

# ELECTRICITÉ

## SUR LA VISION À DISTANCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

**Considérations générales.** Etat actuel de la question. — La transmission des vibrations sonores à distance, la téléphonie, dont les progrès ont été si rapides et si complets, a apporté l'attention des savants sur un problème analogue qui a pour but la transmission des impressions lumineuses : la vision à distance.

La diffusion des idées était naturelle ; elles devaient prendre naissance presque en même temps, mais elles n'ont pas marché d'un pas égal vers leur réalisation pratique, et faudra que la téléphonie soit devenue une véritable industrie, dont les services sont multiples et appétissants de tous, la vision à distance n'est pour ainsi dire pas sortie du domaine du rêve.

Ce n'est pas que de nombreux chercheurs, experts ingénieurs et inventifs, ne se soient efforcés de canaliser les impressions lumineuses de façon à produire une action à distance sur la rétine, comme la canalisation du son produit à des centaines de kilomètres une action sur le tympan.

Les expérimentateurs n'ont pas manqué, car le problème est de ceux qui devaient obligatoirement être résolus. Il n'en est pas qui soit plus digne de stimuler la sagacité des physiciens. Ainsi peut-on déjà enregistrer des travaux intéressants qui se rattachent à son étude. Les notes de Tyndall, Proctor, Breguet, Weinholtz, Siemens Thomsen, Salterer, Moser, Dohler, Villay, Solit, Siemens et de plusieurs autres, devront être inscrits en tête de tout inventaire consacré à la transmission des vibrations lumineuses. Mais il faut se hâter d'ajouter que rien de pratique n'est sorti de leurs recherches.

Une mention toute spéciale doit être faite des résultats obtenus par M.M. Bell et Mercadier. Se fondant sur l'action bien connue que la lumière produit sur la conductibilité électrique du silicium, ils ont créé la radiophotie et montrent d'une façon évidente la transmission directe ou indirecte de l'énergie lumineuse en énergie mécanique. Il est possible malheureusement, grâce à eux, d'employer l'oreille pour percevoir les variations d'intensité lumineuse qui se produisent dans un champ déterminé. Il suffit de faire tomber les rayons qui se projettent sur des gaz, des vapeurs d'eau ou encore sur une plaque de silicium correspondamment disposée ; le téléphone transmet à l'oreille ces variations. Toutefois, malgré l'intérêt scientifique considérable qui s'attache à ces travaux, ils n'ont pas fait faire un pas décisif à la vision à distance.

Nous en dirons de même des recherches faites par Svelto, Puccino, Minclin et quelques autres, dont le but principal était de reproduire à distance les images fourrées dans la chambre obscure. Certaines sont arrivées à donner un photographie lumineuse, probablement et assez incomplètement, les images de la chambre obscure. Ce n'est pas là à proprement parler de la vision à distance, et, jusqu'à ce jour, le problème subsiste dans son intégralité, sans que personne ait réussi à en donner une solution acceptable.

Les notes qui vont suivre ont pour objet d'indiquer une méthode au moyen de laquelle on peut espérer atteindre ce résultat.

**Résumé du problème.** — Avant de décrire la vision à distance, il est nécessaire de poser nettement l'envers des conditions qui constituent cette vision. Elles se résumment ainsi :

Est-il possible de transmettre à distance toutes les impressions lumineuses qui proviennent d'un champ donné ?

Par exemple : en un lieu A se trouve un tableau ; peut-on, par un procédé spécial, le rendre visible à des personnes placées en un autre lieu B, distant du premier d'un nombre arbitraire de kilomètres ?

L'une des personnes qui se trouvent au lieu B peut-elle, au même temps qu'elle voit téléphoniquement avec une personne placée en A, voir son interlocutrice ?

Peut-on, en même temps qu'on entend par le téléphone la musique écoutée dans un théâtre, voir la scène et les acteurs ?

Tels sont les résultats qu'il faut obtenir pour avoir fait faire un progrès réel à la vision à distance. Nul n'y est arrivé jusqu'ici.

**Principes fondamentaux.** — Deux principes fondamentaux très simples et très connus dominent la question tout entière,

Le premier est relatif à pour avoir l'impression de la forme des

contours et des détails d'un ou plusieurs objets, il n'est pas nécessaire que l'œil reçoive tous les rayons lumineux qui en émanent.

Le second avantage que l'on peut tirer de cette impression, il n'est pas nécessaire que l'œil reçoive en même temps les rayons lumineux nécessaires à la vision.

**Premier principe.** — La démonstration du premier principe se déduit d'exemples simples. Il nous suffit de citer les plus caractéristiques.

On a parfaitement l'impression d'un ensemble d'objets très à l'écart une toile métallique, bien qu'en certaines parties ces rayons qu'ils émettent à notre vision soient battus par les fils de la toile.

L'image peut être très nette, si les mailles de la toile sont larges et le fil fin : elle perd de sa netteté lorsque la grosseur du fil, ou lorsque la largeur de la toile est plus petite. Entre les deux limites, celle à laquelle on ne voit plus rien, la toile devient opaque et celle où les mailles sont assez grandes pour qu'aucun rayon ne soit arrêté, il y a une sorte d'assombrissement de vision plus ou moins complète. Mais que le rapport entre la quantité de rayons qui traversent la toile et cette qualité assombrissement soit assez faible, les objets deviennent visibles, quoique leurs rayons n'arrivent pas à la rétine. Il est assez curieux, essentiel de remarquer, qu'à la vue le plus près, l'image des objets n'est qu'un ensemble de taches plus ou moins obscuras, et il n'est pas nécessaire que ces taches soient très petites pour que l'illuminant soit complètement à l'image suffisamment nette.

Lorsqu'on regarde une impression des tableaux représentant un tableau, à faible distance, l'éclatité est absolue ; et, cependant, si on regarde de plus près, on constate que l'impression est produite par un ensemble de traits horizontaux dont la vibration entraîne des chocs aux bords, donnant aux contours courbes du tableau.

Dans d'autres tableaux où la représentation des objets se fait avec un tant de précision et de délicatesse, les traits, au lieu d'être parallèles, ont des directions relatives absolument imprévisibles.

Dans la peinture, c'est la juxtaposition de petites pierres carrées discrètement colorées qui permet de reproduire tel ou tel dessin, très ou très peu de lumières.

Dans la gravure, que ce peuvent rendre par la combinaison des traits, de traits et de points, plus ou moins gros, plus ou moins serrés ?

Dans la peinture même, on peut atteindre une exagération qu'en aucun point d'un tableau, il n'y a continuité partiale, ni des traits, ni des couleurs, ni des tons. L'artiste travaille sur toile ou sur bois ; il applique ses couleurs par plaques ou par traits. Il les fond au pinceau, à la brosse ; la trace du travail subsiste toujours.

On peut donc écrire en principe que pour percevoir une image, il suffit de recevoir les impressions partant d'un ensemble de traits de l'image, à cette seule condition qu'ils soient assez rapprochés. Il est possible, on va voir, d'arriver la perception suffisamment nette d'une image par la vision d'un aggrégat de traits plus ou moins lumineux, formant par leur ensemble une sorte de patron.

**Deuxième principe.** — Pour que l'œil voie l'objet, il n'est pas nécessaire que tous les rayons lumineux qui partent de cet objet arrivent simultanément sur la rétine ; il suffit qu'ils y arrivent dans un temps suffisamment court. Les impressions produites sur la rétine ayant une certaine durée, une sorte d'impressions se succèdent dans un temps très court, produisant l'effet d'impressions simultanées.

Ceci aussi que, si l'on agit rapidement dans l'espace un bijou dont l'éclatité est enflammante ou incandescente, on peut tracer des cercles, cercles, ellipses, traits en forme de S ou autres, très nettement perceptibles à l'œil et d'autant plus nets que la vitesse du point lumineux est plus grande.

Ce simple fait, connu et observé depuis longtemps, montre que les émissions lumineuses ont une durée très petite, mais appréciable. Newton l'élargit à une seconde ; après lui, d'autres physiciens en ont étendu la mesure : Léger, d'Arcy, Gaspard ont trouvé respectivement 30 — 8 et 6 secondes.

Un grand nombre d'appareils et de jouets sont basés sur ce principe : le thérâthroscope de Paris, le phénacoscopie de Plana, les dioptries stroboscopiques de Stampfer, le décalibron de Horner, la loupe de Danier, l'autophoroscope de Plateau, etc.

Il découlle de ce principe que pour percevoir une image on ce que nous appelons un patron, il suffit d'ignorer les impressions lumineuses provenant des différents traits qui constituent ce patron, dans un intervalle de temps inférieur à une dixième de seconde. La simultanéité des impressions n'est pas nécessaire.

**Expériences de Lippmann.** — Considérons qu'en effet, — Lippmann a été basé sur la durée des émissions lumineuses pour étudier également les mouvements vibratoires des corps.

Sous A et B deux disques (fig. 1) placés dans des plans rectangulaires et dans une position telle qu'un rayon lumineux partant d'un point A, viennent rencontrer un rayon à l'œil à la branche du disque A, et, après refraction, un rayon à l'œil à la branche du disque B.

Après cette dernière réfraction, ce rayon, dirigé sur le tableau M N, y trace sur un point lumineux qui se transforme en diverses couleurs lorsque les disques sont mis en vibration.

Les courbes de Lissajous affectent diverses formes : droite, ellipse, courbe en huit, courbe à plusieurs circonvolutions... suivant que le rapport du nombre des vibrations des deux disques est plus ou moins simple. Ces courbes se produisent dans une portion à peu près rectangulaire du tableau.

Invraisemblable, supposons que c'est le tableau qui jouit du pouvoir

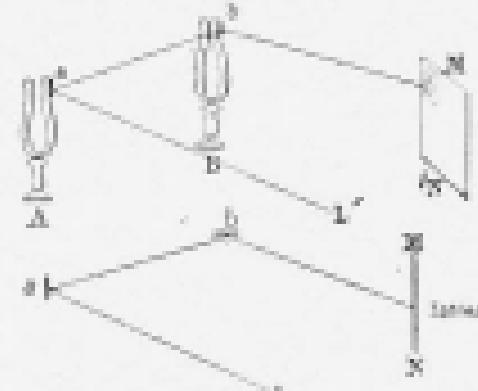


FIG. 1. — Tableau en plan et en perspective de l'appareil de Lissajous.

réfléchissant. Dans ce cas, tous les rayons qui partent de la portion du tableau située dans l'espace rectangulaire précédemment occupé par les courbes de Lissajous, viendront, par l'intermédiaire des deux disques, frapper successivement le point L dans un temps extrêmement court. On peut donc recueillir l'ensemble des rayons provenant d'une courbe donnée et les faire converger sur une même ligne droite.

Les phénomènes qui résultent de la disposition imaginée par Lissajous et des autres appareils analogues construits d'après le même principe, conduisent à une généralisation immédiate. Au lieu de glaces fixes sur les branches de diapositives, imaginons un système mobile portant une série de miroirs  $m_1, m_2, m_3$ ; il est facile de les disposer de telle façon que le déplacement de chacun d'eux ramène sur une même droite tous les rayons provenant d'une partie d'un objet éclairé.

Supposons que l'appareil soit constitué par un cercle tournant autour d'une droite perpendiculaire à son plan passant par son centre. Plaçons des miroirs  $m_1, m_2, m_3$  sur ce cercle et imaginons qu'ils fassent avec le plan du cercle des angles différents l'un de l'autre, mais voisins de 60°. Dans ces conditions, si les miroirs sont à peu près égaux et de petites dimensions, à chaque d'entre eux correspondra donc une série de traits parallèles, et tous ces traits occuperont une portion limitée du tableau. Une image quelque peu floue sur ce tableau évoluerait successivement par réflexion des rayons provenant la même droite, et si la rotation est suffisamment rapide, tous les rayons partant de cette partie du tableau arriveront tous en un point L de la droite, dans un intervalle de temps aussi petit qu'on voudra.

On pourrait évidemment prendre d'autres exemples, choisir un mouvement oscillatoire, disposer les miroirs de bien des façons. Quelle que soit la disposition choisie, nous voyons qu'il est possible d'arrêter en un même point tous les rayons lumineux provenant d'un patron; chaque portion de l'image produit successivement son impression sur la plaque et, comme l'intervalle dans lequel elles se succèdent peut être aussi court qu'on le voudra, les impressions peuvent être renouvelées simultanément.

Remarquons que la nature du patron qui se substitue à l'image, dépend de l'appareil que l'on emploie pour assurer successivement et en un même point tous les rayons provenant de cette image.

Action de la lumière sur la conductibilité électrique de certains corps.  
— On sait que la lumière modifie la résistance électrique de certains corps, parmi lesquels le sélénium est celui pour lequel cette propriété est la plus caractéristique.

Le sélénium existe soit à l'état vitreux ou amorphe, soit à l'état cristallin.

Le sélénium amorphe est isolant; à l'état cristallin, il est conducteur médiocre.

Si on fond du sélénium et qu'on le laisse refroidir, il est à l'état vitreux. En chauffant doucement le sélénium vitreux vers 300°, sa température s'élève tout d'abord et arrive rapidement à 327° sans qu'il y ait fusion. Le sélénium devient alors cristallin et à l'aspect métallique.

Nous avons observé, et Willoughby Smith et May ont également observé, en 1873, que la résistance électrique du sélénium est plus élevée à la lumière que dans l'obscurité.

Sel et Adams se sont occupés de déterminer la région du spectre pour laquelle l'effet est maximum.

Adams trouva d'ailleurs que la seule action de la lumière suffit pour développer et maintenir un courant électrique dans le sélénium; mais la sensibilité peut varier en des points même très voisins.

Les expériences d'Adams suggèrent à Bell l'idée qu'en faisant varier l'intensité de la lumière tombant sur le sélénium et en étudiant la conductibilité du sélénium, non pas avec le galvanomètre, mais

sur le téléphone, on entendrait les sons du téléphone. C'est la forme du photophone.

On a reconnu depuis que le silicium n'était pas seul de ses espèces : le nombre des substances susceptibles M. Bell et Mercadier ont reconnu des propriétés semblables à celles du silicium est considérable. Remarquons seulement qu'il existe du silicium et sur le même rang que lui, au plus le noir de l'assise.

Un phénomène analogue se passe avec le palladium, qui, placé dans certaines conditions, absorbe un volume considérable d'hydrogène et change de conductibilité électrique avec le volume d'hydrogène qu'il contient.

Supposons qu'à un point d'arrivée comme des différents rayons qui proviennent de l'image, on ait placé un récepteur radiophotique, un silicium par exemple, ou au palladium hydrogéné, ce récepteur faisant partie d'un circuit électrique. Les différentes portions du plateau agiront différemment suivant la quantité de lumière qui en émane sur le récepteur radiophotique. Elles augmenteront ou diminueront sa résistance, et les mêmes variations se reproduisent dans chacune des périodes que nous supposons inférieures à  $1/10$  de seconde.

Dans cet intervalle de temps, les différentes variations de résistance qui se produisent dans le récepteur correspondent à l'image observée. On peut donc dire que l'image existe à l'état latent dans le circuit, et cela non seulement au point de départ, mais en un point quelconque du circuit.

**Rays de l'image du circuit.** — Nous avons vu comment on transmettre les variations de lumière en variations de courant. Il s'agit maintenant de faire l'inverse, c'est-à-dire d'extraire l'image du circuit.

Theoriquement, les moyens ne manquent pas. On pourrait employer un galvanomètre dont l'aiguille courrirait plus ou moins une petite seconde permettant à une quantité plus ou moins grande de lumière de passer dans une direction déterminée. Mais si l'on remarque que les variations de résistance introduites au point de départ par les différences d'éclairement proviennent des différentes portions de l'image sont excessivement rapides, on reconnaît immédiatement que pour qu'un galvanomètre puisse, au point d'arrivée, observer différentes variations et pour qu'il les rendît toutes, il faudrait que la durée de ses oscillations pendulaires fût infinitiment petite ; il faudrait qu'il eût un moment d'inertie et une masse extrêmement faible, ce qui est irréalisable.

Même difficulté avec un électroaimagn capillaire de Lippmann, qui n'offre que très lentement, ou laisse des freins très importants à varier.

**Emploi du téléphon.** — Le téléphon seul peut répondre aux exigences du problème. On sait que les variations de courant les plus faibles recèlent en vibrations la plaque d'un téléphone. Ce sont ces vibrations perceptibles par l'oreille qu'il faut rendre perceptibles à l'œil. Plaçons-nous devant à nous. On peut supposer d'abord qu'on est placé, contre l'a. fait. M. Salvi pour étudier les modifications de forme de la plaque du téléphone, une lentille épaisse de grand rayon au-dessus de cette plaque, probablement argenteé et polie, on voit se produire le phénomène des amours de Newton, qui se dilatent ou se contractent selon les vibrations de la plaque. Si nous examinons une partie déterminée et fixe de la plaque, la quantité de lumière qu'elle émet est en relation directe avec les positions relatives de la plaque et de la lentille, c'est-à-dire avec l'état du courant électrique dans le circuit.

Agissons autrement. Tâchons de la plaque du téléphone la première lame d'un appareil de Fresnel, ainsi obliquement, ou une position déterminée, soit une bande claire, soit une bande obscure, soit une portion de bande claire et son complément en bande obscure, le tout suivant la position de la première plaque, c'est-à-dire suivant la nature du rayon arrivé sur le récepteur radiophotique.

On pourrait également s'adresser aux phénomènes de diffraction, et plus généralement à tous les phénomènes latents dans lesquels un déplacement très petit d'une portion de l'appareil d'observation produit des changements notables de l'intensité du rayon qui arrive au autre point de l'appareil.

On pourrait encore avoir recours à d'autres procédés.

Les vibrations de la plaque du téléphone sont dues à des variations dans l'aimantation du barreau placé au-dessus de la plaque. N'est-il pas possible de profiter directement de ces variations de magnétisme ?

Argons-nous l'extinction du barreau de fer dans un téléphone privé de sa plaque et laissons tomber un rayon lumineux sur l'extinction argenteé. On sait quelle est l'influence du magnétisme sur le plan de polarisation de la lumière. Nous savons qu'il renvoie le rayon réfléchi à travers un fil fil pour renouveler l'extinction plus ou moins grande du rayon.

Signons encore l'exemple que l'on peut faire du diamagnetisme des gaz au profit des barreaux, l'influence de l'aimantation sur les tubes de Crookes.

**Emploi du téléphone à gaz.** — Mais le procédé qui paraît devoir être le plus pratique est celui qui est basé sur l'emploi du téléphone à gaz (fig. 8). On sait quels services ont rendus à l'acoustique les barreaux

sensibilité, instrument aussi délicat que précieux. Nous allons avoir recours à quelques choses de sensiblable.

Pourvu le milieu de la plaque du téléphone d'un trou, très petit, et enfoncé en communication par un trou latéral l'île du téléphone

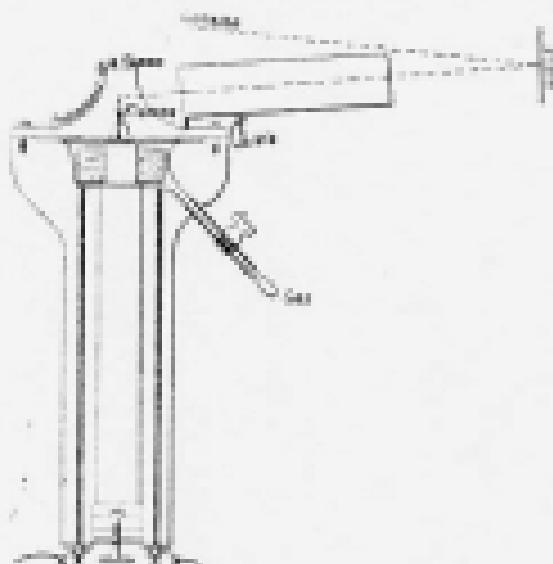


FIG. 2.— Téléphone à gaz.

(portion comprise entre la plaque, l'airant, la bobine et les parois latérales), avec un tuyau à gaz d'éclairage. Un robinet placé sur le tuyau permet de régler l'arrivée du gaz.

Alimentez le gaz sur la plaque et faisons une petite flamme peu étendue. À toute vibration de la plaque, si petite qu'elle soit, correspond une variation d'intensité d'éclat de la flamme.

Les variations de la flamme suivent celles du courant qui traverse le téléphone et reproduisent donc dans leurs éclats successifs l'image du poste de départ.

**Production de l'image.** — Nous voyons donc que nous pouvons de

bien des manières produire des variations de courant dans le circuit, pour produire, suivant une direction donnée, une série continue de courants différents analogues à ceux qui arrivent au point de départ

sur le récepteur radioélectrique. Mais ces différances d'éclat, cette suite d'oscillations d'intensité lumineuses différante, sont superposées les unes aux autres. Il faut maintenant les séparer et donner à chacune la

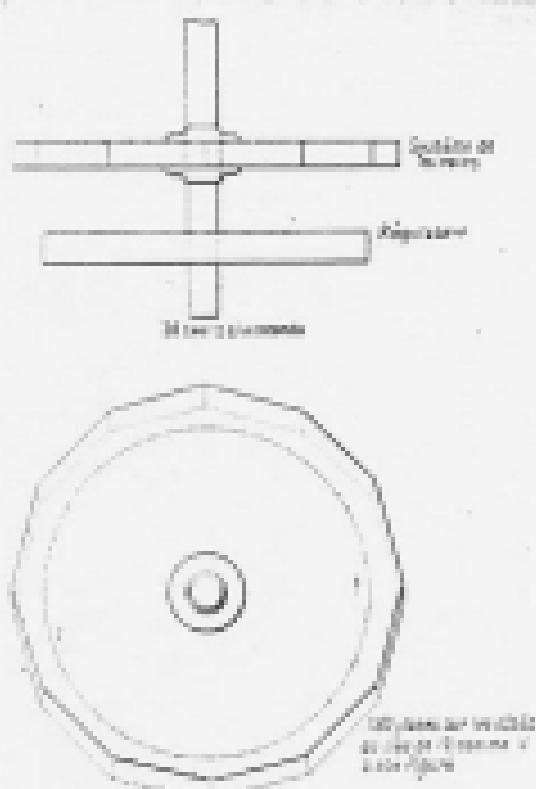
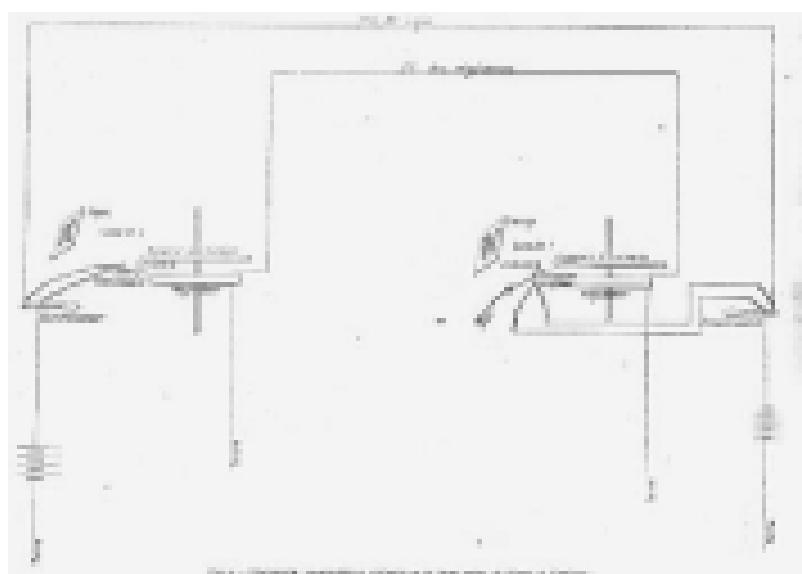


Fig. 5 - Système de rotation en continu, avec les étages nécessaires, position qui lui convient pour que leur ensemble forme une image identique à celle du patron placé au premier poste.

Pour y arriver, il suffit d'employer un appareil identique à celui qui nous a précédemment servi à concentrer en un point tous les rayons provenant de l'objet observé, et de lui faire jouer le rôle butoir.

Supposons que l'on ait employé au premier poste un appareil tel que celui qui a été décrit plus haut. Il faudra, au second poste, un



système de miroir identique au premier, ayant le même mouvement et la même vitesse.

Supposons qu'ils reçoivent tous deux à une vitesse de 40 tours par seconde. Il faudra s'assurer ainsi de façon que les positions de ces deux appareils soient absolument concordantes. C'est la condition qui a été réalisée dans divers appareils télégraphiques, le Blagay, le Baudot, et qu'il est facile de reproduire.

Dans ces conditions, le poste 1 reproduira sur un tableau les traits que le poste 1 prend sur l'image; il fait l'analyse du rayon dont le poste 1 a fait la synthèse. Pour faire saisir nettement le rôle des deux postes, il suffit de faire remarquer que le premier agit comme un prisme qui superposeait en un rayon les diverses parties d'un aspect, et le second crée un prisme qui les disperserait de nouveau, de façon à produire un aspect identique.

L'impression transmise par le poste 1 se trouve reproduite par l'ensemble de l'appareil et elle se manifeste au point d'arrivée.

**Phoroscope.** — On voit, d'après ce qui précéde, qu'on est en droit d'espérer une solution de la question de la vision à distance. Il nous reste maintenant à comprendre rapidement les considérations qui précédent et à montrer comment on peut combiner les éléments d'un appareil propre à la réalisation des phénomènes qui viennent d'être exposés théoriquement.

Nous nommons cet appareil « phoroscope », ce qui veut dire transporteur de la vision.

Nous n'avons pas la possibilité de décrire un appareil de ce genre dans les lignes qui vont suivre, mais de donner seulement un schéma permettant de se rendre compte comment il pourra fonctionner après qu'il aura été transformé par un constructeur habile en un appareil d'expérience.

L'ensemble de ces organes rudimentaires est représenté par les figures 2, 3, 4 et 5.

La figure 2 représente le disque tournant, sur la tranche duquel sont placées 300 gauzes argentées. Au-dessus est un régulateur permettant de produire une vitesse uniforme de 30 tours à la minute et d'obtenir un synchronisme absolu avec l'appareil du second poste.

La figure 4 représente les deux postes. L'objet à percevoir est représenté par un M qui occupe l'étendue du tableau. Chacune des parties de l'objet porte un élément lumineux sur le mât correspondant, qui le réfléchit à son tour sur la cellule au silicium (fig. 5), le séta-

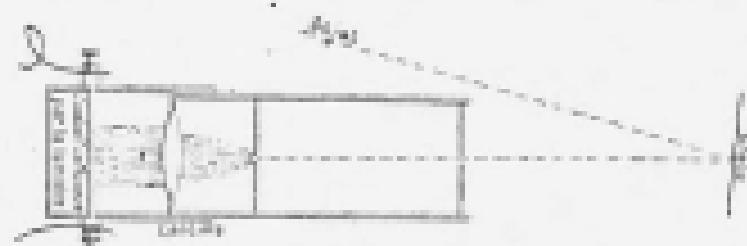


FIG. 2. — Schéma de départ en schéma.

ture, plus ou moins étairé, modifie l'intensité du courant de la ligne et produit une série de modifications dans l'état de la filament du téléphote récepteur. Ces modifications successives sont recueillies par le disque à miroir synchroniques du premier, et les images des éléments se reproduisent sur le tableau dans un espace de temps d'une durée inférieure à une seconde; la rétine, les yeux en même temps, et l'œil voit successivement les diverses parties du patron, c'est-à-dire l'image elle-même.

**Conclusion.** — En résumé, on voit que l'appareil que nous venons de décrire produit le transport des images successives par la série des phénomènes suivants :

On recueille sur l'image à transmettre un ensemble de lignes formant un patron et reproduisant l'image.

On fait passer successivement et dans un intervalle de temps très court qu'une seconde, sur une ligne déterminée, les éléments du patron à l'aide d'un appareil à miroir.

Les émissions lumineuses successives, dont chacune correspond à un élément de l'image, sont reçues dans une cellule de silicium.

Elles produisent une série de modifications successives dans l'intensité du courant qui joint les deux postes.

Ces variations d'intensité électrique sont transformées en variations d'intensité lumineuse par l'emploi d'un téléphote à gaz.

Les successives émissions lumineuses sont superposées et transmises en une juxtaposition d'intensités lumineuses, c'est-à-dire en une image par un appareil à miroir dont le mouvement est synchrone du premier.