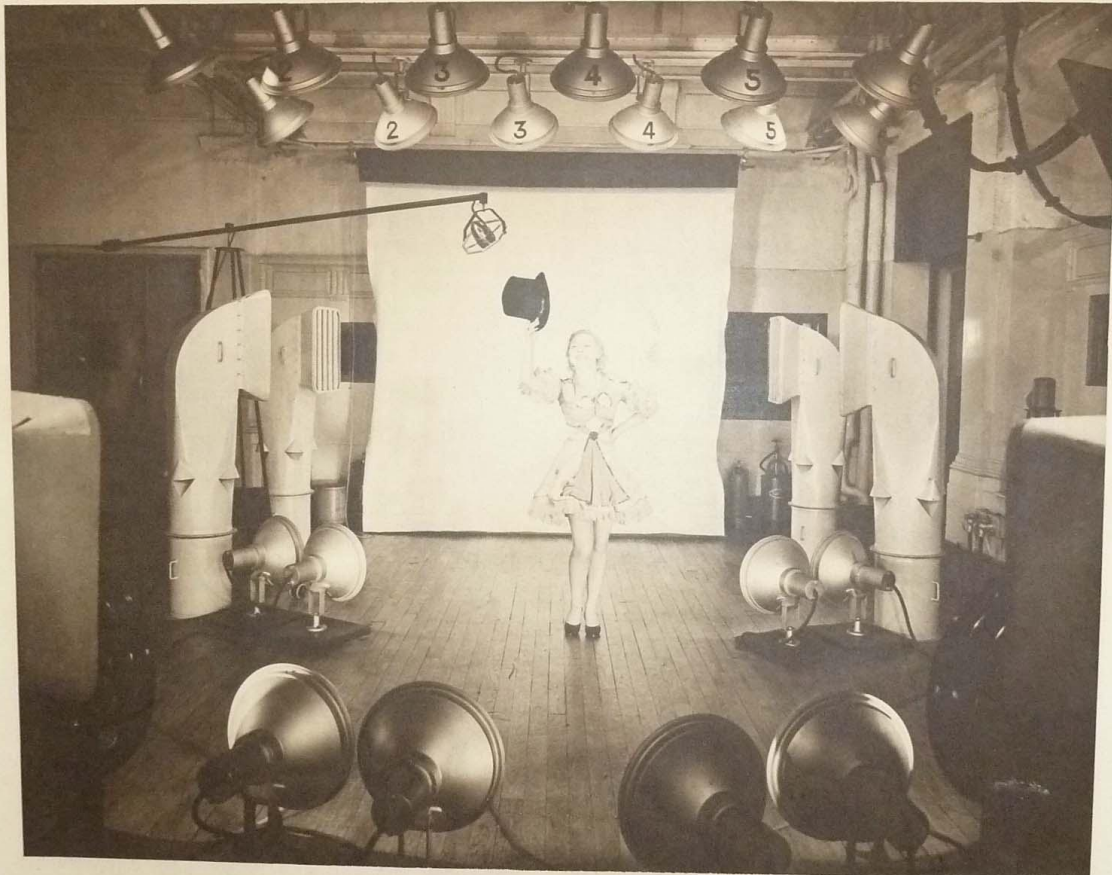


L'ILLUSTRATION



UN JEUNE SUJET ÉVOLUANT DEVANT LA CAMERA DE TÉLÉVISION AU STUDIO DES P.T.T. RUE DE GRENELLE
DANS CE NUMÉRO : T. S. F. ET TÉLÉVISION

AVEC CE NUMÉRO L'ABONNEMENT N° 1 COMPREND " LA PETITE ILLUSTRATION " CONTENANT

UNE PIÈCE EN TROIS ACTES

LES INNOCENTES, par **LILLIAN HELLMAN**
Adaptée de l'anglais par **ANDRÉ BERNHEIM**

13, RUE SAINT-GEORGES, PARIS (9^e)

Voir au verso les tarifs d'abonnement.

UN JOUET AUJOURD'HUI — UNE GRANDE INDUSTRIE DEMAIN

LES PREMIERS REGARDS DE LA TÉLÉVISION

par JEAN LABADIÉ

Depuis quelques mois, les expériences pratiques et publiques de télévision se multiplient. Plusieurs fois par semaine, nos postes français « diffusent » des images animées ; en ce moment, au XIII^e Salon de la T. S. F., des démonstrations d'émission et de réception de télévision sont organisées par la Radiodiffusion d'Etat. Enfin, à l'étranger, de vastes réalisations ont été entreprises qui donnent déjà des résultats satisfaisants. La télévision est vraiment « à l'ordre du jour » : chacun s'y intéresse, et tous nous attendons avec impatience sa mise au point utilitaire. Il nous a donc paru que le moment était venu : d'abord de rappeler les grands principes de cette invention qui semblait être, il y a peu d'années encore, du seul domaine des imaginations ou des fantasistes ; puis de faire le point des conditions vraies actuellement de sa mise à la portée du grand public.

Durant ces vingt dernières années, nous avons en effet été si gâtés par les progrès de la science que nous sommes devenus exigeants. Et, en ce qui concerne particulièrement la télévision on, a trop tendance à penser que le problème est résolu et que son application généralisée est devenue possible. Certaines annonces peu scrupuleuses tendent même parfois à confondre radiodiffusion et télévision, et nombre d'auditeurs sont persuadés que, dans peu de mois, ils pourront adjoindre à leur poste de T. S. F. un écran qui leur permettra de tout voir et de tout entendre, à toute heure du jour. Or, nous n'en sommes pas là. Les systèmes expérimentés et ceux que l'on prépare dans le silence et le secret des laboratoires — certains d'entre eux contiennent même en puissance ce qui sera véritablement la télévision intégrale — sont déjà assez ingénieux, assez raffinés pour mériter notre admiration et justifier l'étude qui va suivre. Cette étude, nous nous sommes naturellement efforcés de la rendre aussi claire que possible ; sans négliger aucun des travaux essentiels effectués, presque simultanément, par les chercheurs du monde entier, nous nous sommes arrêtés au seuil de la technique pure et des considérations mathématico-physiques trop subtiles. Tel quel, le sujet n'en est pas moins ardu par instants ; mais aussi il est rendu si passionnant par ce qu'il révèle d'audace dans les théories et de virtuosité dans les réalisations qu'il mérite une attention particulière. Tout ce que l'on va lire est donc compréhensible pour tous, à condition de le lire lentement, sans impatience ni légèreté.

C'est un beau match auquel se livrent actuellement, de pays à pays et à l'intérieur de chacun d'eux, au hasard des inventions et des groupements industriels qui les exploitent, les techniciens de l'onde et de la lumière la course à la télévision. On approche du but. Nous allons voir, nous voyons déjà « à distance ». Quoi ? Tout dépend de la qualité de la lanterne.

Depuis quelques mois, sur l'initiative de M. Mandel, le ministère des P. T. T. a repris à son compte l'initiative depuis longtemps déclinée par les compagnies étrangères : il radiodiffuse des « spectacles télévisés ». Il s'apprête à nous offrir, ainsi d'ailleurs que le Poste Parisien, le cinéma à domicile, le « télécinéma ». Que le budget lui accorde un crédit de 25 millions, et il réalisera, sans doute, aussi bien que le ministère des Postes allemand, le service qui permettrait, par exemple, aux Parisiens et aux Lyonnais de communiquer téléphoniquement en contemplant les expressions de leur visage respectif sur des écrans « 18x24 », pour adopter un format familier aux photographes. 25 millions pour commencer la conversation par un sourire et la terminer par un adieu de la main, ce serait un peu cher, si l'expérience n'était pas d'une immense portée. Elle serait d'ailleurs payante, car le prodige ne coûte que 3 marks aux habitants de Berlin et de Leipzig qui en disposent depuis le 2 mars 1936, date à laquelle le « téléphone téléviseur » fut inauguré à l'occasion de la grande Foire — mais à la condition, ne l'oublions pas, que les usagers veuillent bien se rendre dans les cabines installées aux deux extrémités d'un câble très spécial, auquel seuls des milliardaires rassemblés dans un rayon de 250 kilomètres pourraient songer pour un réseau privé.

L'imagination populaire qui voit loin — et qui voit juste, mais trop rapidement au gré des techniciens — attend toujours avec impatience la vulgarisation de ces merveilles. Vite ! un appareil « pratique, peu encombrant, et surtout bon marché », qui ne présente à notre avilissement d'autre peine que de tourner un bouton magique pour voir du miracle : l'apparition, sur l'écran d'un lointain correspondant, d'un reportage « radio-visuel » à travers les pays les plus divers, et sur les événements à l'instant même où ils s'y déroulent, avec, comme intermédiaires, des spectacles artistiques aux programmes aussi variés que ceux de l'actuelle radiophonie.

Aussi bien, le public fait presque la moue quand on lui annonce :

— Nous allons commencer par le télécinéma, c'est-à-dire par la diffusion

de films sonores il va sans dire, mais encore d'une technique limitée. Nous ne pouvons même pas vous promettre que s'importe quel film viendra s'inscrire proprement sur votre petite plaque dépolie. Mais les films choisis que nous vous enverrons à domicile, par l'onde hertzienne, constitueront un spectacle curieux, amusant, parfois d'un réel intérêt documentaire et, dans tous les cas, infiniment supérieur en qualité aux présentations d'un sketch à deux personnages, de la diseuse à voix ou du prestidigitateur dont le principal mérite consiste à tenir cinq minutes tout au plus sous le torrent de lumière et de chaleur qui les martyrise pendant qu'ils vous sourient (1).

— C'est là toute la merveille ? réplique-t-on.

— Point du tout. C'est son début. Tout le reste viendra par surcroît, probablement dans les dix ou vingt-cinq ans qui vont suivre, et vous aurez sans doute le fameux appareil intégral à bouton unique (et magique) lorsqu'en 1966 on célébrera le cinquantième de la cellule photodélectrique, de la lampe triode, des microondes et, si l'on y pense, le jubilé de M. Holwek qui réalisa en 1926 la première télévision sur tube « photo-cathodique » maintenant généralisée (2) — ou celui de M. Zworykin, inventeur de l'« iconoscope » ainsi que de ce merveilleux « multiplicateur d'électrons » dont nous aurons à parler et qui commence à peine une carrière imprévue. Tout se passera comme pour le cinéma. La télévision, qui franchit en 1936 l'âge des tâtonnements, se trouve, somme toute, dans le même état que le cinématographe quand M. Louis Lumière le réalisa en 1895 à la suite d'une longue préparation par la multitude des précurseurs — c'est-à-dire qu'elle prend avec le public son premier contact pratique, intime, qui ne sera jamais rompu désormais.

LE PRINCIPE : TRANSMETTRE ET RECEVOIR EN 1-25 DE SECONDE UNE IMAGE DÉCHIFFRÉE EN 100.000 POINTS LUMINEUX

Pour être saisi, le principe de la télévision n'exige d'autre schéma que celui qui vous sert inconsciemment, en ce moment, pour me lire.

Votre œil prend la vision, lettre à lettre, de chaque ligne de ce texte

(1) Tout récemment, l'utilisation d'un multiplicateur d'électrons Barthélémy a permis de réduire de quatre cinquièmes la température du studio.

(2) L'adaptation du tube cathodique à la télévision fut suggérée en 1907 par B. Rosin et schématisée en 1923 par Dauvillier.



Une image en télévision directe à 60 lignes (P. T. T., avril 1935) sur ondes de 180 mètres.



Une image à 180 lignes (P. T. T., décembre 1935) sur ondes de 8 mètres.



Une image à 240 lignes (studio Grammont) sur ondes de 7 mètres en télécinéma.

LES PROGRÈS ACCOMPLIS PAR LA TÉLÉVISION EN UNE ANNÉE

imprimé. En admettant que toutes les lettres soient d'égales dimensions et les lignes équidistantes, supposons que vous ayez lu un carré de 60 lignes à 60 lettres la ligne. Votre œil a « balayé » ce carré. Voilà, en surface, l'image à transmettre, c'est-à-dire à transcrire à distance, lettre à lettre, ligne à ligne, avec, toutefois, cette condition fondamentale : la lecture, la transmission, la transcription doivent s'effectuer en 1/25 de seconde. Ainsi, par le phénomène bien connu de la « persistance rétinienne », l'œil conserverait simultanément, dans une vision synoptique, l'image de la première lettre et celle des suivantes jusqu'à la dernière inclusivement.

Cette condition de temps constitue toute la difficulté. Egner, point par point, une image dans le temps, puis la reconstituer dans l'espace avec un synchronisme parfait de l'analyse et de la synthèse, devient une opération d'autant plus malaisée que le délai accordé pour la transmission de chaque élément est plus court.

Si nous nous en tenons à cette première explication empruntée à notre typographie, nous voyons immédiatement que le 1/25 de seconde équitablement réparti entre les 3.600 lettres se réduit, pour chacune d'elles, à moins de 1/90.000 de seconde. Telle sera la durée concédée à chaque signal élémentaire de la transmission envisagée.

Abandonnons maintenant notre comparaison de typographie pour considérer la vision synoptique d'une image réelle. Ses éléments diffèrent non par leur dessin, comme les lettres, mais par leur intensité lumineuse qui va du blanc au noir, abstraction faite des couleurs. C'est donc l'intensité lumineuse propre à chaque élément ponctuel, qui devra être lue, transmise et reproduite en 1/90.000 de seconde.

Même parfaitement réussie, une telle reproduction n'est pas bien riche. Songez à la pauvreté d'une similigravure qui vous serait offerte sur une « trame » de 16 points par centimètre carré — ce qui correspond, approximativement, à la densité, sur ce papier, de nos signes ou intervalles typographiques. En réalité, la trame des gravures de *L'Illustration* comporte, par centimètre carré, 2.600 points dont chacun représente, s'il y a lieu, une intensité lumineuse différant de sa voisine.

L'analyse et la synthèse synchrones que recherchent les procédés de télévision ne sauraient prétendre, de longtemps, à une telle précision. Cependant, la télévision a commencé d'être intéressante, à titre de curiosité, dès qu'elle a pu tracer, dans le 1/25 de seconde requis, 60 lignes couvrant 2 ou 3 décimètres carrés. Elle est devenue présentable quand elle a pu atteindre 120 lignes, puis 180 lignes, sur un écran de 4 décimètres carrés. A 240 lignes, si l'on se résigne à ne pas accroître cette superficie de l'écran, l'image devient agréable à regarder. A 300 et 360 lignes, ce sera mieux encore. A 600 lignes, ce sera rigoureusement parfait (l'expérience a été faite au laboratoire). Et pourtant, 600 lignes sur 2 décimètres correspondent à une trame, assez grossière, de 900 points en similigravure.

C'est que la complaisance de l'œil est immense. La fameuse « persistance » des impressions lumineuses sur la rétine constitue l'une de ces notions rapides, « toutes faites », par lesquelles s'explique, par exemple, la réussite du cinéma qui nous fait paraître « continu » un mouvement présenté par images successives. Pourtant, si chacune des images cinématographiques persistait réellement sur la rétine, comme cette persistance est évaluée par les physiologistes à 1/10 de seconde, les 25 images se brouilleraient mutuellement, par chevauchement. A fortiori, nous serai-ils impossible de saisir le vol d'une hirondelle, en vision naturelle. Aux dernières nouvelles, les savants ont découvert — un siècle après les philosophes — que la perception synthétique des images, télévisées ou autres, dépend non de la rétine, mais des centres nerveux — merveilleusement secondés, il va sans dire, par ce miraculeux instrument qu'est l'œil.

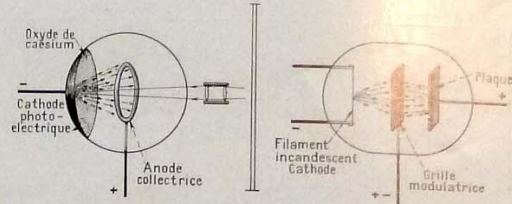
L'ARSENAL IMMATÉRIEL DE LA TÉLÉVISION : « TUBES A VIDE » ET « IMAGES D'ÉLECTRONS »

Les procédés mis en œuvre pour réaliser pratiquement l'analyse de l'image au départ et sa synthèse à l'arrivée, prévues comme nous venons de l'expliquer, reviennent tous à ceci : les intensités lumineuses ponctuelles doivent être : 1° traduites en signaux électriques ; 2° confiées à l'onde hertzienne de transport qui les livre à l'antenne du poste récepteur. Celui-ci doit, à son tour, effectuer l'opération inverse et *retraduire* en intensités lumineuses ponctuelles, étalées sur un écran, la variété des signaux hertziens successifs.

Pour abrégé, on peut dire que la station émettrice « regarde » l'objet dont la station réceptrice « montre » l'image. Tout l'appareil électrique que nous allons examiner représente le système nerveux destiné à lier les deux opérations. Car un système nerveux est toujours indispensable pour relier la « perception » et la « représentation » des choses. La télévision a le curieux privilège de matérialiser, pour la première fois, ce lieu commun de la psychologie.

Ce « système nerveux » installé par les radiotechniciens consiste en des circuits n'utilisant aucune « mécanique », au vif sens du terme, mais seulement ces « machines à lumière » immobiles et silencieuses qui sont les « centres », les ganglions, de tout le système et que les physiciens dénomment « tubes à vide ».

Le premier « tube à vide » propre à la télévision n'est autre que la « cellule photoélectrique », surnommée, depuis sa création, l'« œil électrique », qui traduit la lumière en courants. Puis nous rencontrons, sans avoir à pénétrer ses arcanes, toute la variété des « lampes » utilisées en radiotechnique. Ces lampes, on les appelle, hier encore, des « triodes » parce que leur filament rayonne sur une plaque, à travers une grille, ce qui fait trois « électrodes ». Aujourd'hui, les grilles interposées entre le filament incandescent et la plaque se sont multipliées comme les postes d'aiguillage dans une gare au trafic intensif. Ces grilles « détectent », « sélectionnent », « modulent », « amplifient » des courants d'une nature très particulière qui jaillissent « sans fil » entre le filament et la plaque, les courants « électroniques » ou « flux d'électrons » qu'on peut se repré-



La cellule photoélectrique.

Sous l'influence d'un rayon lumineux (ici arrivant de la droite et concentré par une lentille), les électrons jaillissent du métal photo-sensible et sont captés par le « champ électrostatique » positif de l'anode.

La modulation dans la lampe triode.

Les électrons émis par le filament lorsqu'il est incandescent (cathode) sont attirés par la plaque positive ; mais leur flux est « modulé » par les variations de tension de la grille interposée.

ÉMISSION ET MODULATION DU FLUX ÉLECTRONIQUE DANS DES TUBES A VIDE

sembler comme un jet de poussière subtile entraînée par un violent courant d'air. Ces électrons qui figurent des corpuscules électriques dans l'imagination des physiciens sont des démons immatériels dont la foule innombrable et turbulente peuple tous les tubes à vide, sans exception. Les électrons, faisons-nous à cette idée, sont les seuls intermédiaires réellement indispensables à la jonction de la lumière « vue » au départ et de la lumière « vue » à l'arrivée, par le moyen de cette autre lumière aux ondes invisibles et géantes, le rayonnement hertzien.

Étant donné l'importance de ces facteurs aîlés de l'éther, accordons quelques lignes d'attention aux « sources » d'où ils jaillissent, à l'intérieur des tubes à vide. Toutes ces sources d'électrons peuvent s'appeler d'un même terme générique : ce sont des « cathodes », c'est-à-dire des électrodes de signe négatif. Elles repoussent les électrons (eux-mêmes de signe négatif) au fur et à mesure de leur émission. Par contre, les « anodes » (électrodes de signe positif) les attirent. C'est la loi bien connue des attractions et des répulsions électriques. La matière des cathodes peut être considérée comme un « réservoir » d'électrons sous pression, prêts à jaillir si le réservoir crève. Dans la cellule photoélectrique, le métal de sa rétine « cathodique », le césium, est si fragile que le choc des ondes lumineuses suffit à libérer ses électrons. Dans les lampes triodes, c'est le métal du filament incandescent qui constitue la cathode : ici, le réservoir d'électrons est crevé par la haute température à laquelle il est soumis. Dans le « tube cathodique », où la cathode se représente par une plaque de métal, la libération des électrons s'obtient par chauffage de la plaque et, tout ensemble, par son électrisation négative à haute tension.

Ce que nous venons de rappeler touchant les attractions et les répulsions auxquelles les électrons sont sensibles nous permet de comprendre qu'on va pouvoir traiter les trajectoires de ces projectiles immatériels à la façon de véritables rayons de lumière. Immatérielle, donc sans inertie, leur foule, en effet, obéit, instantanément et avec une incroyable docilité, aux ordres qu'on lui transmet par le truchement soit de bobines magnétiques, soit de plaques électrisées. Grâce à ces vertus, les champs électrostatiques et les champs magnétiques vont nous donner le moyen de concentrer les flux d'électrons, de les réfracter en faisceaux et même en « images » précises, exactement comme les lentilles d'optique permettent de traiter la lumière vulgaire. Cette véritable « optique électronique » est tellement développée aujourd'hui qu'on a réussi à construire des microscopes ultra-puissants utilisant les rayons d'électrons au lieu et place des rayons de lumière.

Nous voici maintenant en possession de tout l'attirail, merveilleusement subtil mais indispensable, et d'ailleurs suffisant, pour « téléviser ». Il faut passer ce néologisme que ne saurait remplacer « voir à distance ». Voir, de près ou de loin, n'a rien de spécialement commun avec « téléviser », opération industrielle dont l'activité, toute neuve, mérite bien un dénominateur particulier.

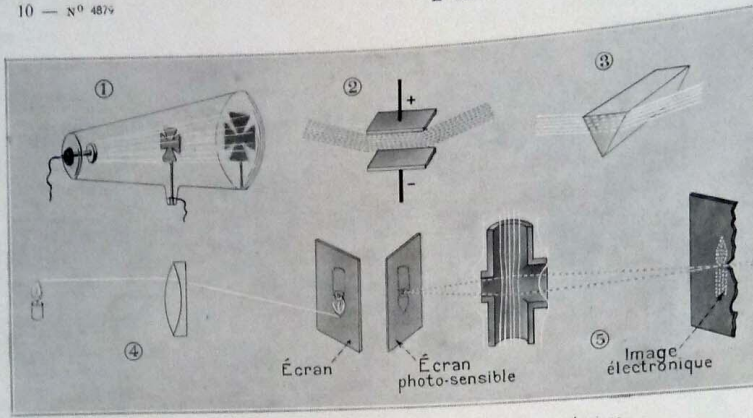
L'outil le plus subtil — et le plus important — de cet arsenal immatériel, le « rayon de lumière », mérite cependant une dernière observation : puisqu'elle est contrainte de dissocier la perception des images au départ et leur représentation à l'arrivée, et puisqu'elle sépare, par là même, le « rayon visuel » qui regarde du « rayon lumineux » qui montre, la télévision est tenue d'accorder l'un et l'autre aussi rigoureusement que les accorde la nature dans l'acte de la vision directe. En d'autres termes, le travail des deux rayons, qui assument le premier l'analyse et le second la synthèse, doit s'effectuer dans une parfaite simultanéité : 1° de leurs mouvements respectifs dans l'espace (balayage) ; 2° des variations de leurs intensités lumineuses suivant l'éclaircissement des divers points balayés (modulation). Et puisque c'est à lui que revient l'initiative, le « rayon visuel » qui analyse l'image au poste émetteur doit imposer, à distance, ses propres mouvements et sa propre modulation au « rayon projecteur » chargé de balayer, lui aussi, ligne à ligne, l'écran de réception.

Suivons de près, avec quelque détail, la marche de ces opérations.

L'ÉMISSION PAR L'ANALYSE DE L'ŒIL ÉLECTRIQUE

L'« œil » de la station émettrice n'est autre qu'une « cellule photoélectrique ». Sa rétine ? Une couche de certain métal, le césium d'ordinaire, qui tapisse sa paroi de fond. Sous l'action de la lumière, cette rétine manifeste son « impression » par l'émission d'un « flux d'électrons » qui jaillit du métal avec une intensité rigoureusement proportionnelle à celle du flux lumineux reçu. Si nous parvenons à faire défilier successivement sur cette rétine tous les points de l'image qu'il s'agit de transmettre, ce flux d'électrons traduirait à chaque instant l'intensité lumineuse relative de chacun de ces points. L'« anode » de la cellule, captant le flux électro-

L'ILLUSTRATION



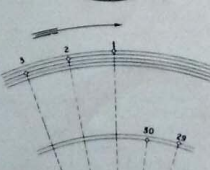
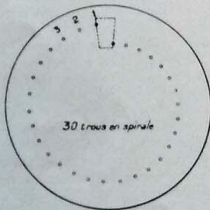
Analogie de l'« optique électronique » avec l'optique lumineuse classique.

DANS UN « TUBE A VIDE » (1), une cathode (électrode négative) rayonne des électrons. Si l'on interpose, au milieu du tube, une anode (électrode positive) de forme caractéristique (ici, une croix de Malte), l'ombre de cette anode se projette au fond du tube. L'anode positive capte, en effet, les électrons qui la rencontrent; les autres vont frapper le fond du tube. Celui-ci, enduit d'une substance fluorescente, s'illumine sous le choc des électrons qui n'ont pas rencontré au passage la croix de Malte. Le reste de l'écran fluorescent demeure obscur. (Remplacez la cathode « source d'électrons » par un projecteur « source de lumière », vous obtiendrez la même ombre portée, la vulgaire ombre chinoise.)

ENTRE DEUX PLAQUES ÉLECTRISÉES (2) de signes contraires, faisceaux passer un faisceau d'électrons. Il est dévié du côté de la plaque positive (+) qui attire les électrons (corpuscules négatifs). Ce système de deux plaques produit, en somme, sur les rayons d'électrons, le même effet qu'un prisme (3) sur les rayons lumineux. Il les « réfracte ».

L'ANALOGIE SE POURSUIT AVEC LES LENTILLES : l'image d'un objet se projette, à travers un objectif photographique, comme l'indique la figure (4). Si l'écran est enduit d'une matière « photo-sensible » (caesium, par exemple) qui émet des électrons sous l'action de la lumière (5), les électrons ainsi rayonnés constituent une « image » qui reproduit exactement l'image lumineuse. Captés par les « lignes de force » d'un champ magnétique convenablement établi (au moyen d'un tube en fer spécialement profilé), les électrons rayonnés par l'image électronique sont réfractés de la même manière que les rayons lumineux à travers une lentille. Il s'ensuit la formation d'une seconde image électronique sur un second écran placé de l'autre côté du champ magnétique jouant le rôle de lentille. Le même effet peut être obtenu par des champs électriques (voir le schéma suivant).

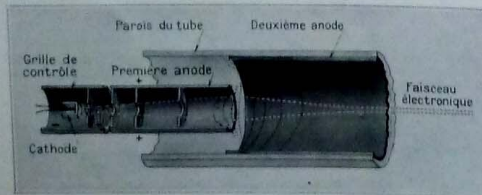
nique, le transformera en un courant électrique infime qui continuera de traduire, par ses propres variations d'intensité, les impressions lumineuses. Amplifié par les moyens classiques, ce courant transmettra ces variations d'intensité au rayonnement hertzien — bref, le « modula ». L'émission de l'intensité au rayonnement hertzien se trouvera, dès lors, assurée.



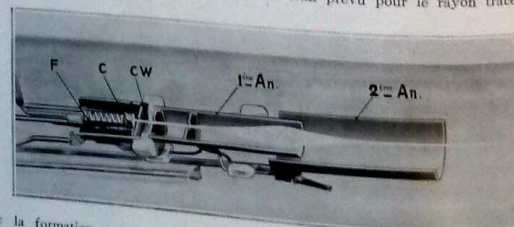
Disque tournant de Nipkow vu de face et schéma de l'exploration lumineuse à l'émission. Quand le faisceau lumineux traverse le trou 1 du disque, il trace sur le sujet une première ligne lumineuse. Une fraction de seconde après, il traverse le trou 2, traçant une ligne au-dessous de la première et ainsi de suite.

Quant au mécanisme du balayage, son mode le plus courant, le plus ancien, le plus sommaire, mais qui est loin d'être définitif, est celui qui met en œuvre le « disque de Nipkow ». Porteur d'une série de perforations disposées en spirale à sa périphérie, lorsque, interposé entre l'« œil électrique » et l'objet, le disque de Nipkow se met à tourner, chacune de ses perforations conduit le « regard photoélectrique » suivant une ligne qui parcourt l'objet jusqu'à ce que le trou suivant de la spirale se présente pour le relayer et promener le regard sur la ligne suivante — la « têter », comme disent les radiotechniciens dans leur argot expressif. Au bout d'un tour complet, la spirale entière a défilé devant autant de lignes que le disque comporte de trous. Elle a pris une vision d'ensemble de l'objet, comme à travers une fenêtre grillagée.

La ponctuation vertigineuse qui découpe cette fenêtre se délimite donc en largeur par l'espacement des trous le long de la spirale. Et sa hauteur n'est autre que le « pas » de la spirale. Si le disque tourne à raison de 25 tours par seconde, l'effet de « persistance rétinienne » est atteint.



Une application essentielle de l'optique électronique : la formation concentrée d'un faisceau d'électrons. Les diaphragmes intérieurs produisent des « lignes de force » électrostatiques jouant, ici encore, le même rôle que la lentille magnétique décrite dans la figure précédente. Cette lentille « électrostatique » concentre le faisceau électronique en un mince filet qui sera, dans le tube cathodique, le « projecteur de balayage » produisant l'image sur l'écran récepteur. — A droite, la réalisation du système : l'intérieur d'un tube cathodique (Philips). — F, filament; C, cathode; CW, cylindre de Wenheit; 1^{re} An, 2^{de} An.



Bien que ponctuelle, la vision sera d'apparence continue.

Passons sur le traitement qu'il faut imposer au fragile courant électrique ondulé, véritable reflet de lumière, par lequel la cellule interprète cette vision, « en pointillé », pour qu'il acquière la force de « moduler » l'onde hertzienne. Allons plutôt recevoir cette onde modulée à l'antenne réceptrice.

LA RÉCEPTION, PAR LA VISION SYNTHÉTIQUE DU TUBE PHOTOCATHODIQUE.

L'illustration a déjà décrit ce merveilleux tube photocathodique quand M. Hollweck le présenta pour la première fois, fonctionnant parfaitement en récepteur de télévision (1927). Inutile d'examiner d'autres procédés; le tube cathodique est le seul récepteur qui surmagne sur l'abîme où achèvent de sombrer tous les anciens systèmes essayés.

Le tube cathodique possède effectivement, à un degré inouï, toutes les facultés requises pour répondre à cette double exigence : 1° balayer un écran, aussi rapidement que l'on voudra, par un point lumineux « modulé » aussi fin et aussi intense que l'on voudra; 2° effectuer ce balayage, sans aucun mécanisme matériel, par les impulsions de l'onde hertzienne convenablement traduites en courants électriques.

Le rayon d'électrons émis par la cathode vient frapper le fond du tube,

aussi largement évasé que possible puisque c'est lui qui forme l'écran. Tapissé d'une matière phosphorescente, cet écran s'illumine exclusivement au point d'impact du rayon électronique. Soigneusement diaphragmé, concentré par un champ magnétique, le rayon cathodique est d'une précision de pointe de crayon. C'est ce crayon immatériel qui va balayer l'écran phosphorescent en appuyant plus ou moins aux différents points de son parcours suivant l'intensité de lumière qu'ils exigent.

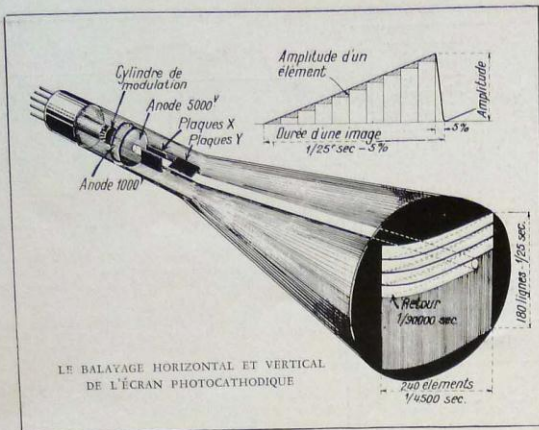
L'intensité du rayon cathodique qui régit cette « modulation lumineuse » est elle-même commandée par le courant modulé de l'antenne, soit au moyen d'une électrode assez analogue à la grille modulatrice des lampes triodes, soit au moyen d'une bobine magnétique enroulée autour du col du tube.

Il reste à organiser le balayage.

Nous continuons d'assimiler le rayon cathodique à un crayon rigide, fixé à la cathode, tandis que sa pointe est mobile sur l'écran phosphorescent. Il s'agit de guider ce crayon de manière à lui faire tracer sur l'écran toute la série des lignes horizontales équidistantes couvrant l'image. Constitué de corpuscules électriques négatifs, le rayon cathodique éprouve donc une attraction pour les corps électrisés positivement et une répulsion pour les corps électrisés négativement. Si nous obligeons ce rayon à passer entre deux plaques verticales et si nous soumettons ces plaques à des alternances de potentiel électrique, ces variations réagiront sur le rayon et le contraindront à effectuer le mouvement horizontal désiré.

En outre, dès que le spot photocathodique atteint la fin d'une ligne, il faut le pousser sur la ligne horizontale suivante. C'est donc une paire de plaques, disposées cette fois horizontalement, assurera cette inflexion du rayon cathodique par degrés successifs, ligne à ligne. A la totalité d'une image. Un dernier « signal » ramènera le spot à pied d'œuvre l'image suivante.

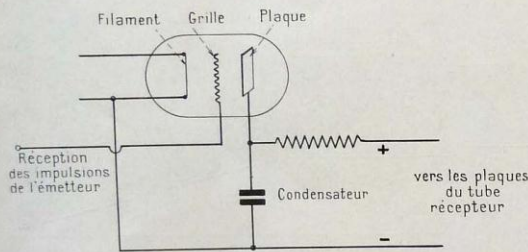
C'est l'onde hertzienne qui porte avec elle les signaux de synchronisation de « fin de ligne » et de « fin d'image ». A chaque fin de ligne un électrique nécessaire à la descente du cran prévu pour le rayon tracer.



Le pinceau cathodique (intentionnellement grossi) est dévié par les plaques verticales X pour tracer les lignes et par les plaques horizontales Y pour passer d'une ligne à la suivante. Ce double balayage de la ligne et de l'image s'effectue suivant un double rythme qui commande deux « thyratrons » ou « bases de temps ». Le thyatron de ligne assure le déplacement horizontal du spot suivant des durées que définit le graphique du schéma ci-après en fonction de la tension électrique appliquée aux plaques correspondantes. Le thyatron d'image recouvre ces durées linéaires d'une durée égale à leur somme, ce qui donne la durée d'un balayage complet (une image).

Nous donnons ci-dessous le détail du fonctionnement d'un thyatron par son schéma électrique.

C'est une lampe triode seulement un peu spéciale :

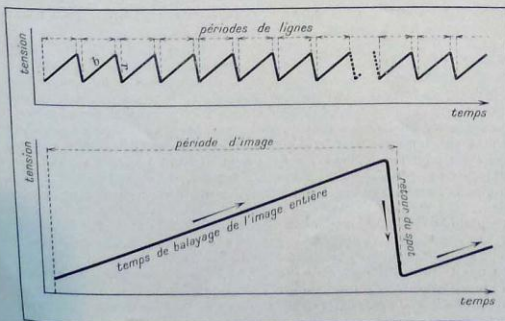


Les impulsions électriques ou « tops » venant de la station émettrice agissent sur la grille de contrôle du thyatron qui se trouve rempli de certain gaz, à très basse pression. Chaque « top » déclenche une « décharge » brusque de la plaque du thyatron, qui se recharge aussitôt, progressivement, jusqu'au top suivant. Connectés au thyatron, les plaques de déviation du tube photocathodique enregistrent cette charge progressive qui a pour effet de dévier le rayon cathodique traceur de l'image. Quand le rayon ainsi dévié est arrivé à la fin de sa course, c'est précisément l'instant (fixé par les caractéristiques du thyatron) où se produit la décharge brusque ordonnée par le « top » : aussitôt, le rayon cathodique, « relâché » par le système de plaques, reprend sa position antérieure. Et ce mécanisme de « retour à la ligne » recommence indéfiniment. Ce sont là des oscillations dites de « relaxation ».

Les plaques de déviation horizontale (de lignes) sont commandées par un thyatron dont les périodes de charge et de décharge sont figurées dans le graphique ci-dessous. Les plaques de déviation verticale (d'images) sont soumises à un deuxième thyatron dont la période recouvre évidemment la somme de toutes les périodes élémentaires de lignes. Le « retour à l'image » ne s'effectue, en effet, qu'à la suite du dernier « retour à la ligne ». Le temps perdu pour ces « retours » représente 5 % du temps total.

Les lignes brisées consultant les graphiques suivants représentent les variations de tension des thyratrons.

Le graphique à petites dentelures marque le travail du thyatron des lignes ; la ligne à grands redans, celui du thyatron d'images.



LES THYATRONS OU « BASES DE TEMPS » QU'UTILISE LA TÉLÉVISION POUR ASSURER LE BALAYAGE DE L'ÉCRAN RÉCEPTEUR

Ce sont de véritables métronomes électriques qui battent la mesure à l'inscription des lignes comme à celle des images.

À chaque fin d'image, un second « top » libère le rayon qui reprend son travail à la première ligne.

Quant au tracé de la ligne même, par déviation horizontale du rayon, il suffit, pour l'assurer, d'imposer aux plaques verticales une tension électrique uniformément croissante correspondant au temps assigné à son parcours. Retombant à zéro à chaque fin de ligne, cette tension libère le rayon pour le reprendre aussitôt et le guider suivant le nouveau trait horizontal, de gauche à droite. Et ceci s'accomplit encore sans le moindre mécanisme matériel, par le seul « montage » électrique de lampes oscillantes appelées « thyratrons ». Les procédés, au demeurant, sont d'une assez grande diversité.

Contentons-nous d'indiquer dans un schéma spécial le principe de ces métronomes électriques que l'on charge de battre la mesure aux mouvements du balai lumineux, avec une précision de l'ordre du 5.000^e de seconde.

Si j'ai été assez heureux pour retenir votre attention depuis le « regard » de la cellule photoélectrique jusqu'à la « vision » sur l'écran photocathodique, je pense avoir atteint le but que je me proposais : marquer l'immatérialité absolue, l'électrification intégrale qui président à tous les degrés du transfert de l'image. Plus aucun mécanisme matériel ! Il fallait, pour que la télévision prit son essor, que la « magie électrique » ne comportât aucune lacune.

Et la roue de Nipkow, me direz-vous ?

Rassurez-vous, elle n'est que provisoire. Elle persiste la dernière parce qu'elle fut, en date, le premier rouage des premiers essais. Elle persiste comme les instruments les plus anciens, dans toutes les techniques, sont toujours les derniers à disparaître. Au point de perfection mécanique où l'ont porté les techniciens, notamment M. Barthélemy, le principe de Nipkow suffit largement pour assurer l'exploration de l'objet, à 180 lignes et même à 240 — surtout quand il s'agit de téléviser non une scène directement vue, mais un film cinématographique. Mais, nous l'avons annoncé, des balayages de 600 lignes — purement « électromagnétiques » ceux-là — sont en préparation au tréfonds des laboratoires. Aussi bien, leur heure n'a pas sonné et demeure peut-être lointaine.

LE « SPECTRE » DES HAUTES FRÉQUENCES QU'EXIGE LA TÉLÉVISION

Nous touchons au nœud du véritable problème. Si nous voulons bien comprendre pourquoi la télévision doit recourir au film cinématographique pour commencer à nous intéresser ; pourquoi elle n'est encore capable de nous offrir, en vision directe, que des visages et des bustes ; enfin, pourquoi le « visiotéléphone » à grande distance débute par le véhicule de câbles spéciaux au lieu d'utiliser l'onde rayonnante, il est nécessaire que nous nous penchions sur les points névralgiques du circuit de la télévision.

Nous venons de le parcourir à grandes enjambées, en supposant, à chaque pas, « tous les problèmes résolus ». Reconnaissons notre promenade pour prendre un simple aperçu des principaux obstacles que doivent franchir les techniciens engagés dans la course. Quels que soient leurs avances ou leurs retards respectifs toujours précaires, tous montent le même hippogriffe, la « haute fréquence ». Les « hautes fréquences » qui parcourent le circuit de la télévision « refusent l'obstacle » à tout instant : elles refusent de s'amplifier pour rayonner avec une intensité suffisante. Les montages les plus subtils qui assurent le succès de la radiophonie musicale deviennent trop grossiers pour la télévision à cause de la haute fréquence des modulations qui sont les siennes et dépassent incomparablement les fréquences musicales.

Prenons une conscience claire — c'est-à-dire chiffrée — de cette haute fréquence nécessaire au transport de l'image à travers l'éther. Nous avons déjà fait la connaissance du monstre ailé. Il est apparu dès notre premier contact avec l'image à 60 lignes. Considérée comme un « quadrillé », une telle image, plus que sommaire, comporte, avons-nous dit, une « modulation » de 90.000 périodes par seconde. Or, la modulation musicale radiophonique la plus soignée ne dépasse pas la fréquence 10.000.

Fort heureusement, la gamme exigée par l'analyse d'une image peut être diminuée de moitié ; en pratique, la télévision n'ayant besoin que de traduire des contrastes, les techniciens savent atteindre cet effet en utilisant seulement la « demi-période » du signal de modulation, non sa période entière.

Voici donc le tableau des fréquences de modulation que doit réellement transporter le signal, électrique ou hertzien, chargé de radiodiffuser une image. (Nous adopterons l'unité de fréquence classique, le « kilocycle », qui représente 1.000 « périodes par seconde ».)

Nombre de lignes de l'image.	Nombre de points du quadrillé théorique.	Fréquences de modulation comprises en kilocycles.
120	360.000	180
180	810.000	405
240	1.440.000	720
300	2.500.000	1.250
600	5.000.000	2.500

Les fréquences constituant ce tableau marquent autant d'échelons que la télévision devra franchir pour atteindre à sa perfection, comme l'enregistreur phonographique et la radiodiffusion musicale ont progressivement conquis, dans leur domaine, les degrés du registre musical.

En radiophonie, la gamme des notes musicales transmises devrait logiquement s'étendre de la fréquence 60 (note la plus basse des instruments) jusqu'à la fréquence 12.000 périodes par seconde — et même au delà si l'on admet que les harmoniques élevées d'un instrument (qui intéressent le timbre) doivent être sauvegardées. Cependant, la « bande des fréquences de modulation » — reconnue, par convention internationale, à chaque station de radiodiffusion travaillant sur ondes moyennes — ne dépasse guère la fréquence de 4 ke 5. On a dû sacrifier les hautes harmoniques afin de pouvoir loger toutes les stations dans l'espace éther.

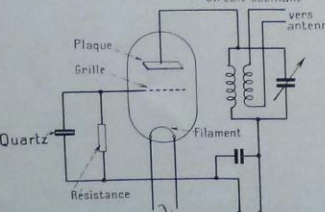
Pourquoi cette limitation des bandes de fréquences octroyées à la modulation radiophonique ? L'explication en est aisée. Nous devons la connaître, car elle est également bonne en télévision.

Chaque poste émetteur est caractérisé par une onde hertzienne porteuse dont la fréquence « propre », avant toute modulation, est rigoureusement déterminée. Si le poste fonctionne sur 200 mètres de longueur d'onde, la fréquence correspondante est : 1500 kilocycles. A cette fréquence fondamentale, la modulation musicale surajoute, disons-nous, sa propre gamme. Le poste radiophonique pris en exemple devra donc émettre, pour rester bon musicien, des ondes complémentaires, inférieures ou supérieures de 4 kc 5 aux 1500 kilocycles suivants lesquels oscille très exactement son onde fondamentale. Ce dépassement constitue la « bande » octroyée au poste. S'il se permet de la franchir au cours de la modulation, il risque d'empiéter sur un poste voisin : il y a brouillage. Les postes radiophoniques du monde entier se sont installés sur ce principe. L'accord ne s'est pas obtenu sans de mutuels sacrifices de « musicalité ».

Le problème demeure exactement le même pour la télévision. Or, celle-ci, pour émettre une image simplement acceptable à 120 lignes, commence par exiger une bande pratique de 180 kilocycles — 20 fois la bande qui suffit à loger une station radiophonique ! L'intrusion de la télévision dans le concert des postes de radiodiffusion dépasse, en exigence, les limites de la bienséance.

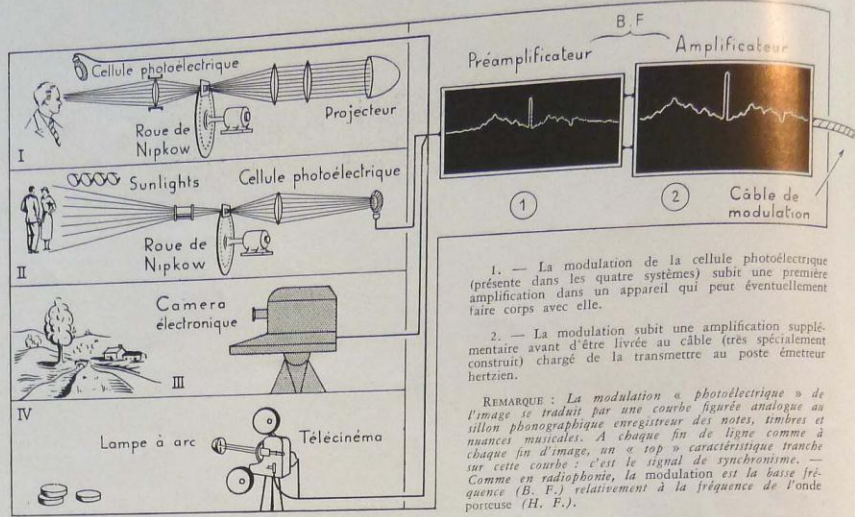
Tout compte fait — car notre exposé du principe de la répartition des bandes est volontairement simplifié — on admet que l'onde hertzienne d'un poste émetteur de télévision doit être d'une fréquence douze fois plus élevée que la fréquence modulatrice. Les postes de télévision à 60 lignes ne sauraient donc adopter une fréquence plus faible que 1.750 kilocycles ni par conséquent une longueur d'onde supérieure à 250 mètres ; ceux de 80 lignes devraient se tenir au-dessous de 40 mètres (7.500 kilocycles) — tels sont les chiffres admis par les spécialistes, notamment par M. Barthélemy, le technicien qui équipa de ses appareils et qui vient d'installer le poste de télévision des P. T. T. Cela nous explique que les émissions à 60 lignes sur longueur d'onde de 160 mètres inaugurées en avril 1935 ne pouvaient constituer qu'une expérience sans avenir et pourquoi les nouvelles émissions à 120 lignes ont adopté, dès le mois de novembre 1935, l'onde porteuse de 8 mètres, dont la fréquence est : 35.000 kilocycles. Les images à 180 lignes peuvent passer. Le télécinéma à 240 lignes doit passer inévitablement.

C'est qu'il ne s'agit plus maintenant d'intéresser, ni même de bien faire, en essouffant une onde hertzienne, fût-elle « courte », jusqu'aux limites de ce qu'elle peut porter. Il faut prévoir le lendemain, c'est-à-dire 300 lignes et davantage — puisque, d'ores et déjà, le télécinéma est radiodiffusé à 240 lignes à Berlin et à Stockholm (système Laeue).



Stabilisation de l'onde à très haute fréquence.

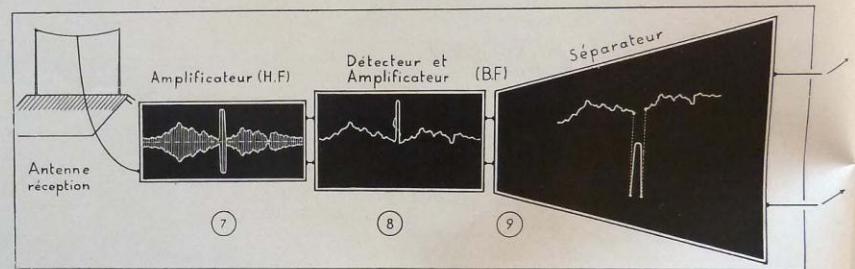
Une très mince feuille de quartz serrée entre les deux lames d'un condensateur vibre élastiquement sous les impulsions électriques du circuit oscillant émetteur (phénomène de Curie ; piézo-électricité), en sorte que chaque « vibration élastique » du quartz absorbe et rend lui-même à tour une « charge électrique ». Si la feuille de quartz est bien calculée et minutieusement taillée, ses vibrations élastiques agissent comme un diapason régulateur sur l'oscillateur électrique qu'elles obligent à ne jamais s'écarter de la fréquence d'accord voulu. Cette fréquence se trouve ainsi contrôlée au millionième de seconde près, comme l'exige la très courte longueur d'onde utilisée.



I. — L'ÉMISSION DE L'IMAGE PAR LA CAMERA

LES QUATRE PROCÉDÉS D'ÉMISSION

- i. — L'éclairage du sujet s'effectue par un spot lumineux balayeur que conduit la roue de Nipkow. La cellule photoélectrique enregistre directement la modulation.
- ii. — Le sujet est éclairé à giorno. La cellule analyse son image à travers la roue de Nipkow.
- iii. — La camera électronique, ne comportant aucune « mécanique », prend la « vue » totale du sujet.
- iv. — Le télécinéma procède par analyse des images préalablement fixées sur un film cinématographique ordinaire.



III. — LE POSTE RÉCEPTEUR HERTZIEN

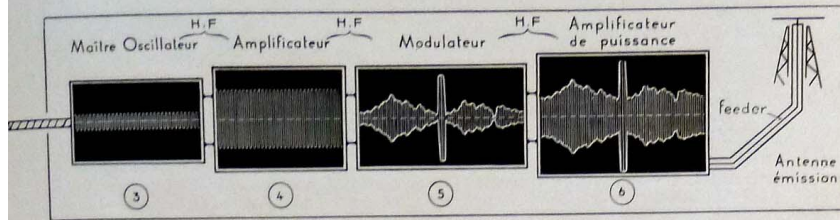
7. — L'antenne livre au poste récepteur l'onde porteuse (H. F.) modulée dans la forme « synchrétique » qu'exige la transmission. Elle subit, telle quelle, une première amplification.
8. — La modulation (B. F.) est détectée, c'est-à-dire séparée de l'onde porteuse ; puis amplifiée.
9. — La modulation détectée est livrée au « séparateur » qui dissocie la modulation d'image proprement dite (courbe supérieure) des « tops » de synchronisme (courbe inférieure).

RÉSUMÉ SCHEMATIQUE

l'intensité — les « kilowatts » — nécessaire à une longue portée. En sorte qu'une excellente expérience de télévision ou de télécinéma effectuée, à l'usine, sur 100 mètres de distance, à la puissance de 20 ou 30 watts, exige pour être livrée au public, sur un rayon intéressant, d'être amplifiée jusqu'à 10 et 20 kilowatts. Or, c'est un problème très difficile que cette amplification des fréquences très élevées. A tel point que les radiotechniciens attelés à la télévision se sont spontanément divisés en deux classes de spécialistes : les « télévionistes » proprement dits, qui réalisent les procédés de modulation photoélectrique de l'image, et les spécialistes de l'amplification, qui se chargent de transporter cette modulation du studio à l'antenne avec le maximum d'intensité et le minimum de déformation.

La rébellion de la haute fréquence contre l'intensité commence, d'ailleurs, au sortir de la cellule photoélectrique. Celle-ci est d'une admirable souplesse : elle enregistre, en fait de modulation, tout ce que la roue de Nipkow peut lui servir de plus rapide, mais le courant photoélectrique qui exprime cette modulation est extrêmement faible. La présentation de ce courant aux bornes d'un circuit amplificateur classique, à lampes triodes, suscite les premières difficultés : les lampes doivent posséder les caractéristiques de la plus haute fréquence du courant, sous peine de rogner ses fiducies. Et ce sont là des exigences contradictoires sur lesquelles nous reviendrons tout à l'heure pour montrer la solution de l'avenir.

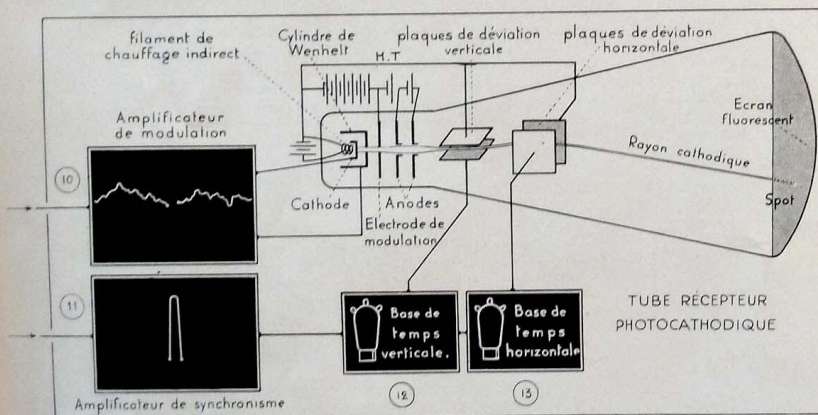
Cette contradiction, surmontée jusqu'ici avec plus ou moins de bonheur par les radiotechniciens, pour les images ne dépassant pas 240 lignes, demeure le principal obstacle que les images ne dépassant pas 240 lignes, puissance plus élevée. Au laboratoire — qui grandit à mesure qu'on exige une parole. La transformation de ces 20 watts en 2 kilowatts de puissance est pour rayonner à 10 kilomètres de ces 20 watts qu'exige l'antenne aux 10 kilowatts qu'attendent les premiers déboires. La montée la Tour constitue une nouvelle difficulté. C'est l'étape récemment franchie. Naturellement, plus le nombre de lignes s'accroît sur l'image et plus l'amplification devient malaisée — puisque la fréquence s'élève. Or, l'œil réclame des lignes supplémentaires, et encore des lignes.



II. — LE POSTE HERTZIEN D'ÉMISSION

- 3. — L'onde porteuse de très haute fréquence, stabilisée par un maître oscillateur au quartz, véritable métronome opérant au millionième de seconde.
- 4. — L'onde porteuse est amplifiée une première fois après sa stabilisation par le maître oscillateur.
- 5. — L'onde porteuse est modulée symétriquement par superposition de la modulation photoélectrique (basse fréquence) apportée par le câble.
- 6. — L'onde porteuse modulée est encore amplifiée au maximum de puissance, puis livrée au feeder (tube contenant le fil conducteur central chargé d'alimenter l'antenne émettrice). L'antenne émettrice est constituée par des « doublets », au nombre de quatre, au sommet de la tour Eiffel, afin de desservir les quatre coins de l'horizon.

NOTE IMPORTANTE : Les appareils schématisés sont présentés ci-dessus en simple juxtaposition, pour la commodité du dessin. Mais, en réalité, le maître oscillateur (3) constitue un circuit oscillant indépendant chargé d'alimenter le modulateur (5) auquel vient aboutir directement le câble de modulation. Le détail de ce câble exigeait, d'autre part, à lui seul, une description détaillée dont la technique ne saurait trouver ici sa place. Les modèles de ces câbles sont très différents suivant les constructeurs. Ils se composent de deux conducteurs concentriques, séparés l'un et l'autre par des isolants spéciaux.



IV. — LA RÉCEPTION DE L'IMAGE SUR L'ÉCRAN

- 10. — La modulation d'image, amplifiée, est dirigée sur le dispositif de modulation particulier au tube cathodique utilisé (cylindre de Wenhelt ou électrode spéciale). Le flux électronique jailli de la cathode, et ainsi modulé, est concentré (ici par des anodes) en un mince rayon qui illumine, point par point, le fond du tube enduit d'une substance fluorescente.
- 11, 12 et 13. — Les « tops » de ligne et d'image, après amplification, agissent sur des bases de temps qui assurent les mouvements horizontaux et verticaux du rayon cathodique.

DE LA TÉLÉVISION

Et il réclame, en outre, 50 images par seconde, non plus seulement 25 : nous avons expliqué, plus haut, les raisons « psycho-physiques » de cette exigence.

Ainsi, voilà tout le drame, sans cesse dénoué, sans cesse renoué, du progrès de la télévision : savoir amplifier, de plus en plus intensément, les fréquences de plus en plus élevées.

Il serait fastidieux d'entrer dans le détail des manifestations par lesquelles se traduisent, sur l'image, les insuffisances de l'amplification : certaines fréquences ne passent pas ; l'onde se déforme (distorsion) ; les triodes fournissent des émissions parasites (bruits de fond). Tout cela se traduit par des lignes blanches, non modulées, par des décalages de lignes, par des granulations dites « grains de riz ».

La lampe triode, qui depuis 1916 a révolutionné la T. S. F., cette « lampe d'Aladin », n'est donc pas encore assez « merveilleuse » pour assurer sinon la vision à distance, du moins tout son avenir.

A-t-elle un successeur présumé pour remaison son flambeau vacillant ? Ce successeur existe et grandit chaque jour. Le voici.

LE « MULTIPLICATEUR D'ÉLECTRONS »

A l'exception de la roue de Nipkow, dont les jours sont comptés, nous n'avons rencontré aucun mécanisme matériel sur la chaîne des transformations de l'image. Par contre, les « électrons » se sont imposés à notre attention de façon préemptoire. Ce sont eux qui tiennent encore la vedette dans l'amplification.

Ce rôle, ils le détiennent déjà dans la lampe triode, l'amplificateur classique. Dans la triode, le flux électronique issu du filament est aspiré par la « plaque » soumise à une tension positive. La plaque apparaît ainsi comme une « pompe » aspirante appliquée à une « source » d'électrons inépuisables, le filament incandescent. La troisième électrode, la « grille », interposée entre la plaque et le filament, joue le rôle d'un « robinet » dont la commande n'exige nul effort. Un très faible courant modulateur, appliqué à la grille, commande par conséquent à son gré le passage des électrons accourant en foule. On conçoit, de la sorte, que la lampe triode, prolifique en électrons, puisse obéir à la fine impulsion et à toutes les

fantaisies de la faible cellule modulatrice. Elle restitue, amplifiée, toutes les variations du courant modulateur.

Toute la grossièreté (excusez le mot à propos d'une alchimie aussi subtile) de la lampe triode vient de ce que l'ensemble « filament-grille-plaque » constitue un circuit « oscillant » ou capable d'osciller : il possède, comme disent les techniciens, une capacité et une self-induction propres, caractéristiques de sa « fréquence », au même titre que l'élasticité, les dimensions, la masse d'une cloche, d'un diapason, d'une corde dans l'ordre musical. Exiger d'une lampe très puissante, et par conséquent de grande self et de grande capacité, qu'elle amplifie très intensément la fréquence suraiguë des modulations de télévision, c'est vouloir que le bourdon d'une cathédrale amplifie le drelin de la sonnette de l'enfant de chœur. Et, réciproquement, pousser la frêle sonnette, en accentuant ses secousses, afin d'accroître son volume sonore, c'est vouloir la briser. L'incompatibilité de la « fréquence » et de l'« intensité » est donc irréductible. Elle constitue le seul obstacle à la radiodiffusion convenable des ondes ultra-courtes.

Lassés de s'épuiser à le surmonter, les techniciens ont décidé de le tourner. Une manière générale, c'est-à-dire extrêmement simple.

Voyez le schéma, ci-joint, de l'appareil que nous a présenté récemment, dans une conférence à la Sorbonne, l'ingénieur russe Zworykin qui termine présentement sa mise au point en Amérique.

Une matière électrisée négativement, avons-nous déjà expliqué, peut être considérée comme un réservoir d'électrons prêts à jaillir si on crève sa surface, et nous avons passé en revue quelques-uns des moyens de crever cette surface. En voici un autre, inédit : lançons un électron contre la cathode. Cet électron extérieur frappe les électrons intérieurs et les fait jaillir comme une bille d'ivoire qui en frappe deux autres, plusieurs autres paisiblement agglomérées sur un billard. Imaginez donc une suite de telles plaques électrisées, alignées dans un tube à la manière d'une file de tables de ping-pong placées bout à bout, dans une longue galerie — et à l'usage d'un seul joueur placé à l'une des extrémités. Chacune de ces « tables-cathodes » est électrisée négativement à 80 volts de plus que la précédente. Il y en a huit. Il peut y en avoir davantage, douze... Le joueur,

c'est la cellule photoélectrique modulatrice. Ses balles sont les électrons provenant de la modulation photoélectrique initiale. La cellule photoélectrique lance donc une première balle sur la table n° 1 du ping-pong électrique. Ce premier électron rebondit aussitôt, mais multiplié par trois ou par quatre (suivant la nature du métal et la tension appliquée). Chacun de ces nouveaux électrons retombe sur la table n° 2 qui les renvoie à la table n° 3 après les avoir, à nouveau, multipliés.

Vous connaissez la légende du radjah pour qui fut inventé le jeu d'échecs : « Que veux-tu comme récompense ? demanda le prince à son maître de jeu. — Autant de grains de blé qu'en indiquera la 64^e case lorsque j'aurai parcouru tout l'échiquier en doublant la mise d'un seul grain initial. » Et cela donnait, à la 64^e case, plus de blé que l'Inde n'en pouvait fournir. A la huitième plaque de Zworykin l'électron original se trouve multiplié par 142.336. A la dixième par 2.277.376. A la onzième par 9 millions. La

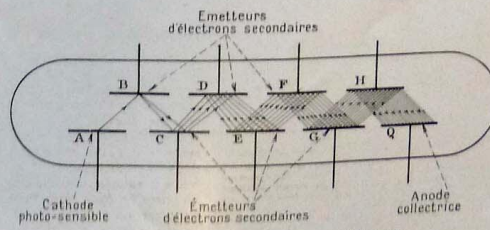


Schéma de principe du multiplicateur d'électrons. Cette figure montre un électron qui, jailli d'une cathode photo-sensible à l'intérieur d'un tube à vide, se réfléchit sur une seconde électrode de tension convenable : il s'y multiplie par deux ; ces deux électrons, continuant leurs réflexions successives sur d'autres électrodes émettrices, aboutissent à une colossale multiplication sur l'anode collectrice finale.

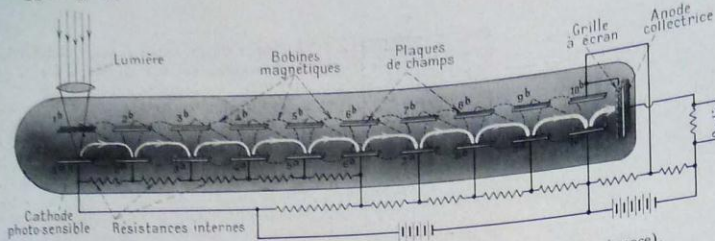


Schéma de fonctionnement du multiplicateur d'électrons Zworykin (à haute puissance).
Le faisceau de lumière modulée tombe à travers une grille (1b) qui peut, éventuellement, devenir modulatrice sur une cathode photo-sensible. Les électrons émis par cette cathode en réponse aux variations du flux lumineux rebondissent sur les émetteurs de tension croissante (de gauche à droite) où ils se multiplient dans les énormes proportions déjà indiquées. À travers une grille-écran destinée à la protéger des électrons parasites, l'anode collectrice recueille le flux électronique final. — Une série de plaques de champs formant un plafond « électrostatique » et une série de bobines magnétiques indiquées en pointillé, placées hors du tube, assurent le guidage des électrons dans leur rebondissement sur les émetteurs. Des résistances internes au tube et externes assurent une fonction de réglage (potentiomètre).

douzième plaque peut enfin se permettre d'être électrisée positivement (anode) et de capter ainsi le flux tout entier — capture qui se traduit par un courant électrique d'une singularité intense. Et comme, ne l'oublions pas, ce sont les électrons primaires de la cellule photoélectrique qui ont déclenché toute la cascade, le courant final porte bel et bien l'empreinte de la modulation originelle.

Ici, un petit renseignement devient nécessaire : les plaques sont négatives. L'électron est, lui aussi, négatif : c'est sa nature foncière. « Comment obliger, me direz-vous, cette balle négative à venir rebondir sur cette table où la repousse, en vertu de la loi des électricités de même signe ? » Rappelez-vous que les électrons se manient aisément par des raquettes immatérielles. Des champs magnétiques transversaux assurent ce relancement continu des électrons. Ils représentent une file de partenaires au service passif du joueur initial, la cellule. Ils sont, d'ailleurs, aidés dans leur tâche par des champs électrostatiques (des plaques positives formant une sorte de plafond au-dessus de la galerie) dont le rôle est de « rassembler

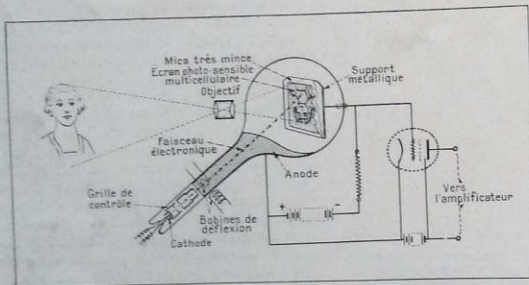
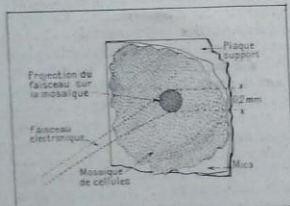


Schéma de fonctionnement de l'Iconoscope.

L'image se projette photographiquement sur un écran très spécial contenu dans un « tube à vide ». Cet écran est dit « multicellulaire » parce que chaque grain de la matière photo-sensible qui le constitue représente une cellule photoélectrique indépendante. Les électrons excités sur la matière photo-sensible ainsi disposée, par les différentes plages de l'image lumineuse, ne jaillissent pas réellement : ils se contentent de communiquer leur tension électrique à un « faisceau électronique » explorateur qui, jailli d'une cathode émettrice classique, balaye l'écran par lignes successives. Au passage du faisceau, les tensions ponctuelles de l'écran (qui sont proportionnelles à l'éclaircissement de chaque plage) transmettent leur « modulation » à l'amplificateur, premier stade de l'appareil d'émission.



Structure de l'écran photo-sensible.



L'Iconoscope de Zworykin réalisé en camera de prise de vues directe.

Le multiplicateur d'électrons de Zworykin constitue (dans un cylindre de 25 centimètres de longueur) un amplificateur qui peut s'appliquer à n'importe quel usage, à l'amplification phonographique du pick-up, par exemple, qu'il projette à l'extrême. On peut, en télévision, l'obliger à contempler la « rétine » photoélectrique elle-même, sous la forme d'une première cathode photo-sensible — ou, encore, un filament émetteur d'électrons que modérera une grille placée en avant de toute la série des plaques.

L'« ICONOSCOPE » DE ZWORYKIN

Et puisque nous voilà familiarisés avec les électrons, achevons de connaître leur utilisation actuelle pour la télévision : la création de « caméras » purement électroniques, établies sans aucun mécanisme électronique direct tant désirée. Ces caméras, organisées pour les véritables cellules photoélectriques géantes, sont de véritables cellules photoélectriques géantes, organisées pour l'optique classique, comme les chambres noires pour l'optique électronique. C'est encore M. Zworykin qui semble près de mettre en service la première d'entre elles, l'« iconoscope », comme il l'a baptisée. C'est un tube cathodique dont le bulbe sphérique contient, face au « pinceau » d'électrons (tel que nous l'avons déjà décrit), la plaque sur laquelle un objectif photographique classique projette l'image à transmettre. Cette plaque est revêtue d'un enduit sensible à la lumière comme la « rétine » de la cellule, mais d'une sensibilité toutefois atténuée. Les électrons ne jaillissent pas spontanément de cette rétine, sous l'éclaircissement des plages lumineuses variées formant l'image. Ils sont seulement « sous tension », prêts à jaillir, n'attendant qu'un signal.

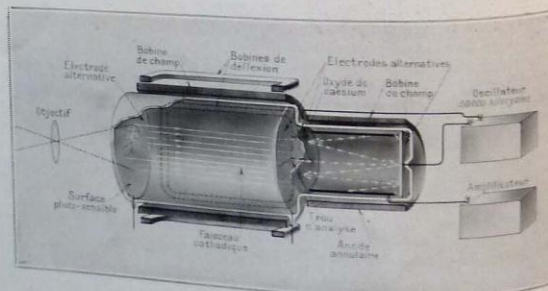
Ce signal sera, précisément, le passage du « pinceau » cathodique jaillissant en permanence de la cathode principale du tube. Le même jeu de champs électriques que nous avons déjà rencontré dans le tube cathodique récepteur contraint le pinceau à balayer la plaque-rétine, « ligne à ligne », Sur son passage, les plaques lumineuses « déchargent » leurs électrons préparés par leurs éclaircissements respectifs, en quantités proportionnelles à ces éclaircissements. Les électrons correspondant à chacune de ces émissions « ponctuelles » sont recueillis par l'électrode positive (anode) de l'icône qui les livre au circuit de transmission sous la forme du « courant modulé » qui en est l'âme.

Ainsi, dans l'icône, le pinceau cathodique assure l'analyse de l'image à l'émission tout comme il en fait la synthèse dans le tube photo-cathodique récepteur.

Le système fonctionne. La difficulté technique, à demi vaincue, réside dans la pulvérisation uniforme de la « plaque-rétine » de manière que les « grains » de l'enduit photoélectrique ne se touchent pas. S'ils se touchaient, les circuits photoélectriques amorcés en chaque point par le pinceau cathodique se brouilleraient évidemment l'un l'autre. Autre inconvénient : l'enduit « rétinien » s'use assez rapidement. On a pourtant réussi à le maintenir sensible durant un millier d'heures.

LA CAMERA DE FARNSWORTH

Parallèlement à l'appareil de M. Zworykin, un autre procédé d'analyse est monté à l'horizon, c'est celui d'un ingénieur américain, M. Farnsworth. Ici encore l'image se forme photographiquement, d'un seul bloc, sur une rétine photoélectrique. Le métal sensible est le même que celui des cellules courantes. Donc, l'image lumineuse se traduit, sur cette rétine à grande



La camera électronique de M. Farnsworth.

L'image photographique excite la surface « photo-sensible » badigeonnant l'intérieur de la paroi transparente du tube, placée dans la chambre noire, à la manière d'une plaque sensible. Cette image, concentrée par une « bobine de champ » entourant le tube, est « défective ». Cette déflexion, rythmée à la fréquence choisie pour le « balayage », oblige l'image à défilier point par point devant une fréquence choisie placée en opposition de phase. Les électrons (dont le nombre variable correspond à l'intensité d'éclaircissement) entrent dans une chambre spéciale où, concentrés par une nouvelle bobine, ils viennent se heurter à un diaphragme central (trou d'analyse) dans lequel l'image s'écrit. À chaque rebondissement, la paroi cède elle-même de nouveaux électrons qui viennent accroître le flux incident. Celui-ci est finalement recueilli par une anode annulaire qui réitérera le processus. Au cours du passage des électrons d'une paroi à l'autre, un « effet de charge » se produit, qui est éliminé par un circuit d'émission. C'est cette « alternance » de la figure.

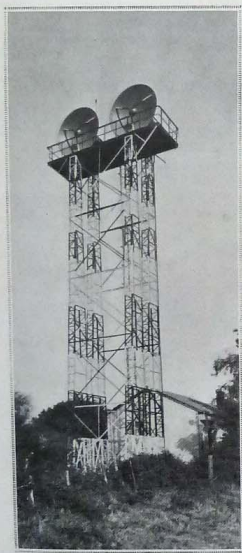
échelle, par une « image électronique » d'ensemble constituée par un rayonnement d'électrons aussi divers que celui des diverses plages de l'image lumineuse — et dont l'intensité est, évidemment, la réplique fidèle de ces nuances d'éclaircissement.

Comment le radioélectricien va-t-il utiliser cette image « électronique » ? D'une manière très simple, toujours grâce à l'influence providentielle du champ magnétique sur les électrons. La camera est entourée de bobinages électriques assurant la formation de ce champ magnétique et ses variations d'intensité. Mue par la force magnétique, l'« image électronique » se promène d'un seul bloc devant un étroit diaphragme. Chacun de ses points passe tour à tour devant cet orifice ; son « rayon » d'électrons le traverse ; une « anode » le recueille. Une fois de plus, le « balayage » se trouve reconstitué par le seul jeu de la lumière, des électrons et des champs magnétiques. Ajoutons que, par un dispositif d'émissions électroniques secondaires, analogue, par le principe, au multiplieur de Zworykin, l'amplification du courant photoélectrique s'effectue, au moins en partie, à l'intérieur même de la camera.

Juges impartiaux, nous devons signaler un phénomène aussi fâcheux que curieux dont les cameras électroniques sont les victimes — provisoires, nous n'en doutons pas. Au sein de leur atmosphère ultra-raréfiée, mais qui contient encore des milliards de molécules par millimètre cube, les divers « rayons » d'électrons constituant l'image réagissent entre eux par les variations perpétuelles auxquelles ils sont soumis. Et l'électrisation des molécules gazeuses produit, au hasard de ces réactions, des éclipses intermittentes sur telle ou telle « plage » de l'image. C'est l'analogie du malencontreux *fading* dont souffrent les transmissions hertziennes du fait, probablement, des « orages » d'ionisation de la haute atmosphère.

LE DILEMME QUI SE POSE : LA RADIOVISION SE FERA-T-ELLE PAR CABLES OU PAR MICROONDES ?

La voie n'en demeure pas moins certaine et tracée avec précision par laquelle les « reporters » de l'avenir, armés de cameras du type Zworykin ou du genre



Les projecteurs paraboliques de microondes, utilisés entre Saint-Inglebert (Pas-de-Calais) et Lympne (Angleterre).

Les microondes de 12 centimètres sont dirigées en faisceaux rectilignes par les miroirs métalliques de 5 mètres de diamètre au foyer desquels est placée soit l'antenne d'émission, soit l'antenne réceptrice, dont la longueur est du même ordre de grandeur que celle de l'onde hertzienne traitée.

Le câble porteur de la modulation à haute fréquence rencontre aussitôt, multipliées par cent, les difficultés que rencontra le fil télégraphique quand il dut devenir téléphonique et celles qui obligèrent le câble téléphonique à se perfectionner encore lorsqu'il lui fallut porter autre chose que des « paroles » (fréquence suffisante : 3.000) et devenir « radiophonique », c'est-à-dire « musical » (fréquence indispensable : 12.000). Que la modulation « télévisuelle » ait déjà pu être transportée à la fréquence 500.000 (moyenne du million qu'exige, avouons dit, la modulation de 240 lignes), sur les distances qui séparent Londres de Birmingham (80 kilomètres) et Berlin de Leipzig (180 kilomètres), c'est un tour de force dont on s'émerveillerait si l'on ne savait qu'il ne peut être qu'un début. Il faudra « passer » par câble les fréquences de 1 million qu'offriront largement les cameras électroniques. Elles passeront.

Le fiasco de la structure de ces câbles est d'une nature inexplicable autrement qu'en invoquant les théories les plus abstraites de l'électromagnétisme. Leur « diélectrique » (isolant intérieur), leur forme (diamètres de leurs circuits concentriques), la nature de leur métal et le calibrage de leurs brins sont minutieusement déterminés. Ces conducteurs ne transportent plus des « cou-

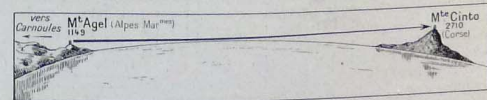
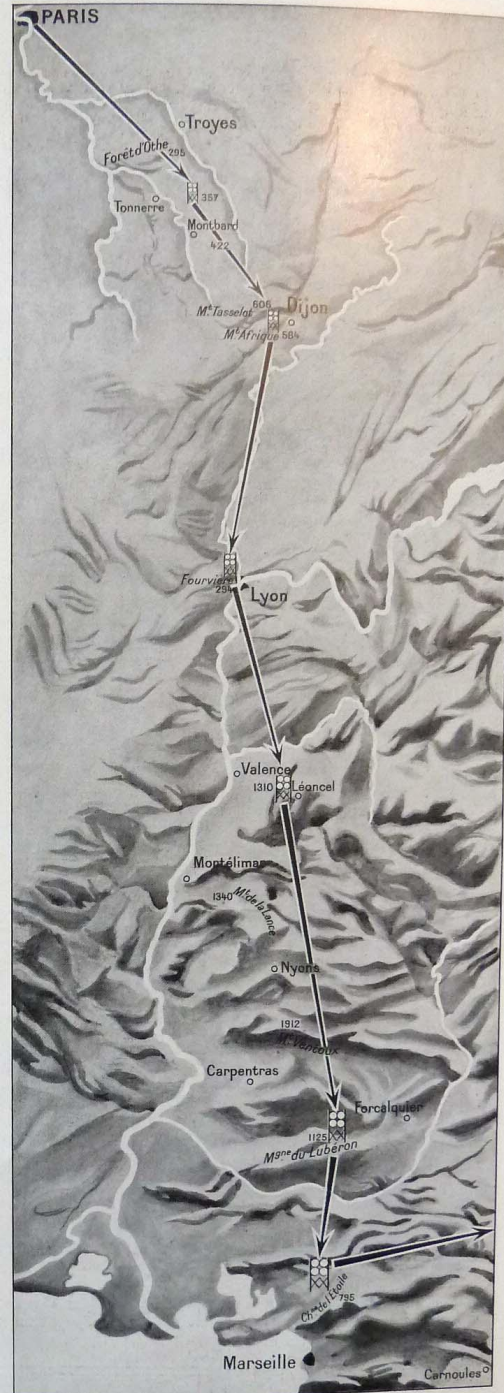
Farnsworth, nous montreront à Paris une course de taureaux donnée à Séville, nous feront entendre et voir simultanément une fête se déroulant en province.

Mais dès aujourd'hui un problème nouveau se pose aux techniciens : celui du véhicule par lequel s'effectuera la transmission. Un dilemme assez inattendu apparaît : la télévision se diffusera-t-elle par câbles ou par ondes ? Avec ou sans fil ?

Curieux retour du passé, le câble s'avère l'auxiliaire le plus précieux de la télévision. L'onde « ultra-courte » — moins de 10 mètres — sur laquelle travaillent désormais tous les postes émetteurs, a ceci de commun avec la lumière qu'elle ne franchit pas les obstacles, dont le plus inéluctable est l'horizon terrestre. Juchées à 300 mètres d'altitude, comme celles de la tour Eiffel, à 220 mètres, comme celles installées par Baird au Crystal Palace de Londres, les antennes ne sauraient rayonner au delà de 60 ou 50 kilomètres, ce qui est l'« horizon » de ces lieux élevés. D'ailleurs, les ondes de haute fréquence auront eu tant de peine à « porter » à ces distances qu'il est bien inutile de hisser plus haut leurs antennes émettrices. Le gain de puissance ne suivrait pas le gain d'horizon.

Et puis il faut relier ces antennes au studio d'émission. Un câble de liaison ne peut être évité, dont le rôle sera de « télégraphier » la modulation de la camera au poste d'émission proprement dit — c'est-à-dire au plus près de l'antenne. Un conducteur (ou *feeder*) spécial sera, d'ailleurs, indispensable pour relier le poste émetteur proprement dit, situé au pied de la Tour, et l'antenne placée à 300 mètres d'altitude.

Le câble porteur de la modulation à haute fréquence rencontre aussitôt, multipliées par cent, les difficultés que rencontra le fil télégraphique quand il dut devenir téléphonique et celles qui obligèrent le câble téléphonique à se perfectionner encore lorsqu'il lui fallut porter autre chose que des « paroles » (fréquence suffisante : 3.000) et devenir « radiophonique », c'est-à-dire « musical » (fréquence indispensable : 12.000). Que la modulation « télévisuelle » ait déjà pu être transportée à la fréquence 500.000 (moyenne du million qu'exige, avouons dit, la modulation de 240 lignes), sur les distances qui séparent Londres de Birmingham (80 kilomètres) et Berlin de Leipzig (180 kilomètres), c'est un tour de force dont on s'émerveillerait si l'on ne savait qu'il ne peut être qu'un début. Il faudra « passer » par câble les fréquences de 1 million qu'offriront largement les cameras électroniques. Elles passeront.



Une anticipation de quelques années.

Le ministère des P. T. T. a établi depuis quelques années une ligne d'ondes ultra-courtes (4 mètres) dirigées entre Nice et la Corse, pour le service courant. Il avait envisagé de prolonger cette ligne jusqu'à Paris en utilisant les proximités géographiques minima assurant la visibilité d'une station à l'autre. Cette résurrection d'un télégraphe Chappe modernisé nous a conduits à imaginer qu'aux ondes ultra-courtes dirigées (de l'ordre du mètre) on pourrait superposer les faisceaux de « microondes » (de l'ordre du décimètre) dirigés par miroirs. Cent soixante-trois stations suffiraient à desservir la totalité du territoire français.



Les deux cameras créées par M. Barthélemy.

A gauche : la camera de vues directes, capable d'une définition de 60 et de 120 lignes. A droite : la camera de haute définition, pouvant fournir 180 et même 240 lignes. Cette dernière camera se distingue de la première par la spirale double de sa roue de Nipkow qui, fonctionnant en stroboscopie grâce au contre-disque obturateur, peut tourner à grande vitesse.

rants », ils *canalisent des ondes*. On les a assimilés à des « rayons hertziens » matérialisés. D'ici vingt ans ils vous apporteront peut-être, sur l'écran de votre bureau, le visage de votre correspondant téléphonique.

Mais encore ils ne formeront probablement pas un « réseau » continu. Ils ne vous relieront qu'au poste « central » de quartier — lequel sera hertzien — comme ils relieut aujourd'hui le studio et l'antenne émettrice.

Le rayonnement hertzien est encore loin d'avoir dit son dernier mot, avec l'onde de moins de 10 mètres. Le tableau ci-dessous montre quelle

Longueur d'onde en centimètres.	Fréquence comptée en kilocycles (1).	Nombre de stations radiophoniques.	Nombre de stations de télévision.
100.000	300	270	2
10.000	3.000	2.700	20
1.000	30.000	27.000	200
100	300.000	270.000	2.000
10	3.000.000	2.700.000	20.000
1	30.000.000		

richesse les ondes de l'ordre du décimètre apporteront à la télévision. Ces « microondes », dirigées par des réflecteurs, sont en service téléphonique au-dessus du pas de Calais, comme les « ultra-courtes », de 4 mètres, entre le mont Agel, près de Nice, et le Monte Cimto, en Corse, de Saint-Inglebert à Lympe. La difficulté n'est que de les produire avec l'intensité désirable. La technique électronique nouvelle autorise tous les espoirs. Nous verrons peut-être renaître les tours du vieux télégraphe Chappe qui, de sommet en sommet, se renverraient des faisceaux « microhertziens », les sélectionneront, les distribueront dans toutes les directions — d'un point quelconque à un autre point quelconque du territoire. Tels seront vraisemblablement les futurs postes centraux « visiotéléphoniques ». Dans un dessin inspiré d'une étude effectuée par un ingénieur des P. T. T., M. Leob, nous montrons ce que pourrait être une ligne de ce genre entre Paris et Ajaccio.

Ce devis n'est pas une rêverie à la Jules Verne, mais le plan fort précis contenant l'essentiel d'une réalisation éventuelle : voir et se parler à distance par la même voie hertzienne. Les « postes centraux » d'un tel réseau seraient des tours-relais placées sur les points culminants du territoire. Une tour-pylône de 300 mètres vaut 600.000 francs (la tour Eiffel est un luxe). Rayonnant à 60 kilomètres, elle dessert un cercle de 10.000 kilomètres carrés. En tenant compte des recouvrements partiels de ces cercles, nécessaires à leur liaison, 183 tours suffiraient, par conséquent, pour arroser d'ondes hertziennes ultra-courtes ou de microondes les 550.000 kilomètres carrés de la France. C'est l'appréciation qu'a bien voulu me communiquer M. Leob. Ajoutons que la télévision radiodiffusée par ondes dirigées mettrait les images

(1) Tableau montrant la progression de croissance de la fréquence en raison de la décroissance de la longueur d'onde, avec le nombre de stations émettrices qui peuvent se loger dans les intervalles indiqués.

à l'abri des parasites atmosphériques, auxquels notre œil est infiniment plus sensible que notre oreille. La presse quotidienne et *L'Illustration* ont récemment publié des images téléphotographiées par radio de Djibouti. On a pu remarquer qu'elles étaient criblées de points blancs ou noirs. C'est au cours du trajet que l'onde hertzienne récolte ces « parasites », parce qu'elle est ballottée dans des réflexions successives entre le sol et la couche ionisée de Heaviside dont la mobilité est incessante. En télévision, l'œil aussi bien que la plaque sensible sont choqués par des parasites que l'oreille n'entend pas. Comme les ondes ultra-courtes et les microondes dirigées de réflecteur en réflecteur, les câbles ignorent également les parasites. Mais, comme les ondes très courtes, les câbles attendent leur essor du même progrès technique que nous avons souligné : l'amplification intensive des hautes fréquences. Pour l'instant, les câbles sont en avance sur les ondes.

LE « TÉLÉCINÉMA », SEULE RÉALISATION IMMINENTE

Cette anticipation de quelques années seulement nous permet de mesurer toute la vanité des transmissions d'images directes par les moyens présentement au point qui ne sauraient dépasser le niveau de la simple curiosité.

Aussi bien, les spectacles radiovisés ne peuvent, en l'état actuel, éviter de recourir au truchement du film cinématographique — s'ils prétendent nous intéresser réellement.

Voici la raison technique de cette supériorité immédiate du « télécinéma » ou, comme on l'a déjà nommé, de la télévision « pelliculaire », l'image déjà fixée, blanc sur noir, dans un film autorise l'éclairage par transparence et le balayage au moyen de spots extrêmement fins et précis. Dès maintenant, la lampe à arc est éliminée par certains techniciens du spot à cinéma qui, préférant avec raison la « brillance » et la précision du spot à son intensité diffuse, se servent du point phosphorescent, si aisément mobile, du tube cathodique pour éclairer leur télécinéma. Après la mécanique, la lumière électrique elle-même cédera-t-elle le pas au rayon d'électrons ?

Autant, donc, l'avenir prochain du télécinéma radiodiffusé nous paraît assuré, autant la télévision directe d'une « scène » vue en studio nous semble devoir rester dans le cadre provisoire de la curiosité, car, lorsque le circuit « électronique-hertzien » permettra de « passer » 360 ou 420 lignes à raison de 50 images par seconde, les spectacles directement transmissibles seront ceux du grand jour, tout simplement. Le studio sera superflu.

D'ailleurs, de même qu'aujourd'hui les postes radiophoniques préparent à l'avance, sur disque ou sur film magnétique sonore, leurs sketches, leurs « dialogues-interviews » et même les discours des hommes d'Etat afin de les passer à heures fixes, c'est-à-dire aux heures de loisir, en quoi la télévision d'information serait-elle diminuée du fait que le « reporter téléviseur » fixerait préalablement sur film cinématographique la scène à transmettre ? Dans les cas « sensationnels », le décalage entre la prise de vues et la transmission peut être réduit à 15 secondes, grâce à une technique de développement ultra-rapide, déjà mise au point en Allemagne. On utilise des produits chimiques capables d'assurer le développement, le fixage et le séchage des pellicules durant le temps que prend le ruban de celluloid pour passer de la camera cinématographique dans la camera de télévision : une voiture-laboratoire y suffit.

A la réception, le même procédé permet de reporter l'image sur pellicule en la cinématographiant à mesure qu'elle passe sur l'écran photocathodique. Projetée avec un nouveau retard de 15 secondes, elle possède, cette fois, l'avantage de pouvoir s'étaler devant une salle contenant des centaines de spectateurs. Qu'il s'agisse d'une actualité « officielle », d'une cérémonie, d'un grand match, dont l'heure est toujours fixée d'avance, ou d'un spectacle esthétique, encore mieux prévu, en quoi ce décalage de 30 secondes pourrait influencer l'« état d'âme » des spectateurs ? Que ceux-ci oublient les théories de M. Einstein, s'ils les ont jamais sues, qu'ils se figurent la cette demi-minute de retard n'aura pas plus d'influence sur leur sentiment d'« assister » au spectacle que n'en aurait le fait de le contempler directement, par une longue-rue, à 10.200 mètres de distance.

Génératrice de travail, de richesse et de joie esthétique, l'industrie naissante est chose sérieuse. Elle est mieux qu'une curiosité. Exiger de « voir » l'événement à l'instant même où il se produit dénote, si l'événement mérite réellement d'être « télévisé », un état d'esprit aussi puéril que celui de M. de Fontanes, fondateur de notre Université, si bien unifiée, lorsque, tirant sa montre, il proférait : « En cet instant, tous les élèves de tous les lycées de France rédigent la même composition. » C'est peut-être à cause de ce rationalisme, par trop cartésien, que la technique française, scientifiquement de premier ordre mais peu secondée matériellement, s'est laissée devancer, en télévision comme dans d'autres domaines, par le sens immédiatement pratique de l'étranger.

JEAN LABARÉ

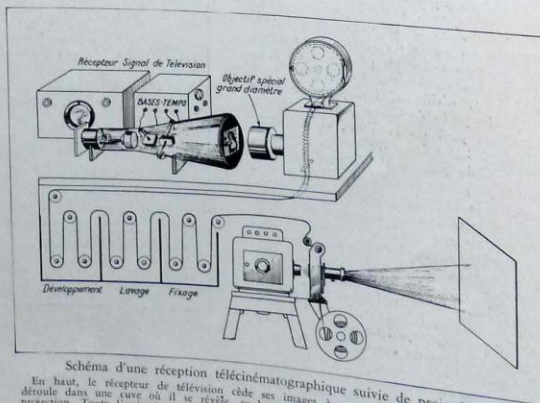
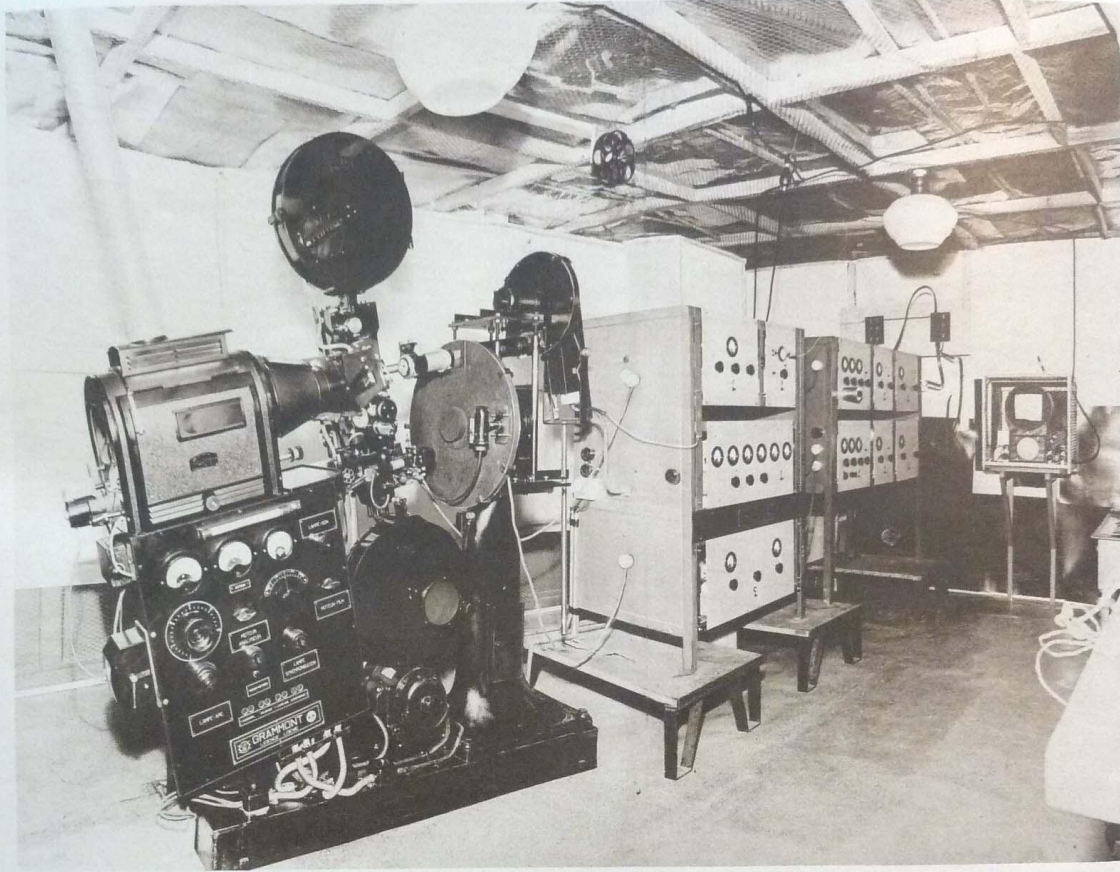


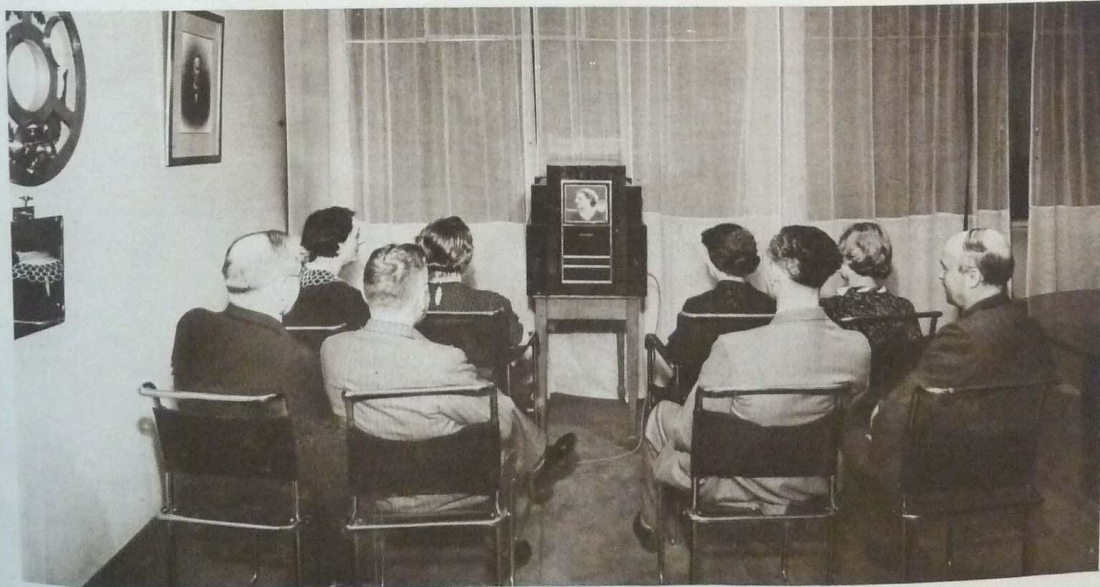
Schéma d'une réception télécinématographique suivie de projection. En haut, le récepteur de télévision cède ses images à un film cinématographique qui se déroule dans une cuve où il se révèle, se lave et se fixe avant de passer à la lanterne de projection. Toute l'opération est continue : le retard de la projection devant une salle sur la vision directe à l'écran récepteur n'excède pas 15 secondes.

L'ILLUSTRATION



L'appareil émetteur à 240 lignes.

De gauche à droite : le projecteur, le cinématographe à déroulement continu, le disque de Nipkow dans son carter avec, en haut, l'objectif desservant la cellule photoélectrique et, à droite, la lampe des signaux du synchronisme ; plus haut et un peu en avant, le disque tournant assurant l'interlignage. Les coffres blindés contiennent les divers appareils indiqués sur notre schéma général ; au fond, un récepteur de contrôle. La salle est entièrement enveloppée de treillis métallique (cage de Faraday).



La réception de l'image photographiée au naturel.
LE « TÉLÉCINÉMA » EN FONCTIONNEMENT

Courtesy of Henk Van Veen Gulden