ils parcourent.

L'homme en patinant dépense infiniment moins de force

qu'en marchant sur la terre, dans le parcours d'une même distance; il en est de même d'un convoi entraîné sur un rail par rapport à une locomobile se mouvant sur une route ordinaire. Abstraction faite de la résistance de l'air, un convoi ne dépense guère plus de force pour parcourir une même distance avec des vitesses différentes, le frottement étant à peu près le même dans une certaine limite; il en est de même de l'homme et des animaux: leur travail est en raison des espaces parcourus, en tant que la vitesse de la marche n'est pas incompatible avec leur organisme. Ils peuvent même accélérer beaucoup cette vitesse pendant un temps plus ou moins long.

L'homme peut courir à raison de 5 à 6 mètres par seconde;

Le cheval, à raison de 15 à 16 mètres par seconde;

Le grand lévrier, à raison de 25 à 27 mètres par seconde.

La taille des animaux est limitée par une considération dominante; leurs jambes doivent, avant tout, les supporter, et, comme leur poids s'augmente en raison du cube de leur longueur, et la section de leurs jambes en raison seulement du carré, cette disproportion avec le corps croît démesurément; il est difficile d'imaginer un animal d'une taille supérieure à celle d'un mammouth.

L'énergie des animaux varie considérablement. Les bêtes fauves déploient une très-grande force à certains moments, et s'arrêtent bientôt, tandis qu'un chameau parcourt 100 kilomètres par jour avec une marche régulière.

La force moyenne d'un homme est comptée à raison d'un effort de 10 kilogrammes; il peut élever un seau d'eau de ce poids avec une vitesse de un mètre par seconde pendant dix heures par jour; mais dans un moment donné son énergie peut se décupler; quand il monte un escalier en courant, il accomplit un travail égal à celui de deux chevaux-vapeur.

Les poissons se meuvent dans l'eau d'après des lois tout à fait différentes : pour eux la pesanteur n'existe pas. Les poissons ne se *fatiguent donc jamais au repos*; par contre, la difficulté de leur marche, au lieu d'être en raison simple de leur vitesse, est en raison du carré; ils dépensent huit fois plus de force pour parcourir un espace double dans le même temps, et l'animal marchant sur la terre une force double seulement; mais leur puissance d'action s'augmente en raison du cube de leurs dimensions; en conséquence, les gros marchent plus vite sans se fatiguer davantage. En effet, un poisson d'une taille double pèse huit fois plus, possède huit fois plus de force pour parcourir un espace donné, et sa surface a quadruplé seulement. On arrive à cette loi : à énergie égale, la marche des poissons de même forme varie comme les racines cubiques de leurs longueurs. Ainsi, un poisson dix fois plus long acquiert une vitesse plus que double. Un poisson cent fois plus long aura une vitesse quatre fois et demie plus grande environ. Enfin, avec une longueur mille fois plus grande, il aura une vitesse dix fois plus grande exactement.

On aperçoit déjà à quelle vitesse considérable peuvent atteindre les baleines, et l'infériorité de marche des petits poissons. Mais ceux-ci la rachètent quelquefois par une énergie sans égale. La truite, par exemple, déploiera dans certains cas une force deux cents fois égale à celle de l'homme, bien faible créature au point de vue musculaire. Exemple : un homme nage ordinairement, en eau calme, avec une vitesse de 1^m.40, et, lorsqu'il fait effort, il atteint à peine à celle de 2 mètres par seconde. On ne remonte pas à la nage le courant du Rhône, qui est de 2^m.40. Des observations précises constatent qu'un saumon, une truite, de 0^m.40 de longueur, peuvent atteindre à des vitesses de 8 mètres par seconde; en admettant 1^m.40 pour celle de l'homme, les pre-

miers déploieraient une énergie 188 fois plus considérable que celle de ce dernier, ou une somme de travail 188 fois plus grande, relativement à leur poids respectif. La conformation des poissons offre, il est vrai, à poids égal, moins de résistance au courant que celle de l'homme, et ils utilisent mieux leurs efforts, ce qui tend à diminuer le rapport.

Pour nager, l'homme doit tenir compte de cette loi : « La résistance de l'eau croît comme le carré de la vitesse. » Ainsi, pour nager, il faut ramener les jambes près du corps lentement et les étendre très-vite, en graduant la vitesse. C'est là tout le secret de la natation.

A énergie égale, la vitesse d'une baleine de 25 mètres de long, comme on dit qu'il en existe, comparée à la vitesse de 8 mètres d'une truite de 0^m.40 de longueur, devra être égale au rapport qui existe entre les racines cubiques des deux quantités 25 et 0.40. Elle sera donc équivalente, à très-peu de chose près, à une vitesse de 32 mètres par seconde.

Nous pourrions prolonger indéfiniment ces observations en parlant de la forme de la tête des poissons, suivant leur taille, en vue de la vitesse à laquelle ils peuvent atteindre, des précautions prises par la nature pour diminuer les frottements qu'ils éprouvent en glissant, et enfin de leur appareil moteur et dirigeant ; mais cela nous entraînerait trop loin et hors de notre sujet.

La taille des poissons a pour limites leur charpente osseuse et la profondeur des eaux dans lesquelles ils doivent vivre ; ils ont tout avantage à se mouvoir en grandes masses.

Le poisson est fait pour vivre dans l'eau ; il peut s'y reposer, y dormir, monter, descendre, presque sans effort ; il y trouve sa nourriture ; c'est son domaine ; mais l'oiseau n'est pas fait pour vivre dans l'air, comme on le dit vulgairement. Ceci nous amène à parler du vol des oiseaux.

VOL DES OISEAUX.

Le vol des oiseaux est un fait tout à fait anomal ; l'oiseau ne peut se reposer dans l'air, mais il peut s'y soutenir, y progresser pendant un certain laps de temps, à la condition d'exercer un travail incessant des plus fatigants ; c'est le galérien de l'air.

La question du travail développé par un oiseau pour se mouvoir dans l'air est très-ardue, très-controversée : pas de mécanisme compliqué, ingénieux, comme celui destiné à faire mouvoir ses ailes et sa queue. Il lui permet toutes les combinaisons nécessaires pour s'élever, progresser et tourner. On peut cependant établir la règle générale de l'équilibre et de la marche de l'oiseau dans l'air.

La dépense de force d'un oiseau en mouvement dans l'air se divise en deux parties :

1° Celle nécessaire pour se maintenir en équilibre. Elle est en raison de son poids par rapport au carré de la surface de son corps, ailes et queue déployées. C'est une constante.

2° L'autre, variable, est en raison du cube de sa vitesse et de sa surface dans le sens et au moment du vol.

Pour apprécier la force nécessaire pour tenir en équilibre dans l'air un disque carré de 1 mètre pesant 10 kilogr., par exemple, il faut se demander quelle serait la vitesse d'un courant d'air agissant de bas en haut et capable de maintenir ce disque au repos. Cette vitesse serait égale à 9 mètres environ par seconde, équivalant à 10 kilogr. d'effort ; la dépense de force serait alors de 90 kilogrammètres et équivaldrait à celle de 1 cheval-vapeur et $\frac{1}{5}$

Si la surface était de 100 mètres pour le même poids de 10 kilog., la résistance sur chaque mètre serait alors de $\frac{1}{10}$

de kilogramme seulement, représentant une vitesse de vent de $0^m.90$, et la dépense de force serait réduite à 9 kilogrammètres équivalant aux $6/50$ d'un cheval-vapeur, soit des $9/10$.

La vitesse avec laquelle un oiseau doit mouvoir ses ailes pour se soutenir est donc d'autant plus petite que ses ailes sont plus grandes. Mais elles devaient lui servir en même temps à progresser, opération pour laquelle il est obligé de les agiter obliquement, et non plus perpendiculairement; alors son effort se décompose en deux forces bien distinctes : l'une toujours constante, pour annihiler l'effet de la pesanteur, et la seconde destinée à le faire avancer. Si la vitesse nécessaire à le maintenir en équilibre était très-petite, celle indispensable à sa marche très-grande relativement, en accélérant ses mouvements, il tendrait à s'élever en même temps qu'à marcher. Aussi existe-t-il une corrélation entre ces deux quantités, et la surface de l'aile d'un oiseau est-elle calculée non-seulement en vue de le soutenir le plus économiquement possible, mais encore pour lui faire acquérir une marche accélérée. Veut-il l'augmenter encore, il est obligé de mouvoir ses ailes d'avant en arrière. Si le mouvement alternatif des ailes d'un oiseau s'opérait dans les mêmes conditions, il serait complètement inutile; il n'en est pas ainsi, vu la conformation des ailes, lisses et couvertes en dessus, et planes et hérissées en dessous, vu surtout la différence de vitesse entre le mouvement de relèvement et celui d'abaissement. Nonobstant la perfection du mécanisme, il n'en résulte pas moins une nouvelle dépense de force très-difficile à apprécier; nous la négligerons dans les calculs qui vont suivre. Ils ne représenteront qu'un minimum de dépenses.

Un aigle ordinaire pèse 10 kilogr., et la surface de son corps, ailes déployées, représente 1 mètre $1/4$ carré environ. Théoriquement, l'effort qu'il devra faire pour se soutenir sera, par mètre, égal à $8^k.30$, représentant une vitesse de

7^m.50 multipliée par 10 kilogrammes, c'est-à-dire égale à 75 kilogrammètres, force d'un cheval. Mais, comme les ailes se meuvent seules, et non le corps tout entier, elles devront s'abaisser avec une vitesse supérieure à 7^m.50, ce qui augmente la dépense de force en plus de celle résultant de la perte occasionnée par leur relèvement. En élevant, pour la réalité, cette dépense théorique de 75 à 120 kilogrammètres, nous arrivons à la force d'un cheval $3/5$, comme représentant celle nécessaire à un aigle pour se soutenir dans l'air. Cette force équivaut à celle de douze hommes.

Évaluons maintenant la dépense de force à ajouter pour obtenir une vitesse de 20 mètres. Nous admettrons sa surface dans le sens du vol égale à $1/5$ de mètre carré. La résistance opposée par l'air à 1 mètre carré, possédant la vitesse 20, sera égale à 22 kilogrammes seulement, attendu la forme arrondie du corps et des ailes; soit un travail de 440 kilogrammètres. Pour une surface de $1/5$ de mètre carré, la résistance sera de 88 kilogrammètres. Mais les ailes doivent, en même temps, opérer le travail nécessaire pour maintenir le corps en équilibre, et prendre une inclinaison et une vitesse égales à la résultante de deux genres de travail; la dépense totale sera donc égale à la racine carrée du nombre qu'on obtient en ajoutant les carrés des quantités 88 et 120, 148 kilogrammètres, deux chevaux en nombre rond.

Pour une vitesse de 30 mètres, le travail dépensé devrait être dans le rapport de 8 à 27; mais, comme le plan des ailes se rapprochera davantage du plan horizontal, nous admettrons un travail trois fois plus considérable seulement, soit de 264 kilogrammètres, et pour résultante un travail absolu de 287 kilogrammètres, égal à celui de 28 à 29 hommes.

Quant aux vitesses de 40 à 50 mètres, comme elles n'ont jamais été constatées, nous n'y croyons pas, et nous place-

rons, jusqu'à nouvel ordre, entre 25 et 30 mètres, le maximum de la vitesse de la marche des animaux terrestres, des poissons et des oiseaux.

Quelques personnes se refusent à croire à un pareil développement de force de la part d'êtres d'un poids aussi peu considérable par rapport à celui de l'homme. Ce dernier peut, dit-on, maîtriser, paralyser les efforts d'un oiseau de la plus grande dimension. Acela nous répondrons : Le travail est représenté par un effort et une vitesse, et dans les calculs précédents nous n'avons pas admis pour l'aigle un effort supérieur à 10 ou 12 kilogrammes, tandis que l'homme peut en faire un de 40 à 50 à un moment donné.

On en peut dire autant à propos du travail dépensé par les poissons; ils dépensent, comme les oiseaux, par la rapidité de leurs mouvements. Tous les naturalistes ont signalé, du reste, la vitalité de ces êtres, l'activité de leur respiration et de leur digestion, le développement et la vigueur de leurs muscles locomoteurs.

La taille des oiseaux est limitée par cette loi : leur poids augmente en raison du cube de leur dimensions, et la surface des ailes en rapport du carré seulement; les ailes des grandes espèces ont une grandeur démesurée si on la compare à celle du corps : avec des ailes relativement très-petites, les hirondelles et autres oiseaux d'espèces analogues se meuvent très-vite et souvent fort longtemps.

Essayons d'appliquer ces données au vol d'un homme. On admet généralement le poids de son corps égal à 70 kilogr.; sa surface, les bras étendus, serait d'environ $1/5$ de mètre carré. Il faudrait, pour le maintenir en équilibre, un effort de 350 kilogrammes par mètre carré, soit une vitesse de vent égale à 50 mètres. La dépense serait donc de 70 kilogrammes, avec une vitesse de 50 mètres, c'est-à-dire égale à 46 chevaux ou à 345 fois la sienne propre. Le travail d'un cheval

est évalué à 75 kilogr., avec un mètre de vitesse, soit sept fois et demi celui de l'homme.

En admettant que l'homme fit un effort quadruple de son effort normal, soit de 40 kilogrammes avec un mètre de vitesse équivalant à 70 kilogrammes, avec 0^m.58 de vitesse, il lui faudrait, pour se soutenir en l'air, une surface d'ailes de 1,555 mètres carrés, en faisant alors un effort de 0^k.045 par mètre carré. Il faudrait de plus que son poids ne fût pas augmenté. Peut-on admettre, d'après cela, qu'un homme ait jamais pu progresser dans l'air, ou seulement s'y maintenir en équilibre un seul instant, malgré toutes les fables débitées à ce sujet?

Pour se maintenir en l'air, il faudrait que l'homme pût fabriquer un appareil de 10 mètres carrés pesant 30 kilogrammes seulement, et qu'il déployât un effort 70 fois supérieur théoriquement à sa force normale.

Le vol au moyen de plans inclinés mus par des hélices ou autres propulseurs est-il plus praticable?

Une surface de 20 mètres de côté ou de 400 mètres carrés, pesant 1,000 kilogrammes, exigerait théoriquement, pour être maintenue en l'air, un effort de 2^k.50 par mètre carré, équivalant à une vitesse de 4 mètres environ, soit 4,000 kilogrammètres ou 57 chevaux-vapeur; 1,000 kilogrammes donneraient 17^k.60 par force de cheval, appareil compris, et encore pour ne rien produire d'utile. Pour obtenir ce résultat, il faudrait pouvoir se mettre dans les conditions où se trouve l'oiseau, c'est-à-dire produire la puissance d'un cheval avec un poids de 4 à 5 kilogrammes.

Cette question est donc ajournée.

Nous le rappelons ici pour mémoire : l'on peut lancer un corps dans les airs au moyen de l'arc, de la fronde, d'un spiralifère ou de la poudre à canon; pour obtenir la locomotion aérienne, il faut revenir à l'enfant de l'air, à l'aérostat.

Il peut s'y maintenir en équilibre, profiter de tous ses courants, sans dépense de force aucune; s'y élever, s'y abaisser sans grand effort; et enfin, en l'état de nos progrès mécaniques, il est possible de lui imprimer une vitesse de quelques mètres par seconde en air calme; le mode de locomotion au moyen de plans inclinés, imité du vol des oiseaux, très-perfectionné même, ne pourrait prévaloir quand il s'agirait de transporter de grandes masses avec une petite vitesse.

Les aérostats se meuvent dans l'air suivant les mêmes principes, les mêmes lois, que les poissons dans l'eau; il faut seulement tenir compte de la différence de densité des deux fluides, et, dans une mesure très-restreinte, de la différence de leur élasticité. Pour eux comme pour les poissons, la facilité de locomotion augmente avec le diamètre, la puissance croissant comme les cubes, et la résistance comme les carrés seulement.

La loi générale de la résistance du vent étant en raison de la surface multipliée par le carré de la vitesse, il faut admettre, avant tout calcul, un point de comparaison pour unité. On a donc essayé de déterminer la résistance d'un vent de 1 mètre de vitesse sur une surface plane de 1 mètre carré; la théorie étant impuissante à préciser un pareil effort, on a eu recours à de nombreuses expériences. Elles ont eu pour résultat de faire admettre $0^k.135$ pour la résistance d'une surface plane à ce vent de 1 mètre, et $0^k.054$ pour celle d'une surface sphérique. Ces données ont servi de bases aux calculs précédents.

La pratique de l'aérostation semble avoir reculé au lieu d'avoir avancé depuis le commencement du siècle; elle est livrée à des entrepreneurs de fêtes publiques, se préoccupant avant tout de diminuer les frais d'une ascension, visant à obtenir des enveloppes économiques et légères, impropres par suite à prévenir la déperdition du gaz ou à résister aux

intempéries de l'atmosphère. Ces deux qualités ne sont cependant pas impossibles à obtenir. Les aérostatiers des armées républicaines maintenaient leurs ballons dans les airs pendant des mois entiers sans les dégonfler et sans grande perte de gaz.

En construisant des ballons de grands diamètres, avec des enveloppes d'un poids de 1,000 à 1,200 grammes par mètre carré, au lieu de 200 à 300 ; en les maintenant avec des filets construits en soie végétale (elle possède une grande résistance sans s'altérer à l'air), on pourra avoir des appareils capables de se maintenir constamment en état de fonctionner, sans réparations ni pertes de gaz coûteuses.

Les premiers essais de locomotives produisirent des machines très-lourdes par rapport à leur puissance ; on connaît le degré de perfection auquel elles sont parvenues en peu d'années, sous l'empire de la multiplicité de leur emploi ; comme il faut aux locomotives un grand poids pour opérer la traction, on ne cherche pas à les construire très-légères. Il n'en serait pas de même pour la locomotion aérienne.

En l'état de nos connaissances pratiques en fait de mécanique, l'on pourrait construire des machines d'une grande puissance, pesant 100 kilogr. seulement par force de cheval, chaudière comprise, bien entendu.

Calculons la vitesse avec laquelle on pourrait faire mouvoir un aérostat de 50 mètres de diamètre, avec de pareilles machines.

Cet aérostat aurait :

Section.	1,970 m. car.
Surface.	7,880 m. car.
Cube.	65,600 m. cubes.

Supposons-lui une force ascensionnelle de 0^{re}.80 par mètre cube, soit 52,480 kilogr. Retranchons, pour le poids de

l'enveloppe : 10,480 kil., il reste un effet utile de 42,000 kil. Admettons sa marche avec une vitesse de 5 mètres par seconde, équivalente à $1^k.35$ de résistance par mètre carré, soit, pour la surface entière, de 2,660 kil. à la section. En multipliant ce nombre par 5 on obtient 13,300 kilogrammètres, équivalant à 177 chevaux-vapeur, ce qui donne 17,700 kil. à retrancher de 42,000, ou 24,300 kilogr. pour les agencements et approvisionnements.

Nous avons admis pour la force entière de la machine un effet utile ; en pratique, il n'en serait pas ainsi, et il est bien difficile d'apprécier le mérite des divers propulseurs proposés ; en supposant que l'on utilisât les $\frac{2}{3}$ seulement, il faudrait une machine de 250 chevaux, et il resterait toujours un excédant de poids disponible de 17,000 kilogr.

Ainsi il nous paraît démontré que l'on pourrait construire et diriger un ballon de 50 mètres avec une vitesse de 5 mètres par seconde, en temps calme ; le faire monter et descendre avec la même vitesse, en comprimant le gaz, et arriver par ce moyen dans les courants de directions opposées admis aujourd'hui comme existant dans les premières couches atmosphériques. (Nous avons calculé la force ascensionnelle du ballon en admettant qu'il s'élèverait jusqu'à 3,000 mètres.)

Calcul pour un ballon de 25 mètres de diamètre.

Section.	491
Surface.	1,964.
Cube.	8,200
Force ascensionnelle, à raison de $0^k.80$ par mètre cube, ci.	6,500
Poids de l'enveloppe et des filets.	1,560
Force utile.	5,000 kg.

Résistance à 4 mètres de vitesse par mètre carré, $0^k.864$; pour 491 mètres carrés, 414 kilogr., à multiplier par 4, soit

1,656 kilogramètres, ou 22 chevaux-vapeur $\frac{8}{10}$, dont le poids serait de 2,280 kilogr. Retranchant ce nombre de 5,000, on a 2,720 kilogr., dont il faut encore soustraire $\frac{5,000}{2} = 1,440$, pour la déperdition de force. On a en définitive :

$$2,720 - 1,440 = 1,280 \text{ kilgr.}$$

Si jamais la navigation aérienne parvient à s'établir, le premier, si ce n'est le principal mérite, reviendra à M. Giffard, dont la hardie tentative n'est pas assez connue.

Le 24 septembre 1852, M. Giffard, ingénieur civil, s'éleva dans les airs à l'Hippodrome, porté par un ballon ayant une force ascensionnelle de 1,800 kgr., ainsi répartie :

Aérostat avec la soupape.	320
Filet.	150
Traverse, corde de suspension, gouvernail, corde d'amarrage.	300
Machine et chaudière vide.	150
Eau et charbon contenus dans la chaudière au moment du départ	60
Châssis de la machine, brancard, roues mobiles, bâches à eau et à charbon.	420
Corde pour arrêter l'appareil, poids de la personne qui le conduit	150
Force ascensionnelle nécessaire au départ.	10
Total.	1,560

Il restait disponible un poids de 240 kil. pour les approvisionnements et le lest.

La machine était de la force de 3 chevaux. Le vent, soufflant avec violence, ne permettait pas de lutter contre son courant. Mais M. Giffard put exécuter avec le plus grand succès

diverses manœuvres de mouvement circulaire et de déviation latérale ; l'action du gouvernail se faisait parfaitement sentir. L'approche de la nuit détermina M. Giffard à opérer sa descente, après s'être élevé à 1,800 mètres.

Faisons donc justice de toutes les niaiseries débitées depuis si longtemps sur l'impossibilité de voyager en ballon, de les diriger, vu l'impossibilité de se procurer un point d'appui dans l'air.

On peut se mouvoir, se diriger dans l'air, au moyen d'un aérostat, comme les poissons peuvent le faire dans l'eau, soit calme, soit agitée par des courants. Dans ce dernier cas, on peut même les mettre à profit, à l'exemple des navires, Pour naviguer dans l'air, il ne faut que beaucoup d'argent, du calcul et de l'audace.

En attendant, on peut faire immédiatement quelque chose d'utile, de profitable, en dirigeant par la vapeur des ballons captifs de grande dimension.

Lorsqu'un poisson, un bateau à vapeur, un oiseau, se meuvent dans l'eau ou dans l'air, au moyen d'un propulseur prenant appui sur ces fluides, il peut se présenter deux cas, en supposant cette eau ou cet air calme, ou bien animé d'une certaine vitesse. Si les corps placés dans ces milieux se meuvent dans la direction de cette vitesse, les choses se passeront absolument de la même manière dans le second cas que dans le premier, par rapport à l'air ou à l'eau ; je veux dire que le bateau, l'oiseau, etc., auront, par rapport au courant, une vitesse excédante égale à celle qu'ils auront dans le fluide en repos. Pour qui se meut dans un courant, et n'a pas à s'y mouvoir par rapport à tel ou tel point du rivage, ce courant n'existe pas. Mais, pour celui qui a intérêt à marcher contre ce courant pour aller d'un point à un autre, la question est complètement différente.

Un corps pourra se mouvoir contre un courant de 5 mètres

de vitesse, par exemple, avec une dépense de force équivalente à cette vitesse en eau calme, et dépenser beaucoup de puissance, en restant stationnaire par rapport au rivage. Pour avancer vers le point qu'il veut atteindre, il faut qu'il parvienne à se mouvoir avec une vitesse supérieure à celle du courant, et il y aura toujours perte sèche de tout ce qu'il lui a fallu dépenser de force pour arriver à être stationnaire par rapport au rivage.

Dans ce cas, il y a tout avantage à prendre son point d'appui sur le rivage, et non plus sur le corps en mouvement dans lequel on se meut. On appelle cette opération se touer ou se haler. Elle a non-seulement l'avantage de supprimer la dépense de force nécessaire pour arriver à rester stationnaire, mais son économie est supérieure à celle de tous les autres propulseurs, queues, ailes, hélices, ou roues à aubes. On se demandera pourquoi ce moyen de locomotion n'a pas été généralement employé jusqu'à ce jour à la remonte des rivières. La difficulté consistait à se procurer ce point d'appui sur le rivage; cette difficulté paraît surmontée maintenant par l'établissement d'une chaîne au fond du lit des rivières, sur laquelle le bateau en remonte prend son point d'appui. On peut voir à chaque instant sur la Seine, à travers Paris, un appareil semblable fonctionner avec grande économie.

Pour diriger utilement un ballon contre un courant d'air, il faut avoir recours à un moyen analogue; et même, pour lui imprimer de la vitesse en air calme, ce moyen serait préférable à l'emploi de l'hélice agissant directement sur l'air. Il présentera en même temps une sécurité absolue. On peut faire le calcul des différentes manières de haler un ballon : avec une locomotive, par exemple, cela serait praticable, mais coûteux; il faudrait établir le chemin partout à ciel ouvert, et transporter la machine elle-même. On pourrait établir une chaîne sur la terre; mais elle devrait être d'un

poids trop considérable pour ne pas dévier de sa position par le fait des courants d'air perpendiculaires à sa direction. Tous ces moyens ont été discutés, et, après calcul, le préférable nous paraît être celui inventé par M. le docteur Moreaud, de Saint-Apre, invention dont nous nous proposons de faire l'application à Paris.

**PROJET d'établissement d'un système de locomotion
aérienne, au moyen de ballons captifs remorqués
par la vapeur, entre la place de la Concorde et la
porte de la Muette (3,600 mètres environ).**

Il sera établi une série de poteaux juxtaposés contre le mur du quai, depuis le pavillon du chemin de fer américain jusqu'au-dessous de la Manutention; elle sera continuée à travers les terrains non bâtis situés entre ce point et le boulevard de l'Empereur; puis sur l'un des côtés de la voie pour les chevaux dudit boulevard jusqu'à la ligne des fortifications, près de l'entrée du bois dite de la Muette.

Ces poteaux seront espacés, en moyenne, de 100 mètres; leur tête sera armée d'une pièce de forge portant dans sa partie inférieure une poulie verticale, surmontée de deux poulies horizontales à forme sphéroïde, éloignées l'une de l'autre d'un centimètre et demi dans leur plus grand rapprochement; il y aura une seconde poulie verticale sur l'un des côtés du poteau.

Un câble en fils d'acier pourra courir en double sur les poulies verticales, du point d'arrivée au point de départ, où il s'enroulera et se déroulera autour de grands cylindres destinés à lui imprimer le mouvement, et mus eux-mêmes par une machine à vapeur.

Sur ce câble, faisant fonction de va-et-vient locomoteur, sera greffé, pour ainsi dire, un autre câble conduisant un

ballon; ce greffement aura lieu en épanouissant ce câble de manière à augmenter sa largeur en réduisant son épaisseur à un centimètre pour lui permettre de passer entre les deux poulies sphéroïdales qui retiendront le câble horizontal, d'un diamètre de trois centimètres et demi (1). /

Voilà une idée générale du système.

La force de résistance des pieux, de leur armature, celle des câbles horizontal et vertical, l'agencement du ballon et de la nacelle, seront tels qu'il y aura *sécurité complète* pour les personnes transportées. Le seul danger à craindre serait qu'un ouragan survint instantanément.

Or on peut toujours le prévoir très à l'avance, comme on verra plus loin.

On peut établir ce système de locomotion dans toutes dimensions. M. le docteur Moreaud de Saint-Apre l'a fait fonctionner avec succès au moyen de cordes et de très-petits ballons.

Un aérostat sphérique de 40 mètres de diamètre aurait une section de. 4,257 mètres carrés.

Une surface de. 5,028 — —

Et une capacité de. 33,510 mètres cubes.

Complètement gonflé d'un hydrogène impur d'une densité de 0.25 environ, sa force ascensionnelle totale serait. 33,500 kilogrammes.

qui se répartiraient ainsi :

Enveloppe. 6,500 —

Nacelle. 3,500 —

Câble directeur. 1,500 —

Force ascensionnelle réservée. 6,000 —

Et il resterait une force disponible de 16,000 kilogrammes,

(1) On augmentera ce diamètre, s'il est nécessaire, sur une longueur de 200 mètres.

équivalant au poids de deux cent cinquante personnes, à raison de 64 kilogrammes l'une (le soldat français pèse en moyenne 64 k. 50).

Ce ballon, marchant avec une vitesse de 7 mètres par seconde, en temps calme, éprouverait de la part de l'air une résistance d'environ $2^k.70$ par mètre carré de section, soit environ 3,400 kilogrammes de résistance totale. Le travail de traction serait donc $3,400 \times 7 = 23,800$ kilogrammètres, environ 316 chevaux-vapeur.

Le même travail donnerait une vitesse de $3^m.50$ contre un vent debout de $6^m.50$. La résistance à la traction est alors 6,800 kilogrammes.

Nous admettons ces deux quantités, 7 mètres et $3^m.50$ pour, limites de la vitesse du parcours, dont la durée serait ainsi comprise entre huit et dix-huit minutes. Le vent en poupe serait favorable à la marche; le vent de côté la contrarierait peu (1).

(1) Nous extrayons d'une notice publiée tout récemment par M. Hirn, ingénieur à Mulhouse, les passages suivants :

« Près de 400 applications de la transmission des forces par le système des câbles en acier glissant sur des poulies ont été faites par la maison Stein et C^e, de Mulhouse. Ce qu'il y a de certain, et ce que l'expérience a prouvé, c'est que les pertes de travail dues à ce mode de transmission de mouvement sont presque insignifiantes.

« Suivant les expériences faites, ces pertes de travail se réduisent à $2 \frac{1}{2}$ p. 100 lorsque l'appareil fonctionne sans poulies-supports; quant à ces dernières, qui sont espacées ordinairement de 150 mètres, la perte de travail qu'elles entraînent est évaluée à 2 kilogrammètres pour 100 kilogrammes de poids de câble : ainsi, pour une force de 120 chevaux transmise à 20 kilomètres, avec un câble du poids de 0 k. 5 par mètre courant, la perte totale serait de 21 chevaux ou de un peu plus de $\frac{1}{6}$ seulement.

« En laissant la part la plus large à la résistance de l'air et à la roideur du câble, il restera toujours une force motrice disponible de 90 chevaux, que nous aurons envoyée à une distance égale à celle qui sépare Paris de Versailles. »

Conformément à ces données, nous admettrons une machine de 400 chevaux pouvant faire varier la vitesse de sa marche dans le rapport de 2 à 1.

Le maximum d'effort à la traction (6,800 kilogrammes) étant déterminé, ainsi que la force ascensionnelle réservée de 6,000 kilogrammes, l'effort exercé sur le câble directeur, suivant la résultante de ces deux forces, sera 9,000 kilogrammes; celui sur le câble de traction sera plus difficile à préciser : il dépendra de sa flèche au point où s'exercera l'effort; nous partirons, pour le calculer, d'une donnée très-large; nous supposerons qu'à un moment donné on aura à résister à l'effet d'un vent de côté de 18 mètres.

L'effet sera égal à $17^{\text{h}}.50 \times 1257$, soit 22,000 kilogrammes, combinés avec l'effort dans le sens ascensionnel (6,000 kil.), soit 28,000 kilogr. d'effort total; ce chiffre devra encore être augmenté suivant la flèche que prendra le câble entre les deux poteaux; nous l'admettrons de 13 mètres en pratique, et supposerons alors l'effort double, ou même de 50,000 kilogr.

Les Anglais fabriquent des fils d'acier résistant, à l'essai, à 200 kilogr. par millimètre carré, et, à l'usage, à 100 kil.

En donnant au câble moteur 500 millimètres carrés, nous pourrions lui faire supporter 50,000 kilogrammes en toute sécurité.

La force ascensionnelle réservée serait, avons-nous dit, de 6,000 kilogrammes en plus du poids des personnes transportées, évalué à 16,000 kilogr. Si on marchait à vide, la force ascensionnelle s'élèverait donc à 22,000 kilogr., et l'effort sur le câble augmenterait. La pratique apprendra si on peut fonctionner sous cet effort ou s'il faudra suppléer aux voyageurs absents au moyen d'un lest équivalent.

L'effort maximum qu'auront à supporter les pieux sera, au moment du passage du câble remorquant le ballon, sous le plus grand effort transversal, admis à 22,000 kilogr., tendant à leur rupture dans le sens horizontal. Leur longueur sera de 14 mètres, dont 5 mètres fichés en terre; on emploiera du mélèze ou du sapin rouge du Nord; ces pieux auront au niveau du sol 0.^m60 en carré; la section sera

360,000 millimètres carrés. Divisant par le rapport de la hauteur 9 à la moitié 0.^m30 du côté de la base, soit par 30, on obtient la réduite 12,000 millimètres carrés, représentant, à raison de 2 kilogr. par millimètre carré, une résistance de 24,000 kilogrammes. La résistance du mélèze et du sapin du Nord varie entre 4 et 10 kilogrammes par millimètre carré.

L'armature de chaque tête de pieu aura la même résistance; ce sera la partie du système la plus délicate à combiner et à exécuter; la transmission du mouvement ne présentera aucune difficulté; la pratique a déjà résolu ce problème de la manière la plus satisfaisante, comme nous l'avons dit plus haut; et s'il s'agissait d'opérer toujours en temps calme, nous n'aurions rien à ajouter; mais nous aurons à lutter contre les vents de côté.

Un vent de côté de 14 mètres de vitesse exercerait un effort de 13,000 kilogr., et nous n'aurons à lui opposer qu'une force ascensionnelle de 6,000 kilogr.; le câble de direction du ballon devra donc fonctionner sous un angle de 30 degrés avec l'horizon, et la poulie située dans le sens de l'effort le supportera entièrement; son épaisseur devra être telle que le câble puisse s'infléchir sur elle sans se détériorer. Nous ne croyons pas impossible d'obtenir ce difficile résultat.

Nous avons démontré, afin de rassurer les esprits, que le câble horizontal pouvait résister à l'effort d'un vent de 18 mètres, dans le cas où il surviendrait subitement.

Mais la marche deviendrait difficile sous l'inclinaison qu'il imprimerait au câble d'attache; l'angle de 30 degrés ou la vitesse de 14 mètres sera fixé comme limite.

Cette limite s'accorde avec la marche ascensionnelle de la vitesse des vents dans la localité de Paris.

Nous devons à l'obligeance de M. Mangon, professeur de physique à l'École des ponts et chaussées, la communication

d'observations très-intéressantes faites sur le régime des vents à Paris, depuis 1849.

Elles montrent que la plus grande accélération de vitesse acquise par le vent pendant 30 minutes ne dépasse pas 7 mètres. En sorte qu'en partant avec une vitesse de 7 mètres, la course ne devant jamais durer une demi-heure, on arrive avant que cette vitesse ait atteint 14 mètres. L'on ne pourrait vaincre cet effort s'il venait debout; mais dans ce cas on reviendrait immédiatement au point de départ.

Il ne faut pas s'exagérer l'inconvénient de suspendre le service pendant la durée des vents au-dessus de 7 mètres. Ils règnent dans l'année, en moyenne, pendant 800 heures seulement (soit 33 jours); la durée des vents au-dessus de 14 mètres n'atteint pas 100 heures.

La prévision du temps, de l'élévation de vitesse des vents, a fait de grands progrès, grâce surtout à l'invention du sympièsomètre, baromètre extrêmement sensible; mais il faut se livrer à des observations de tous les instants, et se défier de l'imprévoyance.

L'amiral Villeneuve, parti de Toulon depuis quelques jours seulement, arrivait à Cadix à moitié désemparé; à la même époque, Nelson, qui était à sa poursuite, écrivait à lord Melvil : « Depuis vingt et un mois je tiens la mer, sans avoir perdu un seul mât ni même une vergue. »

Depuis quelque temps les bulletins météorologiques de l'observatoire de Paris, publiés sous la direction de MM. Le Verrier et Marié-Davy, renferment des télégrammes météorologiques donnant, deux jours à l'avance, le vent probable pour les côtes de France, divisées en cinq régions.

Nous en sommes donc convaincu. Il n'y aurait à établir ni service de locomotion aérienne, en toute sécurité, entre la place de la Concorde et la porte de la Muette; service irrégu-

lier, bien entendu, et destiné uniquement à fournir aux Parisiens l'agrément d'un parcours aérien.

Une grave objection se présente : Que deviendra le ballon pendant l'ouragan qui souffle (très-rarement il est vrai) avec des vitesses de 40 mètres, à Paris comme dans les régions équatoriales ?

L'enveloppe résistera-t-elle à la pression exercée par un pareil courant ? Pourra-t-on l'empêcher de se heurter, de se déchirer contre le sol ?

L'effort d'un vent de 40 mètres de vitesse est de 86 kil. par mètre carré de section de l'aérostat, et, pour toute la section, de 108,000 kilogr. En admettant la nacelle enlevée, la force ascensionnelle du ballon serait de 25,000 kilogr. seulement, un quart de l'effort horizontal ; il faut 200 mètres pour longueur du câble de retenue ; le centre du ballon serait abaissé à 50 mètres environ, et son enveloppe à 30 mètres seulement du sol. Cette distance serait suffisante si l'on n'avait à redouter encore le mouvement oscillatoire, dont on ne peut préciser l'amplitude.

Il y a impossibilité d'allonger le câble d'attache, à cause des manœuvres.

On pourrait construire une tour de refuge de 50 mètres de hauteur et 60 mètres de diamètre. Mais la dépense serait considérable, et grande la difficulté pour y pénétrer.

En adaptant un plan incliné sous l'aérostat, il tendrait à le relever ; mais faudrait-il le maintenir constamment en place, ou serait-il possible de l'accrocher quand la vitesse du vent serait déjà considérable ? Le dégonflement serait impraticable en plein air avec de grandes vitesses de vent.

Une seule solution s'est présentée à notre esprit. Amarrer le ballon, dès que la vitesse du vent dépasse 15 mètres, au sommet d'un pilier en maçonnerie de 30 à 35 mètres d'élévation ; ce pilier serait formé d'un cylindre creux flanqué de

quatre contre-forts, le tout relié par des tirants en fer ; le câble d'amarre aurait une longueur de 50 à 60 mètres seulement, suffisante pour l'accrocher à l'axe de réunion du filet, de la nacelle et du câble directeur, amené à hauteur convenable par la machine à vapeur. La force de ce câble devrait être considérable, car il aurait à résister à l'effet résultant de la pression du vent et de la force ascensionnelle, 110,000 kilogrammes environ ; sa section serait 1,200 millimètres carrés.

Par cette disposition, sous l'effort de l'ouragan, le centre du ballon arriverait à 50 mètres du sol, son enveloppe à 30 mètres ; avec une longueur de câble de 60 mètres, les oscillations ne seraient plus à craindre ; dans tous les cas, on pourrait les diminuer encore en raccourcissant le câble d'amarre au moyen de la machine à vapeur ; ce câble de retenue serait disposé en double et amarré à la base intérieure du pilier en maçonnerie.

L'enveloppe de l'aérostat résisterait-elle à un effort de 80 à 90 kilogr. par mètre carré, à un ouragan de 40 mètres de vitesse, qui enlèverait toute espèce de voiles de mâture ?

La surface de celles-ci est plane, celle de l'aérostat est sphérique ; les premières ont peu d'élasticité, elles fouettent sous l'effort du vent, et ce sont ces effets de force vive qui amènent leur destruction ; l'enveloppe reposera sur un corps essentiellement élastique, et les oscillations du ballon elles-mêmes la préservent de tout choc brusque ; elle n'aura à supporter qu'une pression régulière, analogue, dans une proportion plus forte, à celle du gaz qu'elle renferme ; elle serait de plus contenue par le filet, dont on pourra toujours augmenter la résistance. D'après les formules admises, cette résistance, dans cette circonstance, équivaldrait à 8^k.60 pour une bande de 1 centimètre de largeur, l'enveloppe ayant un poids de 1 kilogr. par mètre carré, et la pesanteur du chanvre égale à celle de l'eau, l'épaisseur de la bande se-

rait de 1 millimètre carré, sa section de 10 millimètres carrés, soit un effort de 0^k.86 par millimètre; celle du chanvre varie entre 5 et 6 kilogr.

Les personnes familiarisées avec la science et les arts mécaniques doivent comprendre notre réserve; il est très-difficile de se rendre un compte exact des données d'un problème aussi ardu, aussi nouveau, que celui de la navigation aérienne. Si l'emploi des ballons captifs offre toute sécurité aux personnes transportées, il présente bien plus de chances d'avaries pour les enveloppes qu'elles n'en ont à redouter abandonnées librement aux courants de l'atmosphère. Il ne faut pas se le dissimuler.

Nous n'entrerons pas ici dans le détail des dispositions à prendre pour obtenir la constante perpendicularité de la nacelle, pour éviter son contact avec le câble de direction, etc.

L'articulation du câble d'attache avec celui de traction exigera des dispositions toutes particulières; il en sera de même pour amener le ballon à hauteur donnée; mais cela rentre dans le domaine de l'ingénieur et des mécaniciens, et ne présente point d'obstacles insurmontables.

La nacelle affectera la forme d'un cône tronqué; elle aura à la base 12 mètres de diamètre, et quatre rangs de sièges superposés, pouvant contenir 250 personnes environ, défendues par un *tendelet*, du soleil et de la pluie.

On ferait en moyenne 13 ou 14 courses par jour, pendant 210 jours; en admettant 200 personnes à chaque voyage, on transporterait dans l'année 500,000 à 600,000 personnes.

Il serait bien intéressant pour la navigation aérienne libre de pouvoir maintenir et manœuvrer dans l'air, à l'état captif, des aérostats de grandes dimensions. On résoudrait par là la question de l'imperméabilité et de la durée des enveloppes exposées aux intempéries des saisons. En maintenant captifs à diverses hauteurs des ballons d'un petit diamètre, on étu-

dierait la direction, la vitesse des vents, et les angles sous lesquels ils soufflent, et l'on réunirait ainsi les éléments nécessaires pour faire, en connaissance de cause, des essais de navigation libre.

Cette question préoccupe bien des imaginations; elle séduit beaucoup de personnes; toutefois il serait difficile d'obtenir d'elles des sacrifices pécuniaires sans autre but qu'une satisfaction de curiosité; mais on peut concilier ce sentiment avec l'intérêt pécuniaire en spéculant sur l'empressement du public pour tout ce qui est nouveau; un voyage aérien de 3,000 ou 4,000 mètres, d'un point central comme la place de la Concorde à un autre aussi fréquenté que le bois de Boulogne, séduira beaucoup de monde et se payera cher.

Ces considérations nous ont suggéré la pensée de proposer l'établissement du service de navigation aérienne dont il est ici question.

ÉVALUATION approximative du coût de l'établissement d'une voie aérienne entre la place de la Concorde et le bois de Boulogne.

Terrains.

La station du côté de la place de la Concorde sera établie derrière le pavillon du chemin de fer américain ; la ville de Paris prêterait gratuitement, nous le pensons, cet emplacement.

Il y aura une indemnité annuelle à payer aux propriétaires des terrains non bâtis situés entre la Manutention et le boulevard de l'Empereur. *(Mémoire.)*

Si l'État ne veut pas permettre l'établissement provisoire d'une station sur la zone intérieure des fortifications, on établira les stations du bois de Boulogne sur les terrains non bâtis situés sur le prolongement de l'axe du cours de l'Empereur. *(Mémoire.)*

Propulseur.

Une machine à feu, 400 chevaux,
à raison de 600 fr. par cheval, ci. 240,000 fr.

Bâtiment d'installation, cheminée, fourneaux, logement, ci. . . . 36,000 fr.

276,000 fr.

A reporter . . . 276,000 fr.

Report . . . 276,000 fr.

Transmission de mouvement.

36 piliers soutenant les armatures à travers lesquelles glissent les câbles moteur et directeur du ballon mis en place, l'un 2,000 fr., ci. . 72,000 fr.

7,600 mètres courants de câble en fils d'acier, pesant 4 kil., soit 30,400 kil. à 1 fr. 60, ci. 48,640 fr.

Deux grandes poulies pour commander le câble moteur, mises en place, ci. 7,000 fr.

Deux poulies pour amener le ballon à niveau du sol, en place. . 5,000 fr.

132,640 fr.

Aérostat.

Enveloppe, 5,000 mètres carrés, à 12 fr., ci. 60,000 fr.

3,000 mètres carrés, filet à 8 fr., ci. 24,000 fr.

Nacelle, fils d'acier pour sa suspension au filet, soupape, ci. . . 10,400 fr.

Axe de réunion, câble directeur avec ses agencements, ci. 5,000 fr.

Gaz pour remplir le ballon, 35,000 mètres cubes à 0 fr. 12 c. l'un, ci. . 4,200 fr.

103,600 fr.

Pilier d'amarrage.

450 mètres cubes maçonnerie, à 20 fr., ci. 9,000 fr.

A reporter. 9,000 fr. 512,240 fr.

Reports.	9,000 fr.	512,240 fr.
10,000 kil. fer, pour tirants, à 50 centimes, ci.	5,000 fr.	
5,000 kil. fonte à 45 centimes, ci.	2,225 fr.	
500 kil. câble d'amarre, à 200	1,000 fr.	
	<hr/>	17,225 fr.

Constructions provisoires.

Bâtiments pour les bureaux de recettes, salles d'attente, logements d'employés, ci.	32,000 fr.	32,000 fr.
---	------------	------------

Divers.

Frais de constitution de la société, mobilier, télégraphe électrique, lunettes, ci.	16,000 fr.	16,000 fr.
---	------------	------------

Somme à valoir. 22,535 fr.

Total. 600,000 fr.

FRAIS ANNUELS D'EXPLOITATION.

Propulseur.

210 journées de travail de six heures, soit 1,260 heures; consommation de houille à raison de 2 kil. par cheval, ou 800 kil. par heure, 1,008 tonnes, à 32 fr. l'une, ci. . .	32,256 fr.
Huile et entretien, ci.	9,744 fr.
Un mécanicien, 3,000 fr.	8,000 fr.
Un aide, chauffeur, 2,000	
Deux chauffeurs, 3,000	
	50,000 fr.

Transmission de mouvement.

Huile pour les câbles, les axes; peinture des piliers, entretien, ci. .	9,000 fr.
---	-----------

Aérostat.

Peinture de l'enveloppe, de la nacelle, du câble directeur, 5,400 mètres carrés, à 1 fr. l'un, ci. . . .	5,400 fr.
Perte de gaz, 50,000 mètres cubes à 0 fr. 12 c., ci.	6,000 fr.
	11,400 fr.
<i>A reporter.</i>	70,400 fr.

Report. . . . 70,400 fr.

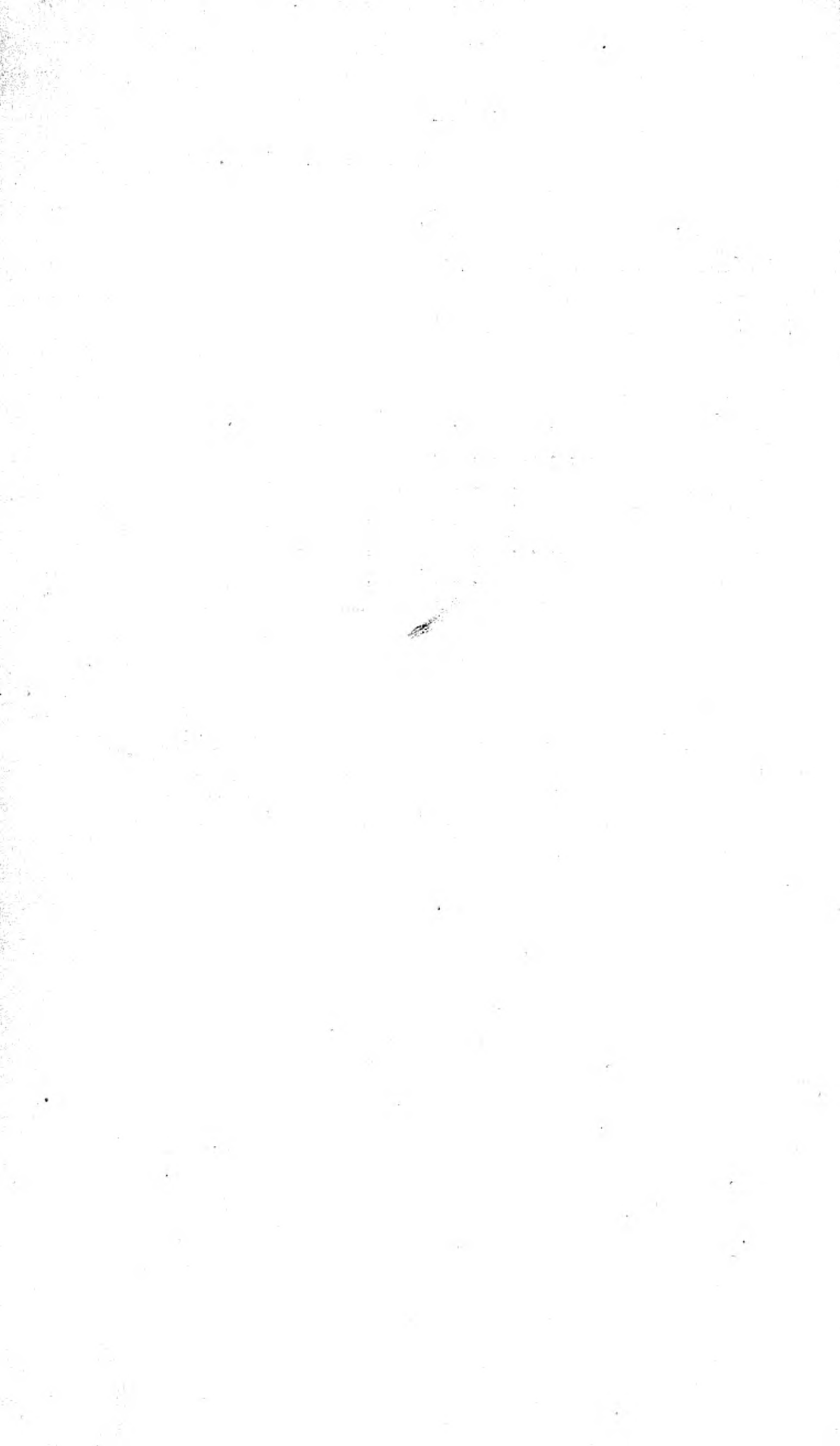
Personnel.

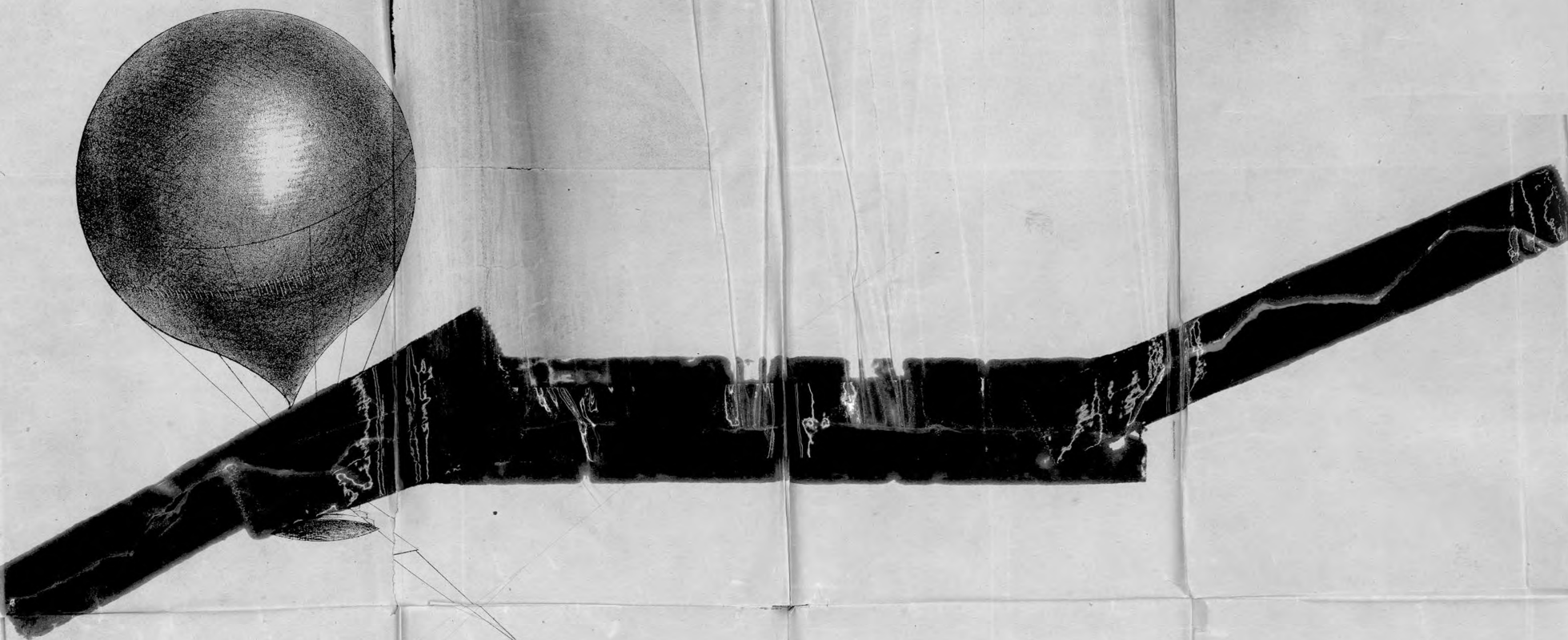
L'aérostat portera toujours, pendant ses courses, un aéronaute et deux hommes pour manœuvrer la soupape d'échappement et veiller aux manœuvres.

Un gérant comptable.	5,000 fr.
Deux receveurs.	2,000 fr.
Un ingénieur aéronaute.	5,000 fr.
Un sous-ingénieur aéronaute.	3,000 fr.
Deux chefs de gare.	4,800 fr.
Dix préposés au service.	12,000 fr.
	<hr/>
	31,800 fr.

Divers.

Location des emplacements, frais de bureau, entretien du mobilier,	20,000 fr.
Somme à valoir,	17,800
	<hr/>
Total.	140,000 fr.





2^m pour mètre