

LA  
**POSTE ATMOSPHERIQUE**

---

TRANSPORT DES CORRESPONDANCES

ENTRE

**PARIS ET VERSAILLES**

---

PAR

**A. CRESPIN**

**Ingénieur**

CONSTRUCTEUR DE TÉLÉGRAPHES PNEUMATIQUES

---

**PARIS**

**DUNOD, ÉDITEUR**

SUCCESEUR DE VICTOR DALMONT

Précédemment Carillon-Gœury et Vor Dalmont

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES  
ET DES TÉLÉGRAPHES

**Quai des Augustins, 49**

LA  
**POSTE ATMOSPHERIQUE**

---

TRANSPORT DES CORRESPONDANCES

ENTRE

**PARIS ET VERSAILLES**

---

PAR

**A. CRESPIN**

**Ingénieur**

CONSTRUCTEUR DE TÉLÉGRAPHES PNEUMATIQUES

---

**PARIS**

**DUNOD, ÉDITEUR**

SUCCESSION DE VICTOR DALMONT

Précédemment Carillon-Gœury et V<sup>o</sup>r Dalmont

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES  
ET DES TÉLÉGRAPHES

**Quai des Augustins, 49**

LA  
**POSTE ATMOSPHERIQUE**

---

TRANSPORT DES CORRESPONDANCES

ENTRE

**PARIS ET VERSAILLES**

---

PAR

**A. CRESPIN**

**Ingénieur**

CONSTRUCTEUR DE TÉLÉGRAPHES PNEUMATIQUES

---

**PARIS**

**DUNOD, ÉDITEUR**

SUCCESSEUR DE VICTOR DALMONT

Précédemment Carillan-Gœury et Vor Dalmont

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES  
ET DES TÉLÉGRAPHES

**Quai des Augustins, 49**

LA  
POSTE ATMOSPHÉRIQUE

---

TRANSPORT DES CORRESPONDANCES

ENTRE

PARIS ET VERSAILLES

---

PREMIÈRE PARTIE

---

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

L'établissement d'une ligne pneumatique entre Paris et Versailles aurait pour effet de permettre l'échange rapide de toutes les lettres, paquets et dépêches officielles ou privées circulant entre les deux Villes. Le vote qui a fixé le siège du Gouvernement à Versailles implique la nécessité d'une communication permanente et à bref délai avec Paris. Nous nous proposons d'indiquer un nouveau procédé de transmission, qui satisfait à la fois aux conditions de la plus grande vitesse possible et de la sûreté complète du fonctionnement.

Ce procédé repose sur l'emploi d'un appareil spécial, indispensable pour rendre le mode de transport par la pression

de l'air applicable aux grandes longueurs; nous formulons ainsi le but de notre projet : Quel que soit le nombre des dépêches (le format étant de 0<sup>m</sup>20 sur 0<sup>m</sup>25), le transport s'effectuera de la rue de Grenelle à Paris au Palais de Versailles, ou inversement, en moins de *dix minutes*. La réponse à une question posée parviendra certainement, à *un instant quelconque de la journée*, dans un délai possible d'une *demi-heure à trois quarts d'heure*. Nous exposerons plus tard les procédés techniques; nous nous attacherons d'abord à des explications générales auxquelles nous nous efforcerons de donner toute la clarté désirable.

Il est bon de dire en commençant, que ces procédés ne sont plus du domaine de l'idéal, ils ont été sanctionnés par l'expérience soit individuellement, soit collectivement. L'idée de faire voyager un objet dans un tube cylindrique, en y faisant circuler un courant d'air entraînant le mobile, est déjà ancienne. Elle a reçu de nombreuses applications, dont l'une des plus récentes est l'installation des Télégraphes Pneumatiques dans la plupart des Capitales. Les points principaux de ces villes ont été réunis par des lignes de tubes, dans lesquelles des appareils appropriés permettent soit d'introduire, soit d'expulser l'air. Par cette opération, l'on détermine dans les tubes le mouvement des colonnes d'air qui entraînent de petits curseurs *porte-dépêches*. Ce mode de transmission est très-économique, il permet d'envoyer simultanément un très-grand nombre de plis avec une vitesse suffisante lorsque la distance n'est pas considérable; dans l'ancien procédé par le fil électrique cette transmission ne se fait que successivement, ce qui demande beaucoup de temps lorsque le bureau est encombré.

L'expérience directe, conformément aux prévisions de la théorie, a démontré que la distance maximum que l'on peut parcourir dans ce cas est bientôt atteinte. En effet, le principe même du mouvement à l'intérieur des tubes indique que, plus

le conduit est long, plus la colonne d'air intérieure éprouve de frottement; il arrive un moment où cette colonne ne marche plus que très-lentement par l'effet de la résistance opposée par sa masse.

Beaucoup d'expériences ont été entreprises pour rechercher les lois de ce ralentissement : ces recherches, sans établir de rapports simples entre la longueur des lignes pneumatiques et la vitesse des mobiles qui les parcourent, ont fait voir qu'au dessus de 1,200 mètres de longueur les tubes ne peuvent être parcourus avec de grandes vitesses; 2,000 mètres semblent être la distance maximum qui puisse, sauf exception, être franchie avec une rapidité suffisante. Au-dessus de ces dimensions la vitesse allant toujours en diminuant, l'usage de ce moyen devient de moins en moins pratique, et dans le cas qui nous occupe où la distance qui réunit les deux points convenus est de 18 kilomètres environ, la marche serait si lente que le moindre obstacle amènerait un arrêt, indépendamment de ce qu'elle ne répondrait plus à la principale condition qu'on recherche qui est de devancer le chemin de fer.

Par cet exposé le lecteur comprendra que l'extension du mode actuel de fonctionnement du télégraphe pneumatique est absolument inapplicable à la question de la communication entre Paris et Versailles. Les obstacles qui s'opposent à la réalisation du problème par les procédés actuels sont de telle nature qu'il est impossible de compter sur une atténuation suffisante, soit en augmentant l'intensité des agents employés (vide ou pression agissant séparément ou ensemble), soit en forçant le diamètre du tube. Avec ces moyens réunis, on arriverait peut-être à une durée de trajet de *une heure* environ, mais on ne descendrait certainement pas au-dessous de cette limite absolument inacceptable.

Il faut donc chercher ailleurs la solution; pour la trouver, copions ce qui se pratique dans toutes les industries de transport; appliquons le principe du *relais*. De même qu'une dili-

gence renouvelle à certaines étapes les chevaux qui la mènent, de même qu'un train de chemin de fer reconstitue en gare ses provisions d'eau et de combustible, de même qu'un fil télégraphique de grande longueur reprend au milieu de son parcours, un courant *frais* pour relayer la dépêche qui sans lui s'éteindrait en route, de même il faut de distance en distance, renouveler l'effort qui actionne le mobile à l'intérieur de la ligne pneumatique. Cette force n'agissant que sur une petite longueur et étant immédiatement remplacée par une force semblable qui fait parcourir au mobile la section suivante, on comprend sans peine que l'obstacle disparaît. On n'est plus en présence d'une colonne d'air de *dix-huit* kilomètres de longueur, marchant dans toute la conduite, et entraînant le curseur avec elle. Si l'on suppose le train relayé de kilomètre en kilomètre, la colonne frottante aura, au maximum, une longueur de *un* kilomètre, ce qui est le cas normal dans le réseau des Villes (1).

Ce résultat est obtenu par un appareil qui a été appelé relais, il en remplit toutes les fonctions ; nous le décrirons à la fin de ce travail. Disons seulement maintenant que cet organe a pour mission de recevoir sans l'arrêter ni le ralentir le train venant de la section qui est en amont de lui, qu'il l'engage dans la section d'aval et envoie derrière le mobile pour l'aider à

---

(1) Le relais pneumatique ne doit pas, comme celui des diligences ou des chemins de fer exiger l'arrêt du mobile, il faut en outre qu'il soit *automatique*. Si l'on confiait les manœuvres à des opérateurs, ainsi que l'on fait dans les postes intermédiaires des réseaux des Villes, on aurait un ralentissement considérable par suite de l'impossibilité de placer des relais à tous les kilomètres, condition imposée dans le programme.

Le relais doit être simple et d'un fonctionnement certain ; il se placera sur le parcours de la ligne, dans de petites chambres fermées par des plaques de fonte analogues à celles qui recouvrent les regards des égouts. Il n'exigera d'autre soin spécial qu'un entretien périodique ; il fait en quelque sorte corps avec la ligne, il est traversé par le train à pleine vitesse et lui donne instantanément la force nécessaire pour lui permettre de franchir la section suivante. Ce relais au point de vue du fonctionnement, est absolument comparable à celui du télégraphe électrique, dont l'emploi est indispensable pour le service des grandes lignes.

parcourir la nouvelle section, un courant d'air puisé au pied du relais. Dans cette section dont la longueur est supposée de mille à onze cents mètres, on atteindra facilement la vitesse moyenne des réseaux de Paris, soit 20 mètres par seconde pour les mêmes conditions de diamètre et de pression. Le problème se trouve déjà simplifié : la durée du trajet est amenée à ne pas dépasser *vingt minutes*; continuons la démonstration pour arriver à une durée de *dix minutes*.

On peut augmenter le *diamètre du tube* (celui de Paris est de 0<sup>m</sup>065). Le courant d'air frotte inégalement dans un gros et un petit tube : la réflexion indique que le frottement doit être proportionnel à la surface frottante, c'est-à-dire au périmètre; la force motrice, au contraire, est proportionnelle à la section du tuyau, elle croit donc beaucoup plus rapidement. Il résulte de l'observation que le rapport des vitesses obtenues dans deux tubes de diamètres différents, est sensiblement celui des racines carrées des diamètres. On a donc tout avantage à augmenter cet élément pour gagner de la vitesse.

Une autre considération nous engage dans cette voie, c'est la nature même du trafic entre Paris et Versailles; il ne s'agit pas en effet de transporter de petits papiers du poids de quelques grammes, pliés avec soin et rangés avec ordre dans des boîtes minuscules. Il faut compter que le service des Ministères, avec les habitudes actuelles, ne fera en aucun cas transporter le minimum de papier; c'est pour ce motif principalement qu'il est nécessaire d'adopter un tube plus grand que celui de Paris. Le type de 100 millimètres de diamètre nous paraît suffisant. La vitesse de transmission, pour les mêmes conditions de poids transporté et de pression motrice, sera augmenté dans la proportion minima d'un quart. Les praticiens n'hésiteront pas à déclarer que nous restons certainement par cette évaluation au-dessous de la réalité.

Pour terminer la démonstration, nous allons emprunter au principe du relais une combinaison qui, tout en contribuant à

augmenter encore la vitesse, amènera la stabilité de l'installation et en garantira le fonctionnement. On a dit que la colonne d'air qui remplit le tube est mise en mouvement, soit par insufflation ou refoulement, soit par aspiration ou par vide. Il y a, malgré l'apparence, entre le mode d'action des deux agents une différence fondamentale; un emploi judicieux de l'un et de l'autre va nous fournir la clef de la solution que nous cherchons. Nous les emploierons concurremment mais d'une façon différente qu'on ne l'a fait jusqu'ici.

Pour la pression d'air accumulé dans les réservoirs pendant les intervalles des trains, il est indiscutable qu'il faut la faire agir au moment même où le train franchit le relais, et cette action bien réglée doit durer pendant tout le trajet de la section, mais pas davantage. Pour l'aspiration, il n'en est pas de même si l'on veut obtenir le maximum d'effet. Supposons une ligne pneumatique qui aura été totalement purgée d'air et fermée à ses deux extrémités; appliquons en outre à l'une d'elles une sorte d'écluse disposée, pour permettre l'introduction d'un piston mobile et l'ouverture derrière ce piston d'une communication avec l'atmosphère. L'expérience ainsi préparée on établit, à un moment donné, la communication avec l'atmosphère; le piston qui a devant lui le vide s'y élance. Nous allons le suivre par le raisonnement dans sa marche, et analyser à chaque instant les résistances qu'il a à vaincre.

Admettons que la ligne ait 3,000 mètres de longueur, on se rappelle que ce chiffre est supérieur à la distance qui peut être exploitée avantageusement par les procédés actuels. La vitesse dans les conditions de fonctionnement du réseau de Paris, sera inférieure à 12 mètres par seconde; la durée totale de trajet sera ainsi supérieure à 5 minutes. Dans la nouvelle combinaison, la ligne étant épuisée d'avance, le piston prendra dès le départ une vitesse considérable. En effet, en dehors de la résistance propre de ce piston qui est extrêmement faible ainsi que l'ont montré les expériences faites en France et en Angleterre,

aucune colonne d'air n'est en mouvement, puisque nous considérons le mobile au départ. Nous continuons de suivre le piston dans sa marche à mesure qu'il s'avance, nous voyons le mouvement se ralentir par suite de l'allongement à son arrière de la colonne d'air frottante. Au bout du premier kilomètre, la colonne d'air atmosphérique frotte sur cette longueur de 1,000 mètres et donne au curseur la vitesse correspondante à un tube de cette dimension, vitesse que nous avons déclarée très-admissible.

Au milieu du trajet le piston arrivera encore ralenti, sa vitesse correspondra à celle d'une ligne de 1,500 mètres, et ainsi de suite, cette vitesse allant toujours en diminuant jusqu'au moment où le voyage est presque terminé. A ce moment seulement la vitesse moyenne du mobile sera celle qu'il aurait eue pendant tout le voyage à travers les 3,000 mètres, si l'on avait eu recours au mode d'envoi par la pression seule ou par l'aspiration commencée seulement lors de l'expédition du train. En récapitulant les notions acquises par cette analyse, nous voyons que la vitesse du mobile est environ le double de la vitesse ordinaire par l'emploi des moyens usuels.

L'expérience décrite ci-dessus est difficile à réaliser absolument, on n'obtient qu'avec peine le vide parfait; mais d'autre part, on constate que si le vide est poussé assez loin jusqu'à ce que la pression soit réduite des  $\frac{5}{6}$  de sa valeur par exemple, il suffit d'adapter à l'extrémité de la ligne un réservoir dont la capacité soit 3 ou 4 fois celle du tube, pour que la vitesse se rapproche beaucoup de celle qu'indique la théorie.

Cette disposition a été appliquée en trois points du réseau pneumatique de Vienne, l'expérience a pleinement confirmé nos prévisions. Le réseau de cette ville comporte trois lignes qui ont 1,522 mètres, 1,690 mètres et 1,581 mètres. Deux de ces lignes sont constamment vides d'air; le parcours s'effectue toujours dans le même sens, elles sont franchies en moins d'une minute. La troisième ligne est une ligne rayonnante,

desservie par un service d'aller et retour, elle ne peut être exploitée par ce procédé et la durée du trajet n'est jamais inférieure à *deux* minutes; elle s'élève souvent à *trois*.

Après ces explications qui nous ont montré qu'il est possible d'augmenter d'une manière considérable la vitesse des mobiles, nous insisterons sur un second avantage non moins précieux : il consiste en ce que le travail des machines employées pour épuiser la ligne dans les diverses sections est continu et sans arrêt. Nul n'ignore quel intérêt on a dans une exploitation à demander au moteur un travail régulier; les dispositions spéciales seront décrites dans la suite de cette brochure ; ce que nous retiendrons dès maintenant c'est que pour appliquer ce nouveau mode de l'emploi du vide, il ne sera pas nécessaire de rapprocher les relais de vide autant que les relais de pression, car on disposera pour l'épuisement de tout le temps compris dans l'intervalle de deux trains. Pour traduire en nombres les données de ce projet, nous supposerons des trains se succédant de quart d'heure en quart d'heure, une longueur de 4 kilomètres  $\frac{1}{2}$  pourra facilement être épuisée dans cet intervalle; tel sera donc l'écartement des relais de vide qui pour la ligne totale seront au nombre de trois. Les deux extrêmes seront à la disposition des employés qui font les manœuvres d'expédition et de réception, ils doivent à peine être comptés pour des relais.

Nous sommes en état par l'application de ce principe très-simple, de faire marcher le train dans des sections de 1,100 mètres, avec une vitesse minima de 35 mètres par seconde. Et encore il nous a suffi d'admettre qu'au lieu de souffler de l'air comprimé par les relais de pression, on se contente de laisser rentrer l'air atmosphérique. Dans l'exécution nous aurons tout le gain que donnera l'admission de l'air comprimé : ce dernier pris à une ou deux atmosphères effectives, nous permettra d'attendre sans peine des vitesses de 50 et 60 mètres par seconde. Cette rapidité serait énorme, et vraisemblablement

pourrait amener quelques inconvénients par le frottement des boîtes contre les parois des tubes. Jusqu'à ce jour, des vitesses aussi considérables n'ont pas été obtenues en exploitation courante : la plus grande vitesse observée pratiquement est celle des curseurs dans une des canalisations de la ville de Vienne, reliant le Bureau Central à la Bourse, cette ligne, de 450 mètres de long est parcourue dans un temps moyen de 12 secondes, soit avec une vitesse de 37 mètres par seconde, sans que les boîtes soient endommagées. Les difficultés de réception sont il est vrai plus considérables ; mais avec des appareils convenablement disposés c'est un jeu d'en triompher. La ligne de Vienne présente de grandes sinuosités, celle de Versailles serait très-droite ; il n'y a pas de doute pour nous que le fonctionnement ne soit certain avec une vitesse moyenne d'environ 40 mètres par seconde.

Il semble résulter de cet exposé que rien n'est livré au hasard dans ce projet, l'assurance donnée en commençant qu'il est possible d'expédier des trains tous les quarts d'heure entre Paris et Versailles en un délai de dix minutes, sera certainement confirmée par la pratique. Il suffit d'admettre la vitesse moyenne de 30 mètres par seconde et nous venons de démontrer que 40 mètres par seconde ne représentent rien de fantastique ; nous avons la conviction d'être constamment restés, dans les déductions précédentes au-dessous de la vérité.

On verra par la description des appareils de réception que nous proposons, comment on agit sur le train peu avant son entrée dans la boîte. Sa marche est ralentie et la réception s'effectue avec la plus grande facilité.

---

## DEUXIÈME PARTIE

---

### PROJET D'ENSEMBLE

Le projet tracé sur la feuille n° 1 de l'atlas qui accompagne cette notice, comporte deux lignes parallèles d'aller et retour établissant une communication entre les deux postes extrêmes, qui sont le Palais de Versailles et l'Hôtel des Télégraphes à Paris. L'Hôtel des Télégraphes correspond avec 18 bureaux succursales établis dans les divers quartiers de la Ville.

La direction choisie pour aller à Versailles est la plus courte; elle coupe en deux endroits le chemin de fer de la rive gauche et suit la grande route. La longueur total est de 18 kilomètres, y compris les entrées dans les postes extrêmes.

Les lettres, dépêches, paquets seront enfermés dans des boîtes spéciales, dont la réunion formera un train qui sera remorqué par un piston. Le mouvement sera donné au train par la pression et par le vide agissant simultanément. L'air intérieur des tubes sera constamment épuisé, les dispositions mécaniques assurant ce travail ont été calculées avec des dimensions suffisantes pour que chaque quart d'heure les deux lignes soient suffisamment vidées; la résistance à l'avant des boîtes pourra être considérée comme sensiblement nulle.

Chaque ligne est divisée en seize tronçons de 1,125 mètres

de longueur chacun ; à tous les points de jonction est installé un relais dont la fonction est de renouveler le courant d'air au moment du passage, de manière que la colonne accompagnant le train ait au plus 1,125 mètres et en moyenne la moitié de ce nombre. Le fonctionnement est absolument automatique ainsi qu'on l'a dit ; les relais ne demandent aucun soin spécial et peuvent même être brisés soit accidentellement, soit avec intention, sans que cette avarie devienne une cause d'arrêt des trains au passage.

Afin de rendre plus claire la description du projet, nous avons indiqué sur la feuille n° 1 seulement la place de tous les appareils employés, réservant la description détaillée des mécanismes pour la troisième partie de ce travail ; nous étudierons d'abord le plan d'ensemble. En *A*, *B*, *C*, sont installées les trois usines où est produite la force motrice nécessaire pour l'épuisement et le remplissage des lignes. Ces trois usines sont pourvues de machines à vapeur et de pompes à air ; les appareils sont en double afin qu'en aucun cas il ne puisse y avoir pour cause de réparation arrêt du fonctionnement du système.

L'usine de *Bellevue* placée au milieu de la ligne est la plus importante ; elle dessert la moitié de la ligne par la pression et les trois quarts par le vide. Elle comporte deux machines à vapeur de 50 chevaux chacune, commandant des pompes capables d'épuiser en 10 minutes les 211 mètres cubes d'air que contient la partie de ligne qu'elle dessert, et d'emmagasiner dans le même temps dans des réservoirs le volume d'air comprimé à une atmosphère, nécessaire pour fournir successivement derrière le train 141 mètres cubes représentant 18 kilomètres de longueur. Les deux postes extrêmes qui accomplissent un travail analogue, reçoivent chacun deux machines à vapeur de 25 chevaux ; les pompes épuisent en 10 minutes les 4,500 mètres de ligne desservis par ces installations et compriment la quantité d'air suffisante pour remplir au moment voulu 9,000 mètres. Ils contiennent en plus les appareils

d'envoi et de réception et tout le matériel nécessaire pour l'exploitation.

Les réservoirs de pression placés dans les trois usines sont réunis par une canalisation en fonte de 120 millimètres de diamètre posée dans la même tranchée que les tubes. Cette canalisation a la longueur de la ligne et porte en face de chaque relai de pression une tubulure aboutissant à un réservoir de 15 mètres cubes pour le service des deux relais de chaque direction d'aller et de retour. Le réservoir est placé soit dans la cave d'un bâtiment, au bord de la route, soit dans une excavation souterraine, les deux relais sont posés sous la route elle-même dans une petite chambre fermée par une trappe en fonte. On se borne à vérifier de temps en temps l'état de ces appareils, un surveillant dans ses tournées est chargé de l'entretien; ces agents stationnent aux postes intermédiaires de *Chaville* et de *Vaugirard* où sont disposés les deux relais de vide, chacun d'eux sera chargé de 16 relais de pression et de 2 relais de vide.

Les relais de vide placés aux points 12 et 4, *Chaville* et *Vaugirard*, sont d'une simplicité de construction extrême; si nous réclamons une surveillance plus attentive que pour ceux de pression, cela tient seulement à ce qu'ils commandent une longueur de ligne importante. Les réservoirs de vide ont une capacité plus considérable que ceux de pression, ils sont réunis à l'usine centrale de Bellevue par une canalisation en tuyaux de fonte de 100 millimètres qui contribue à régulariser l'action de la machine d'épuisement.

Pour augmenter encore la stabilité du régime de l'écoulement, de grands réservoirs sont aussi installés aux deux extrémités; tous les accumulateurs de pression communiquent ensemble, la canalisation en tuyaux de 120 millimètres offre elle-même une capacité importante. A Bellevue, la capacité des réservoirs de pression est de 60 mètres cubes; à Paris et à Versailles, on se contente de 30 mètres cubes. Les réservoirs

de vide de la station de Bellevue ont une capacité de 80 mètres cubes, ceux des deux postes de Chaville et de Vaugirard sont de 60 mètres cubes. Les postes extrêmes sont également munis de réservoirs de vide de 40 mètres cubes qui sont les seuls de toute l'installation non reliés avec les autres récipients de même nature. Cet isolement, qui n'a aucune conséquence fâcheuse pour le service, permet d'économiser 9 kilomètres de tuyau de 100 millimètres en fonte, c'est la principale raison de cette disposition anormale.

Les deux lignes pneumatiques aller et retour se trouvant ainsi constituées, nous allons maintenant examiner le fonctionnement, il nous suffira de suivre un train voyageant de Versailles à Paris, par exemple. Prenons la ligne au moment du départ, c'est-à-dire aussi vide d'air que les moyens industriels permettent d'atteindre ce résultat. Aucune valve, aucun obstacle sur toute la longueur ne peut barrer le passage du train; nous admettons encore que les réservoirs de pression sont à la charge voulue pour remplir la ligne, d'air ayant une pression de une atmosphère supérieure à la pression atmosphérique. On introduit le train dans une sorte d'écluse formée par une valve et un clapet mobile placé à l'entrée de l'appareil de départ, ce train est composé d'autant de boîtes qu'il sera nécessaire pour contenir les dépêches à expédier, on le complète au moyen d'un piston garni d'un cuir embrassant bien exactement le contour de la ligne. Après l'introduction, on ouvre la valve qui isolait le train de la ligne et on admet la pression fournie par le réservoir de 30 mètres cubes placé à cette station.

Le mobile ayant le vide en avant, la pression de une atmosphère effective à l'arrière, se met en marche avec la vitesse de 40 mètres par seconde ainsi que cela a été démontré précédemment. Au moment où il franchit le premier relai de pression à 1,125 mètres du point de départ, il ouvre derrière lui une large soupape qui fait communiquer la ligne avec le réservoir de 15 mètres cubes placé au pied du relai; ce cou-

rant d'air *frais* se substitue au courant d'air initial du départ et chasse le train à travers les 1,125 mètres formant la seconde section. L'employé qui commande le robinet de départ, le ferme aussitôt qu'il est averti par une sonnerie électrique que le train a franchi le premier relais. Pour suspendre le courant d'air du premier relais lorsque le train est entré dans la section desservie par le second relais, une disposition spéciale extrêmement simple a été imaginée.

Elle est basée sur l'action de la pression elle-même dans l'intérieur du relais : cette pression met en mouvement un piston dans un cylindre, la marche de ce piston suit la même progression que les curseurs dans la ligne ; la longueur du cylindre a été calculée de façon à ce que le piston arrive au fond après que le train a franchi la section. Lorsqu'on est arrivé à ce point l'admission est suspendue, mais la ligne est maintenue pleine d'air comprimé, ce qui est nécessaire afin que l'air fourni par le relais suivant soit entièrement efficace, c'est-à-dire agisse exclusivement pour pousser en avant sans se perdre en arrière ; le train franchit de la même façon le 3<sup>e</sup> et le 4<sup>e</sup> relais de pression qui est immédiatement précédé du relais de vide. Là, l'air comprimé qui suit le train agit sur un piston rendu libre par le passage du premier curseur, ce piston s'élève rapidement dans un cylindre entraînant une valve et un tiroir qui mettent la ligne d'amont en communication avec les 60 mètres cubes de réservoirs de vide placés à cette station. L'air contenu dans la ligne à une pression supérieure à la pression atmosphérique, s'échappe rapidement par une sorte de soupape de sûreté placée au-dessus du relais de vide, de façon que ce relais n'épuise guère la ligne que d'air pris à la pression atmosphérique ; ce travail a été commandé instantanément au moment où le train a franchi le 4<sup>e</sup> relais de pression. Ce relais, au lieu d'appuyer son courant d'air sur l'air comprimé envoyé par les relais précédents, l'appuiera sur la valve du relais de vide fermant la ligne, le

train continuera à s'avancer avec la même vitesse qu'au départ pendant que les parties desservies par les relais 1, 2, 3 seront épuisées d'air à nouveau.

Au moment où le train, après avoir franchi les relais 4, 5, 6, 7, atteint le relai 8 qui est précédé par le second relai de vide, il effectue la même opération, et en même temps qu'il entre dans la troisième section de vide, la valve du relai de vide placé derrière lui se ferme, l'épuisement de la deuxième section commence. Le voyage continue à travers les relais 9, 10, 11, 12; puis la troisième valve est fermée, ce qui permet de poursuivre l'épuisement dans cette troisième section. Finalement le train arrive à destination après avoir parcouru les relais 13, 14, 15. Des dispositions spéciales permettent de ramener la vitesse à un mètre par seconde au moment de l'entrée dans l'appareil de réception, ce qui donne le moyen d'éviter toute espèce de choc. Si rien d'anormal ne s'est produit dans le trajet, la vitesse moyenne de 40 mètres par seconde sera conservée, et le parcours de 18,000 mètres se trouvera effectué en 450 secondes soit 7 minutes 30 secondes.

Revenons sur nos pas, et examinons ce qui s'est passé derrière le train. Nous avons vu qu'en franchissant le relai n° 4, après deux minutes environ de marche, il a fermé une valve dans la ligne; l'épuisement de cette section a recommencé et devient complet au bout de 8 minutes, c'est-à-dire 10 minutes après le départ qui l'a provoqué et 5 minutes avant le départ qui doit suivre. Par un mécanisme spécial qui sera décrit bientôt, le degré de vide accusé par le manomètre est de 50 centimètres de mercure. Deux minutes après le passage au relai de vide n° 4, le train a franchi le relai de vide de Bellevue n° 8, l'épuisement de la deuxième section commence pour être terminée au bout de huit minutes, c'est-à-dire 10 minutes après le passage du train à la station 8, et 5 minutes avant l'engagement du train consécutif dans le relai n° 4.

Il est important d'insister sur cette partie de la démonstra-

tion, car c'est en ce seul point que se trouve la manœuvre délicate du système; il est nécessaire de faire bien voir que toutes les conditions requises sont réalisées. Par l'effet du mécanisme spécial dont nous avons réservé la description pour la troisième partie de ce travail, l'épuisement dans la seconde section a pour effet d'amener le vide à 53 centimètres de mercure. Cette différence de pression de 3 centimètres sur les deux faces de la valve qui obstrue la ligne, est utilisée pour favoriser la chute du piston commandant cette valve. La descente du piston s'opère régulièrement après les 8 minutes d'épuisement de la seconde section de vide, et se termine par la mise en place du disque dans la position en pointillé sur le dessin; il conserve cette position jusqu'au moment du passage du train.

Il résulte de l'emploi de cette disposition automatique, que cinq minutes avant le passage du train tout obstacle est supprimé dans la ligne, par conséquent rien ne s'opposera à la libre circulation. Par surcroît de précaution, à raison de la nécessité du fonctionnement en temps opportun de cette valve, les relais de vide ont été placés dans des stations et non pas abandonnées sous des plaques comme les relais de pression. Un surveillant est en mesure d'ouvrir la ligne au moment du passage du train, si par une cause accidentelle quelconque la manœuvre n'a pas été automatiquement effectuée en temps utile; il va sans dire que ce cas sera purement fortuit, le mécanisme étant tellement simple qu'il ne sera surpassé par aucun autre pour la sûreté du fonctionnement.

Nous avons laissé le train après qu'il a franchi le relais de vide n° 12, deux minutes après le passage au n° 8; le vide de la troisième section est réglé à 56 centimètres de mercure. Il résulte de ces conditions qu'au bout de 8 minutes, le relais de vide n° 8 est enlevé et la ligne se trouve libre de nouveau. Le contrôle de cette manœuvre est obtenu dans le poste central des machines. Enfin, immédiatement après l'arrivée du train à destination, l'employé chargé de la réception après avoir laissé

échapper l'excès d'air de la ligne, la remet en communication avec les réservoirs de vide dont la limite d'épuisement est de 60 centimètres de mercure. On parvient ainsi, après 8 minutes, à enlever la dernière valve au poste n° 12, et tout se retrouve dans l'état initial et préparé pour un second train.

Les durées assignées aux diverses opérations ci-dessus indiquées ont été prévues bien supérieures à celles qu'on atteindra dans la pratique. Ainsi le rétablissement en l'état primitif, qui pourrait à la rigueur demander un quart d'heure comme limite maximum, s'opérera nous en sommes certain, dans un intervalle de 8 minutes, ce qui laissera 7 minutes disponibles pour le cas où se produirait une irrégularité.



## TROISIÈME PARTIE

---

### DESCRIPTION DES APPAREILS

Les organes devant concourir à l'exécution du projet sont les suivants :

- 1° La ligne pneumatique ;
- 2° Les appareils d'envoi et de réception ;
- 3° Les appareils électriques avertisseurs et indicateurs ;
- 4° Les boîtes et pistons ;
- 5° Les relais de vide ;
- 6° Les relais de pression ;
- 7° Les réservoirs d'air pour emmagasiner le vide et la pression ;
- 8° Les canalisations secondaires réunissant les réservoirs aux pompes ;
- 9° Les pompes à air et les machines à vapeur.

Nous décrirons successivement ces divers organes en nous aidant de dessins chaque fois que cela sera nécessaire.

#### **1° Ligne pneumatique.**

La ligne pneumatique dans laquelle circuleront les boîtes *porte-dépêches* est formée de tubes en fer soudés à recouvre-

ment, du diamètre intérieur de 100 millimètres avec une épaisseur de 4 millimètres; le poids est de 12 kilogrammes environ par mètre linéaire. Ces tubes, entièrement cylindriques à l'intérieur sont terminés par des brides à emboîtement parfaitement ajustées le joint est maintenu par six boulons enfermant une rondelle de caoutchouc.

L'étanchéité est parfaite et la surface intérieure est absolument lisse et continue. Les bouts ont une longueur de 5 mètres, ils sont courbés lorsque cela est nécessaire à un rayon en général supérieur à 6 mètres. Les tranchées ont environ 75 centimètres de profondeur.

## **2° Appareils d'envoi et de réception.**

Les appareils d'envoi et de réception, représentés sur la feuille n° 2, sont disposés pour admettre les trains les plus lourds, en leur donnant au départ une vitesse graduée et pour les recevoir sans choc à l'arrivée.

Il y a deux portes différentes pour l'entrée et la sortie des boîtes, une petite et une grande. Celle-ci n'est jamais soumise à la pression, l'expédition se faisant toujours par la petite porte qui a peu de surface et est tenue parfaitement étanche. Le départ s'opère par l'insufflation de l'air derrière le train au moyen d'un robinet *r* conduisant l'air en pression au fond de la boîte d'expédition *P*. Ce fond formé par un clapet *C* mobile que commande une vis, établit la communication avec la boîte de réception, il est fermé au moment de l'envoi.

Le train est d'abord conduit avec lenteur jusqu'au dehors du bureau où il dépasse la boîte de jonction *B* de la ligne avec les réservoirs. Quand il a franchi ce point, l'expéditeur ouvre le robinet *R* qui est à grande section, toute la charge des réservoirs pousse le train et lui donne bientôt la vitesse qu'il peut acquérir. Les mêmes dispositifs se présentant en ordre inverse,

assurent la réception aussi ménagée que possible. On tourne un robinet de permutation, le gros robinet aboutissant à la boîte de jonction se trouve alors en communication avec les réservoirs de vide qui ont épuisé la ligne jusqu'à 60 centimètres de mercure. Au moment où le train est engagé dans la dernière section, il marche à toute vitesse vers l'appareil. Lorsqu'il franchit la boîte de communication placée à environ 40 mètres, l'appel est suspendu; le voyage continue dans la portion ascendante de la conduite, l'air qui est devant les curseurs est refoulé dans une impasse. Aux  $4/5$  de la course environ la pression est de *une* atmosphère effective; l'arrêt est produit, avec la plus grande douceur à quelques mètres de l'appareil.

La manœuvre du robinet *r* qui a servi précédemment à modérer le départ du train va rendre le même service pour la réception : le clapet *C* est levé et ouvre l'accès dans la chambre de réception, c'est à ce moment qu'il faut ouvrir lentement ce robinet *r* communiquant avec la conduite de vide. L'enlèvement progressif de l'air comprimé qui s'est accumulé à l'avant du train, fait arriver ce dernier jusque dans la boîte de réception avec une vitesse parfaitement réglée suivant le mode d'ouverture du robinet *r*, c'est un tour de main que les agents exécutent après un très-court apprentissage.

La boîte de réception a une forme légèrement conique, elle peut loger tout le train; dès que celui-ci y a pénétré l'employé referme le clapet *C*, et lorsqu'il a reconnu au manomètre que l'excès de pression s'est échappé de la ligne par la soupape de sûreté *S* qui précède la boîte de jonction, il ouvre le robinet d'épuisement *R* afin que la ligne soit en état pour le passage suivant.

### 3° Appareils électriques.

La précision de toutes les manœuvres est assurée par l'emploi de communications électriques entre les différents postes.

Les appareils se composent de sonneries et de transmetteurs du système Morse placés dans chacune des stations où sont installés des employés. Dans la marche régulière de l'exploitation tous les signaux sont donnés au moyen de sonneries.

Le poste de *Versailles*, par exemple, avise les employés de *Chaville*, de *Bellevue*, de *Vaugirard* et de *Paris* du départ du train qu'ils peuvent suivre sur tout le trajet; ils signalent ensuite les passages dans leurs stations respectives. Si un désordre se produit, ils recourent à l'appareil Morse pour correspondre avec leurs voisins.

Un fil spécial réunit en outre tous les relais de pression et est disposé de telle sorte qu'il reçoit un courant électrique chaque fois que ces relais fonctionnent, aucun courant ne passe au contraire lorsque le relais n'a pas fonctionné. Ces indications sont enregistrées dans tous les postes; lorsqu'un défaut empêche le fonctionnement, ce qui ainsi que nous le verrons bientôt ne causera qu'un retard insignifiant, les surveillants se trouveront immédiatement avisés par la lacune de l'inscription. La réparation pourra généralement être exécutée très-facilement, ou bien si elle doit être remise à la fin de la journée, on prendra les dispositions nécessaires pour qu'en aucun cas l'appareil devenu inactif ne devienne un motif de perturbation.

La description détaillée des appareils électriques ne saurait trouver place ici. Les télégraphistes savent bien que le service demandé à l'électricité n'est nullement en dehors des usages communs de cet agent.

#### **4° Boîtes et Pistons.**

Le choix du matériel le plus favorable n'est pas douteux, le seul mode d'exploitation qui soit possible étant le service par *trains* (les trains composés de plusieurs boîtes). Il est essentiel que le matériel soit léger et très-solide, car il subira

évidemment dans son trajet les chocs les plus violents résultant de la séparation et de la jonction brusque en différentes circonstances, des boîtes formant le train remorqué par le piston. Il faut, en outre que les boîtes aient le maximum de capacité intérieure et qu'elles présentent aussi le minimum de frottement sur la surface du tube. Enfin, il est désirable qu'elles s'usent seules laissant autant que possible le tube intact.

Pour réaliser toutes ces conditions, nous présentons une boîte en fer embouti, du diamètre intérieur de 85 millimètres et de 24 centimètres de longueur, dont la capacité est de *un* décimètre cube *et quart*. Elle peut contenir des plis déjà très-volumineux, convenablement rangés. Si l'on emploie *six* de ces boîtes, on peut compter d'une manière certaine que chaque train emportera de *cinq* à *six* kilogrammes de dépêches, soit *vingt* kilogrammes à l'heure dans chaque sens. En assignant aux lettres une limite de poids très-élevée, 40 ou 50 grammes, par exemple, on échangera ainsi *huit* à *dix mille* correspondances par jour. Il est bien probable que les besoins actuels ne comporteront pas un trafic aussi considérable.

La surface extérieure des boîtes porte deux bagues en métal dit *anti-friction*, tournées au diamètre de 95 millimètres et striées dans le sens longitudinal, de manière à produire un mouvement de rotation du mobile semblable à celui qu'on obtient dans un canon par la rayure de l'arme. On a ainsi le double avantage d'obtenir l'usure égale de la garniture, et d'aider à la marche si quelque obstacle, comme un grain de sable, se présentait à l'intérieur du tube. Les bagues en métal sont fixées à chaud, elles sont aussi adhérentes que les chemises de plomb qui entourent les obus. La fermeture est obtenue par une calotte en fer percée d'un trou, par lequel s'introduit le doigt pour ouvrir la boîte.

Le piston est construit d'une manière analogue, il est creux et porte entre les deux bagues une série de fenêtres pour ramasser à l'intérieur une partie des poussières qui circulent

dans la ligne, provenant de l'usure du matériel. A l'arrière, est solidement fixé un boulon qui maintient, entre deux rondelles le cuir embouti destiné à faire joint. Nous renvoyons, pour le dessin des boîtes et du piston, à la feuille n° 3.

### 5° Relais de vide.

Ces appareils représentés à la feuille n° 4 agissent principalement, ainsi qu'on l'a dit, au moment où le train vient de franchir la section qu'ils desservent. Leur construction est des plus simples ; ils consistent en un piston *P* qui s'élève dans un cylindre vertical entraînant dans sa course un disque *D* pour fermer la ligne pneumatique et un tiroir *T* découvrant un orifice rectangulaire de grande section pour établir la communication avec les réservoirs. Le sommet du cylindre dans lequel se meut le piston est relié par un tube avec l'arrière du tiroir dont la fonction est de découvrir l'orifice par lequel on épuise la ligne.

Cette disposition est complétée par une sorte de grille *S* qu'un clapet recouvre, cette grille est placée au-dessus du tiroir d'aspiration. Un verrou *V* maintient le piston dans la position basse, il n'est dégagé que par le passage du train en même temps que se trouve actionné le relais de pression placé auprès du relais de vide.

Étudions ce que produit le contact. Le piston *P* devenu libre par le passage du train se trouve par la partie supérieure en relation avec le vide, et par la partie inférieure soumis à la pression de 2 atmosphères absolues, il s'élève rapidement dans le cylindre et commande ainsi la fermeture de la ligne. En même temps, il ouvre le tiroir inférieur par lequel s'opère la vidange du tube. Tout l'air dont la pression était supérieure à celle de l'atmosphère a d'ailleurs été expulsé par la soupape

de sûreté placée au-dessus du tiroir, en sorte que l'aspiration n'enlève que de l'air à la pression atmosphérique.

Nous rappelons ce qui a été indiqué déjà dans la seconde partie : lorsqu'on épuise les diverses sections successives, le vide est poussé plus loin dans la *deuxième* que dans la *première*, dans la *troisième* que dans la *seconde*; on détermine ainsi la chute du piston moteur par l'effet de la différence des pressions au-dessous et au-dessus de lui. La descente rétablit la communication entre les deux sections et ferme le tiroir de vide; le piston reste dans sa position basse jusqu'à ce qu'il soit de nouveau dégagé par le passage du train (1).

Le lecteur remarquera ici à propos du mécanisme composant les relais de vide, que la simplicité de la construction exclut les chances d'accident. La communication de la ligne avec les canalisations auxiliaires est établie dans une partie perforée en tous sens, laissant passer le fluide dans une section suffisante, tout en maintenant la continuité du tube ce qui supprime toute cause d'arrêt pour le train. La valve est un disque de 5 millimètres de large qui s'introduit dans une fente pratiquée sur le tube; cette disposition a été appliquée depuis plusieurs années sur le réseau de télégraphie pneumatique de Paris, elle n'a donné lieu à aucune difficulté d'exploitation. Enfin comme dernier argument en

---

(1) Le mécanisme réglant les différents degrés du vide dans les diverses sections de la ligne, pour la manœuvre décrite ci-dessus, est représenté feuille n° 5, fig. 3. Le jeu est des plus simples : CC' est la canalisation de vide joignant le réservoir au relais; sur le trajet, un tiroir T peut s'interposer à un moment donné et suspendre alors l'action d'épuisement de la ligne; ce tiroir T est relié directement à un piston qui, sous l'action de la pression atmosphérique, tend constamment à s'élever dans le cylindre où il est placé, et par suite, à fermer le tiroir T. Pour modérer cet effet, un plateau pouvant porter des poids, ou un levier de Balance Romaine, a été fixé au dessous, et permet de régler très-exactement la charge sous laquelle il pourra s'élever. Il est facile de se rendre compte que cet appareil remplira exactement le but que nous cherchons à atteindre. La charge sera réglé de telle sorte, que le tiroir se ferme à 50, à 53, à 56, à 60 centimètres de mercure, et la manœuvre s'exécutera ainsi automatiquement avec la plus grande précision.

faveur de la sûreté de fonctionnement du relais de vide, répétons qu'il est placé dans un poste sous l'œil d'un surveillant.

### 6° Relais de pression.

Cet appareil représenté sur la feuille n° 5 est l'organe principal dans le nouveau système. La construction est aussi simple que celle du relais de vide; par surcroît de précaution on a fait en sorte qu'il n'entrave pas la marche du train au cas où par accident il viendrait à être dérangé. Cette propriété essentielle, il la doit à ce qu'il ne communique avec la ligne que par une sorte de lanterne percée de trous par lesquels il donne au train la pression au moment du passage.

Le débit d'air comprimé est provoqué par le choc du train contre le verrou *v* qui chasse la tringle *t* et fait partir le crochet *C*. Alors le piston *P* qui représente un poids assez considérable, descend entraînant le tiroir *T*, ce qui permet à l'air de remplir la ligne pour chasser le train. La durée de l'envoi d'air est réglée par l'ascension d'un 2<sup>e</sup> piston *P'* dans un cylindre, cette ascension est elle-même régularisée au moyen d'un petit robinet *r* qui fait varier à la demande la contre pression derrière le piston *P'*. Ce robinet est disposé pour qu'en marche normale l'admission dure 40 secondes; comme le train parcourt dans ces conditions la section en 30 secondes, il est certain que l'air insufflé sera plus que suffisant.

Au bout de 40 secondes lorsque le piston *P'* est arrivé au haut de sa course, le clapet *S* empêche l'introduction de l'air dans la ligne et la chambre *V* se met en équilibre de pression avec les réservoirs. Cet état se maintient jusqu'au moment où le train ayant franchi les relais successifs de pression qui précèdent le premier relais de vide, la pression est enlevée dans la ligne par celui-ci; alors le piston *P* actionné à la partie inférieure par la pression des réservoirs, tandis que le vide existe au-dessus, s'élève vivement dans le cylindre, entraîne le tiroir *T*

et arrête ainsi l'échappement d'air comprimé. La chambre *V* retombe au bout de quelques instants à la pression atmosphérique par la communication établie au moyen d'un petit orifice qui est ménagé dans le clapet *S*. Par suite le piston *P*' descend et tous les organes reprennent la position du départ.

Insistons sur les anomalies qui peuvent se produire et montrons qu'en aucun cas il n'y a danger d'arrêt. Supposons qu'un train ne fasse pas jouer un des relais, circonstance qui sera révélée immédiatement par l'appareil électrique des postes de surveillants. Le train ne s'arrêtera pas, le vide est en avant et la pression des relais antérieurs par derrière, il marchera un peu plus lentement, mais il n'en franchira pas moins la section. Le seul de tous les relais de pression qui ne doit jamais manquer est le premier de la section ; nous avons vu qu'il est placé immédiatement après le relai de vide, il est par conséquent surveillé par un agent.

Admettons encore que, pour une cause quelconque, la remise en état ne s'opère point, un obstacle empêche le piston *P* de remonter ; dans ce cas, la chambre *V* ne perdra pas la pression, le clapet *S* restera sur son siège, le relai sera paralysé et ne gênera pas la marche en soufflant intempestivement. Si une pièce est brisée à la partie supérieure, soit le petit robinet de réglage, soit la soupape de rentrée d'air (ce sont les seules parties fragiles extérieures), le passage du train aura pour conséquence d'enlever brusquement le piston *P*' et par suite d'annuler l'effet du relai, ce qui dans tous les cas, est la conséquence d'un dérangement.

L'organisation de la communication électrique pour indiquer le défaut de fonctionnement des relais donne encore une garantie nouvelle. Ces dérangements en effet peuvent être immédiatement réparés, la distance maximum des relais étant de 2 kilomètres à partir du point de surveillance, on voit qu'en 20 minutes au maximum un homme peut les visiter.

### 7° Réservoirs.

Chacun des relais de pression est en communication immédiate avec un réservoir de 15 mètres cubes placé auprès de lui. La fonction de ce réservoir est d'accumuler pendant le quart d'heure d'intervalle qui sépare le passage des trains, la pression nécessaire pour réduire la durée du trajet à 30 secondes.

La capacité est de 15 mètres cubes, comme celle des deux sections de ligne réunies que le réservoir dessert. Pour qu'il puisse remplir les deux lignes d'air à la pression d'une *atmosphère effective* pendant le voyage, il faut qu'il reçoive en un quart d'heure, l'air à la pression de 2 ou 3 atmosphères effectives; on arrivera à ce résultat en donnant aux canalisations de fonte un diamètre de 120 millimètres.

Le calcul a été fait en supposant que les trains aller et retour passent dans les deux lignes en même temps, ce qui est le cas le plus défavorable et ne se produit qu'en un seul point c'est-à-dire au milieu de la ligne, qui se trouve auprès des machines de l'usine principale.

Les réservoirs sont construits en tôle de fer comme les chaudières ordinaires, ils sont essayés et timbrés à quatre kilogrammes par *centimètre carré*, leur forme est cylindrique et terminée par deux calottes d'une seule pièce en fer embouti, leur diamètre est de deux mètres et leur longueur de cinq mètres, ils sont placés dans les caves des maisons bordant la route lorsque cela est possible. Dans les autres endroits ils se logeront sous terre, le point important est qu'ils soient placés aussi près que possible des relais qu'ils desservent. Les réservoirs installés dans les postes et servant à emmagasiner la pression sont construits de la même manière; leurs dimensions varient suivant les circonstances locales, le seul élément qui importe au bon fonctionnement du service étant une déter-

mination précise de la capacité totale. Les réservoirs de vide ne diffèrent de ceux de pression que parce que les fonds au lieu d'être emboutis en dehors sont bombés en dedans.

### **8° Canalisations secondaires.**

Les canalisations qui joignent entre eux les relais de pression et de vide, sont composées de tuyaux de fonte assemblés par des joints à emboîtement et cordon, du modèle employé dans le service des Eaux de la Ville de Paris. Celles qui desservent les relais de pression ont *120* millimètres de diamètre, celles qui réunissent les relais de vide ont seulement *100* millimètres. ces tuyaux sont placés dans la même tranchée que les tubes de ligne.

### **9° Pompes à air. — Machines à vapeur.**

Pour remplir et vider chaque quart d'heure la capacité totale des deux lignes qui est *282<sup>mc</sup>600*, ce qui représenterait un travail d'environ 80 chevaux, on a fait choix de trois postes : deux sont aux extrémités, le troisième est au milieu de la ligne. Les installations ont été prévues en double, afin d'avoir un rechange toujours assuré.

L'installation centrale dont le plan général est représenté sur la feuille n° 1, comporte 2 machines de 50 chevaux accouplées formant un ensemble de 100 chevaux, elles commandent 2 jeux de pompes comprenant chacun une pompe à pression et une pompe à vide. Cette installation dessert la moitié de la ligne par la pression et les trois quarts par le vide ; les pompes, qui donnent 40 coups à la minute, engendrent à chaque double course du piston, un volume de un mètre cube qu'elles retirent des réservoirs de vide pour le rejeter dans l'atmosphère, et prennent le même volume dans l'atmos-

phère pour le refouler dans les réservoirs de pression. Le travail théorique accompli est de 30 chevaux, on a prévu le chiffre de 50 dans la pratique.

Les pompes à air sont à simple effet, le diamètre du cylindre est de 1 mètre, la course de 1<sup>m</sup>40. Il est inutile de décrire le système d'après lequel elles sont établies, de pareils engins sont en usage depuis plusieurs années sur les réseaux pneumatiques de Paris et des autres Capitales.

Aux postes extrêmes, sont aussi installées des machines à vapeur et des pompes à air absolument semblables à celles du poste de *Bellevue*; elles n'en diffèrent que par les dimensions qui sont moitié moindres.

---

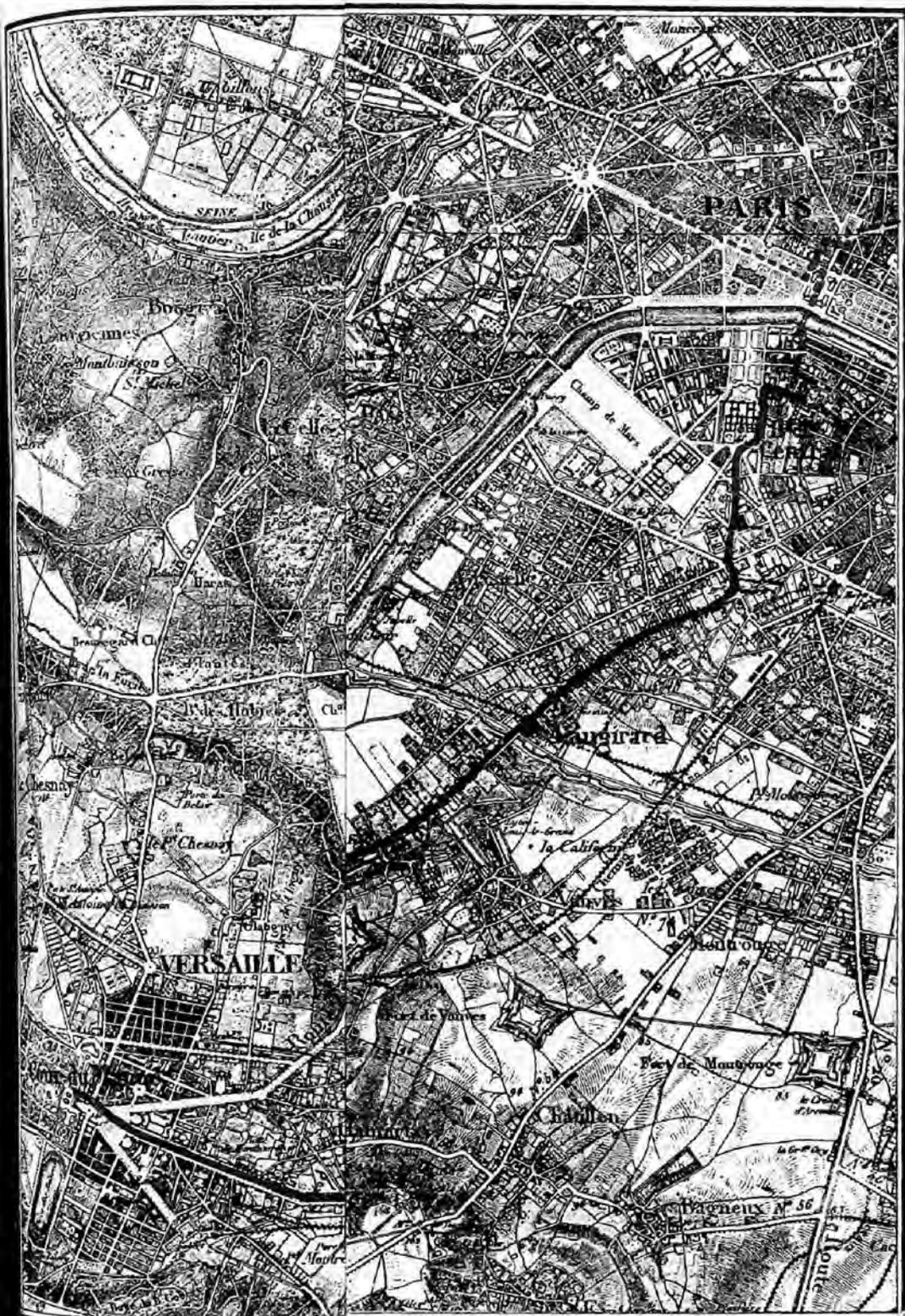
## CONCLUSION

---

Il résulte des détails qui précèdent que la solution du problème de la correspondance rapide entre Paris et Versailles est donnée par notre projet.

On trouvera sans doute que les dépenses d'installation représentent une somme relativement peu élevée, si l'on tient compte des avantages inhérents à l'établissement d'une communication permanente entre Paris et le siège de l'Assemblée. Le service officiel, les dépêches des journaux et des particuliers apporteront un contingent de recettes suffisant pour faire prospérer l'entreprise.

Nous croyons qu'il est difficile de trouver en dehors du mode de transport pneumatique des combinaisons aussi satisfaisantes; et pour l'application de ce mode, nous pensons que l'emploi du relais ne peut être évité si l'on veut faire mieux que le chemin de fer. Il appartient à la France d'entrer la première dans cette voie, les autres pays s'empresseront de la suivre. L'essor qui a été donné au développement du réseau de télégraphie pneumatique à Paris depuis 1866, a déterminé un mouvement très-accentué dans cette voie à Londres, à Vienne et à Berlin. Cette fois encore nous saurons tenir notre rang.



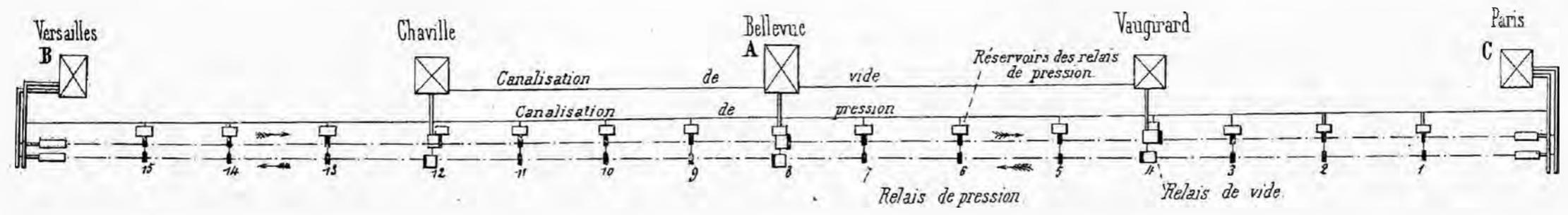
LIGNE PNEUMATIQUE DE PARIS A VERSAILLES

Tracé de la Ligne.

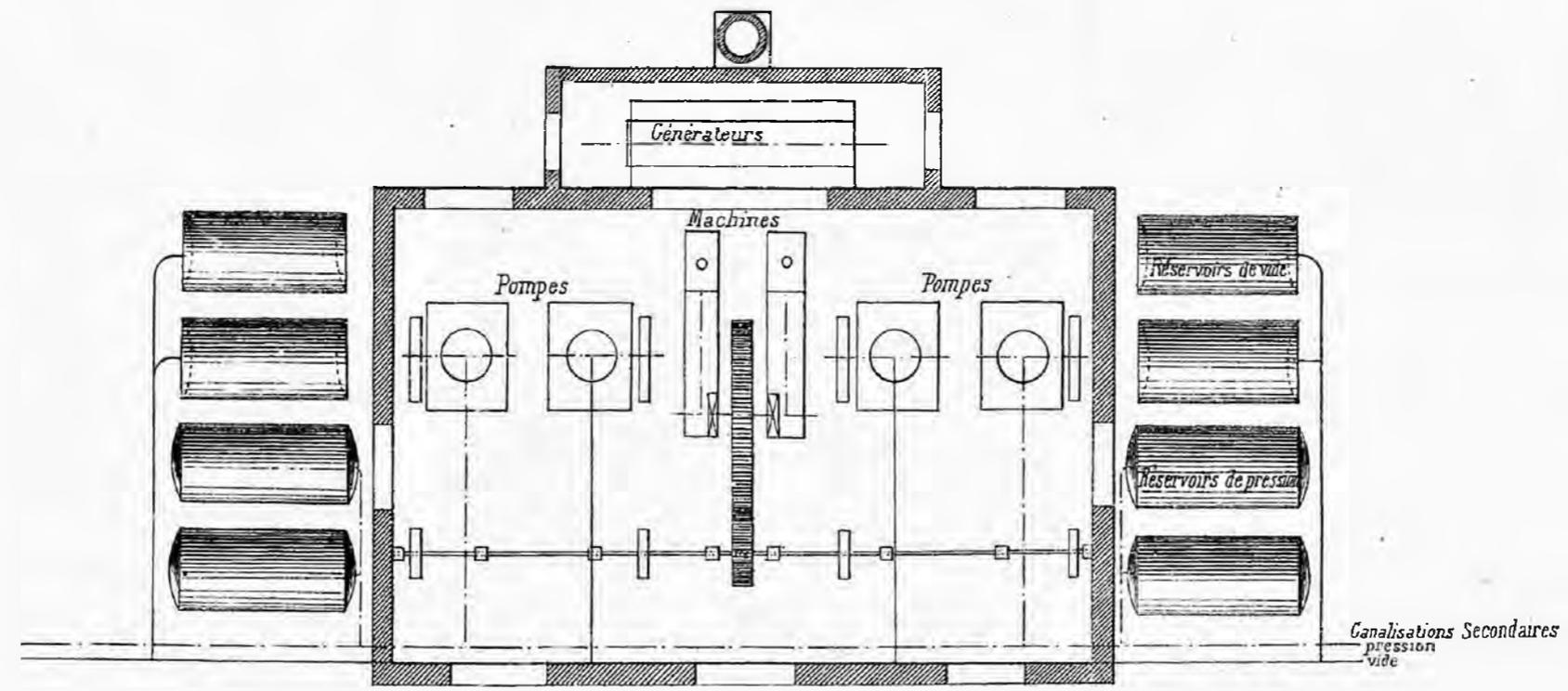


# LIGNE PNEUMATIQUE DE PARIS A VERSAILLES

## Projet d'ensemble

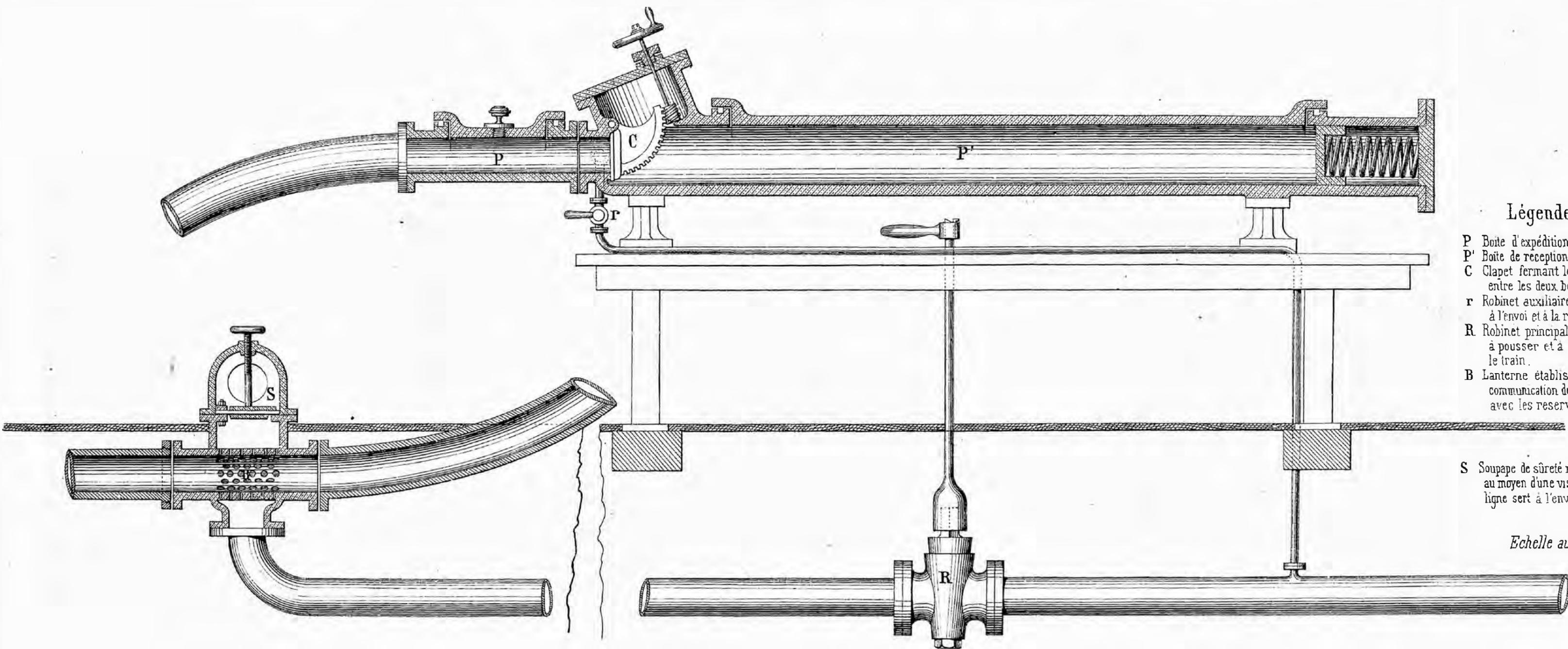


## Plan de l'usine centrale de Bellevue.



# LIGNÉ PNEUMATIQUE DE PARIS A VERSAILLES.

Coupe suivant l'axe des Appareils d'envoi et de réception.



## Légende.

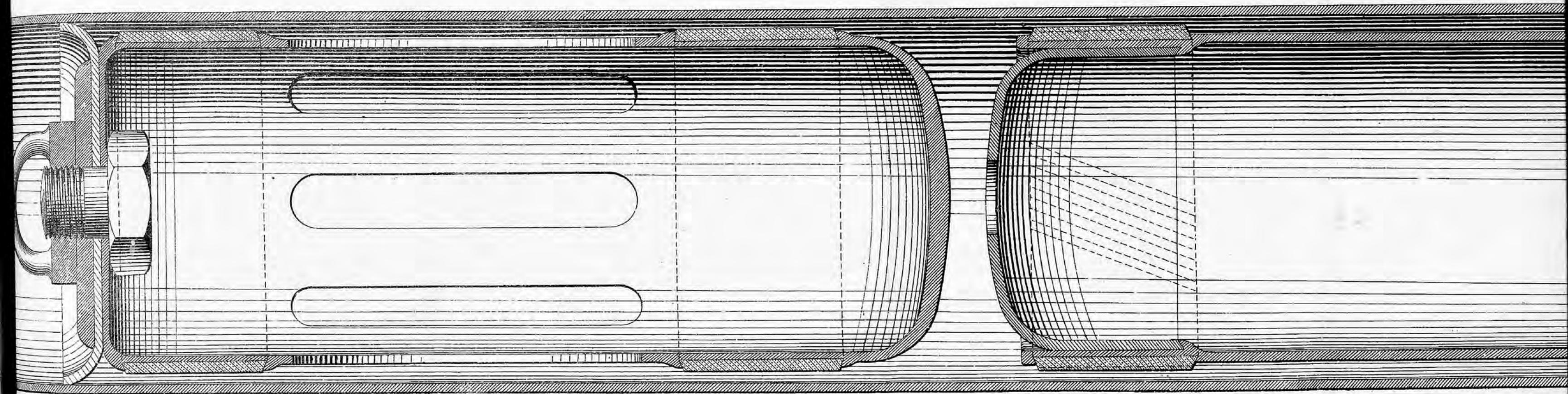
- P Boite d'expédition.
- P' Boite de réception.
- C Clapet fermant le passage entre les deux boîtes.
- r Robinet auxiliaire servant à l'envoi et à la réception.
- R Robinet principal servant à pousser et à aspirer le train.
- B Lanterne établissant la communication de la ligne avec les réservoirs.

S Soupape de sûreté rendue fixe au moyen d'une vis lorsque la ligne sert à l'envoi.

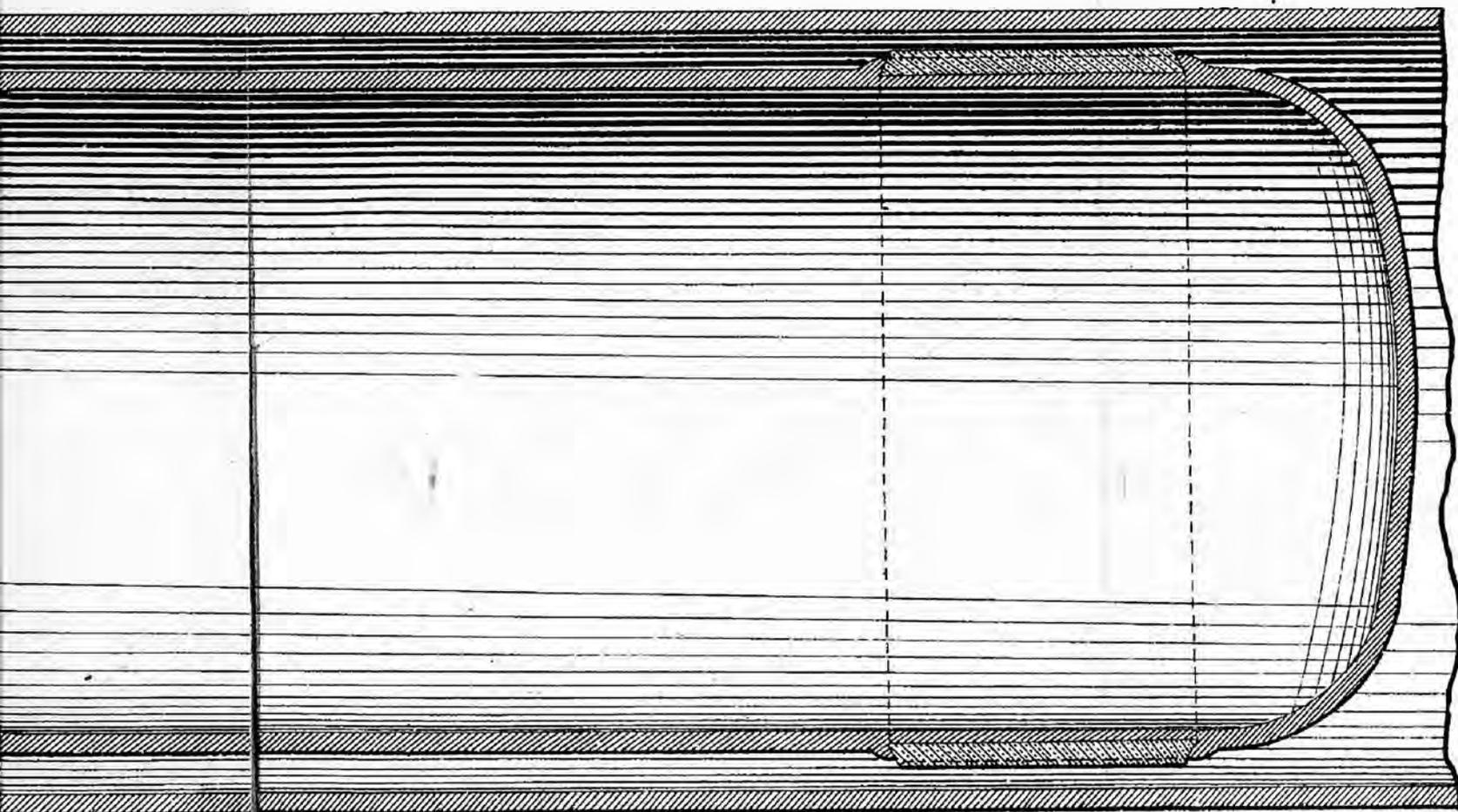
Echelle au  $\frac{1}{10}$

Coupe des Boîtes et des Pistons.

*Grandeur d'exécution.*

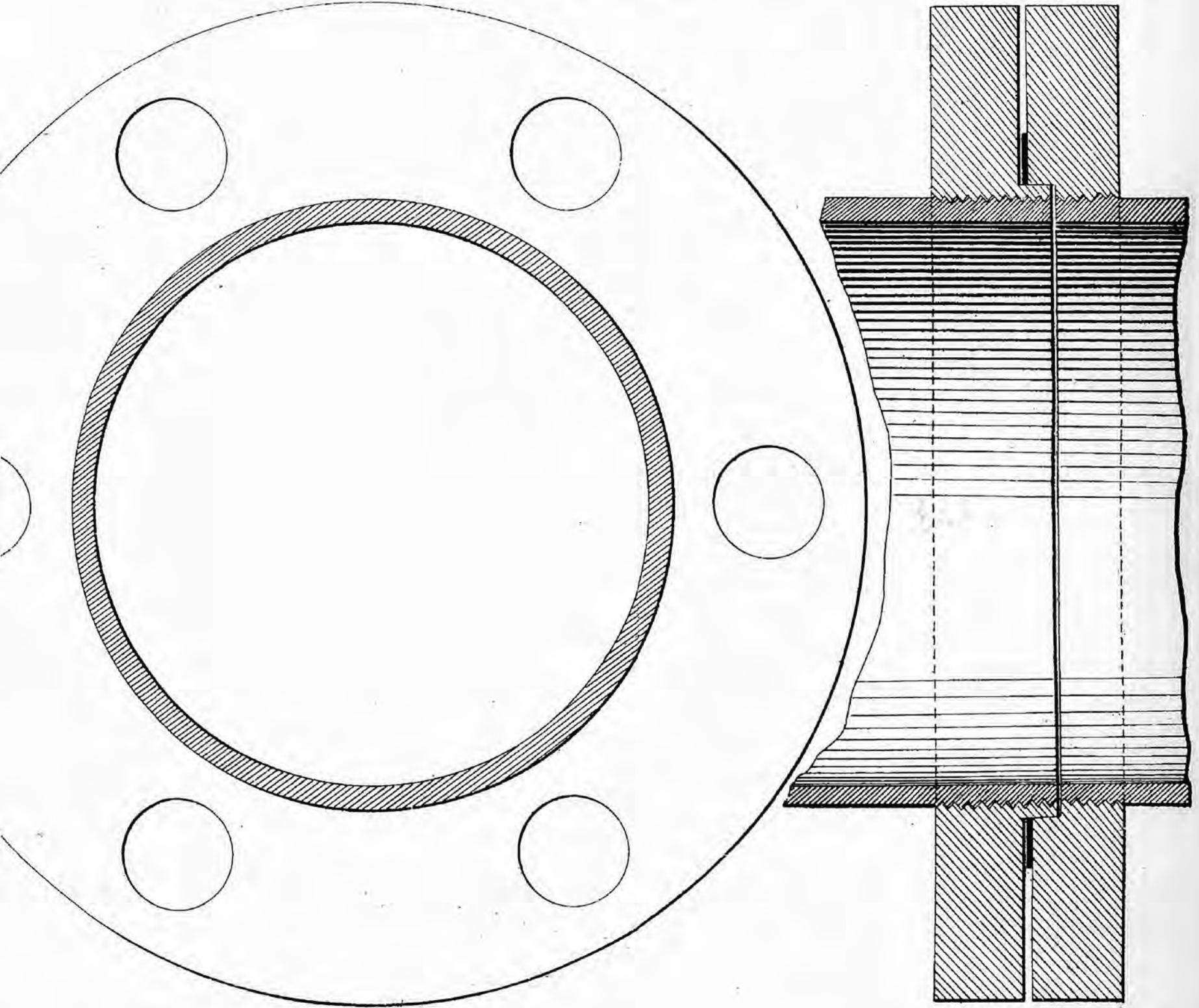


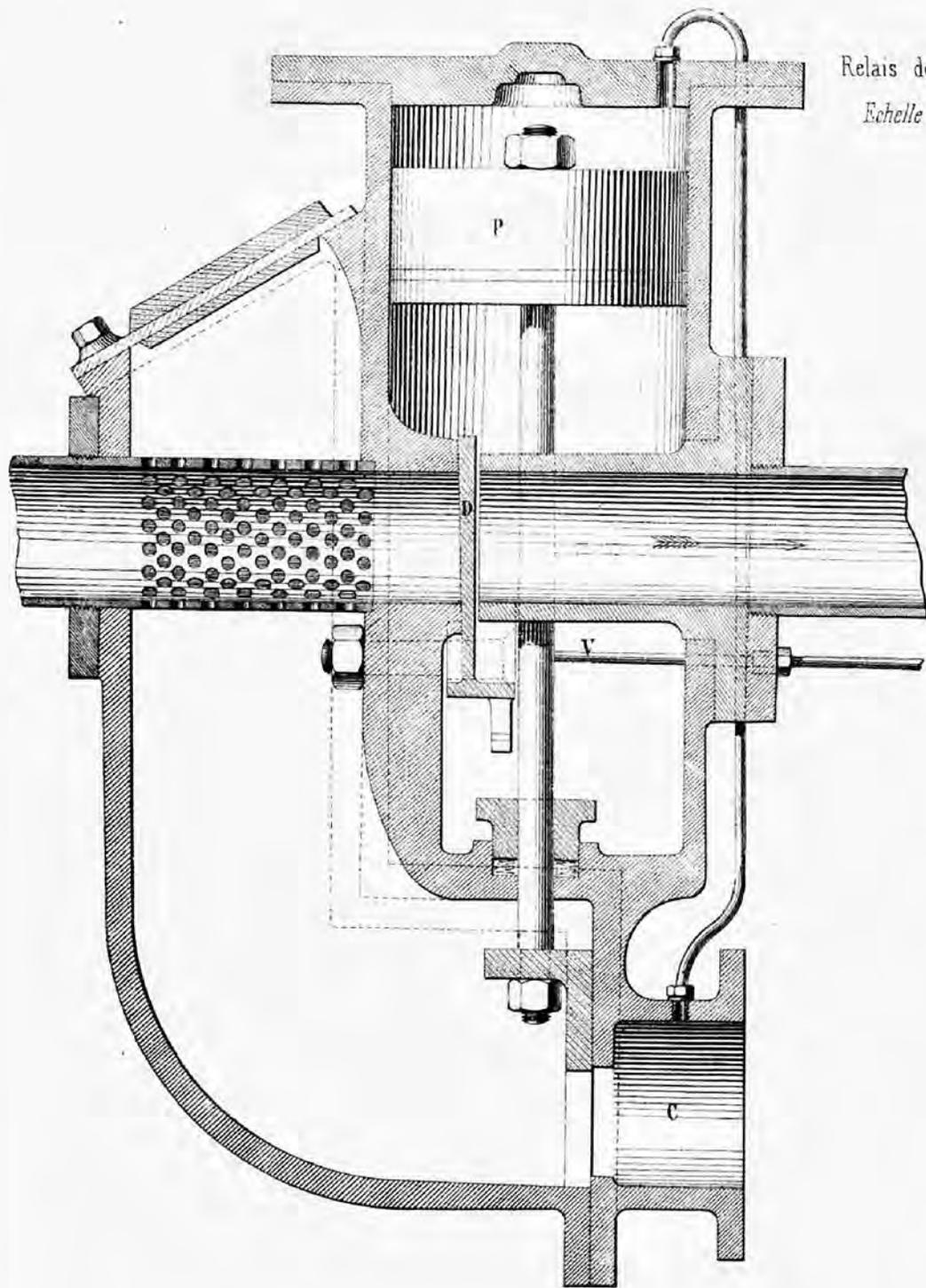
MATRIQUE DE PARIS A VERSAILLES.



*Imp. J. Dejeu & C<sup>ie</sup> 18, r. de la Perle, Paris*

Joint des tubes





Relais de vide.  
Echelle 1/6

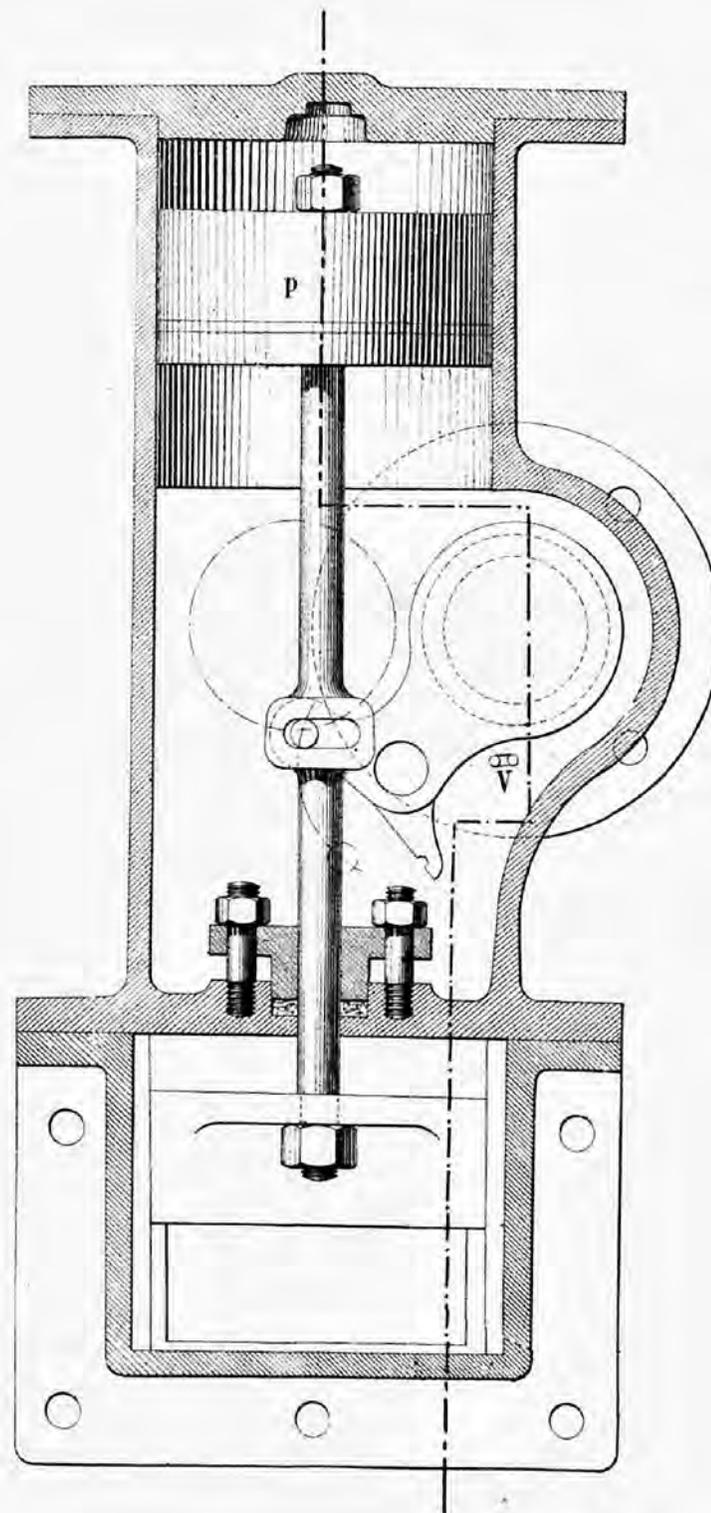
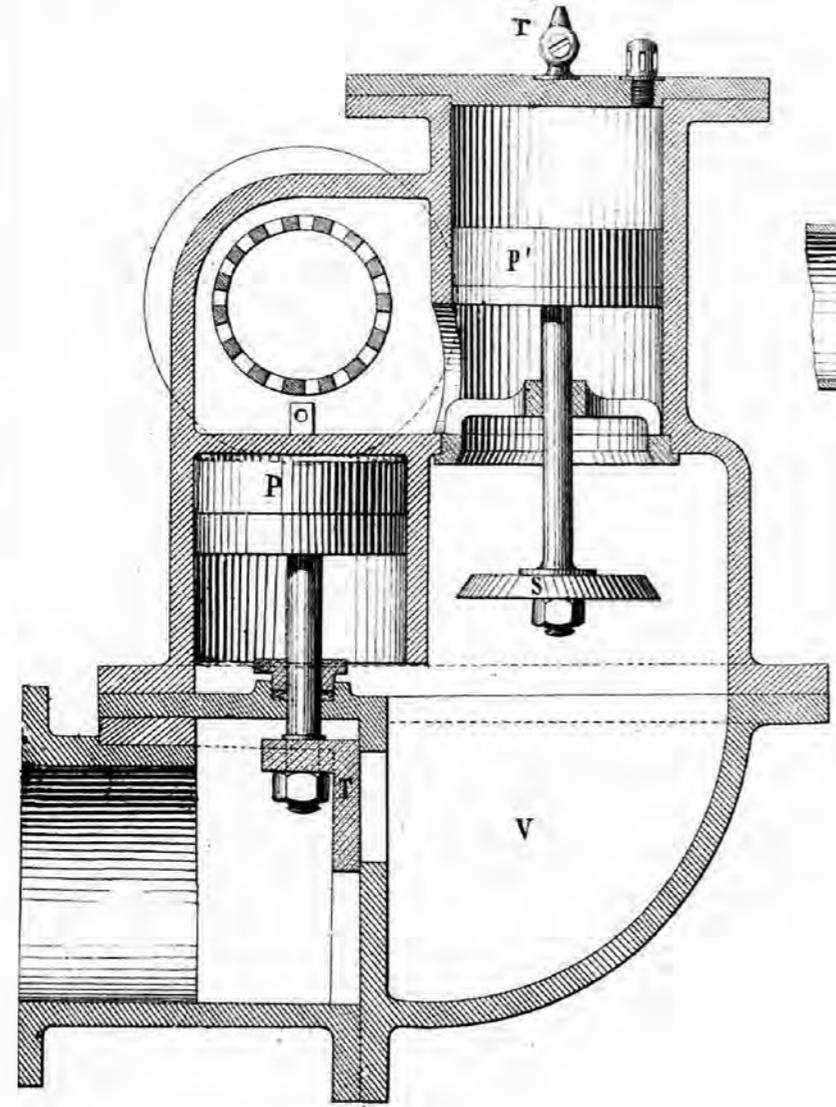


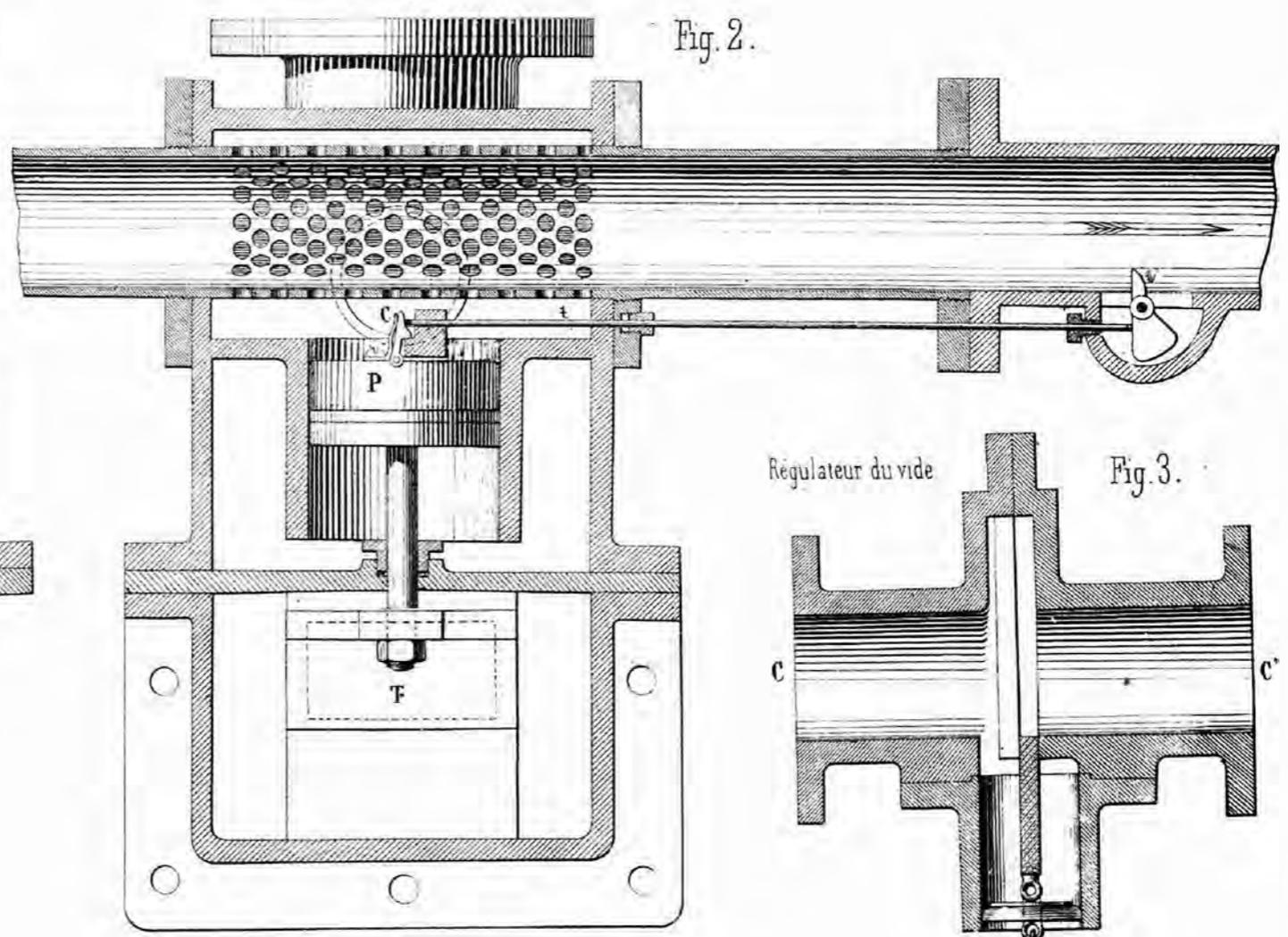
Fig. 1.



Relais de Pression

Echelle au 1/6

Fig. 2.



Régulateur du vide

Fig. 3.

