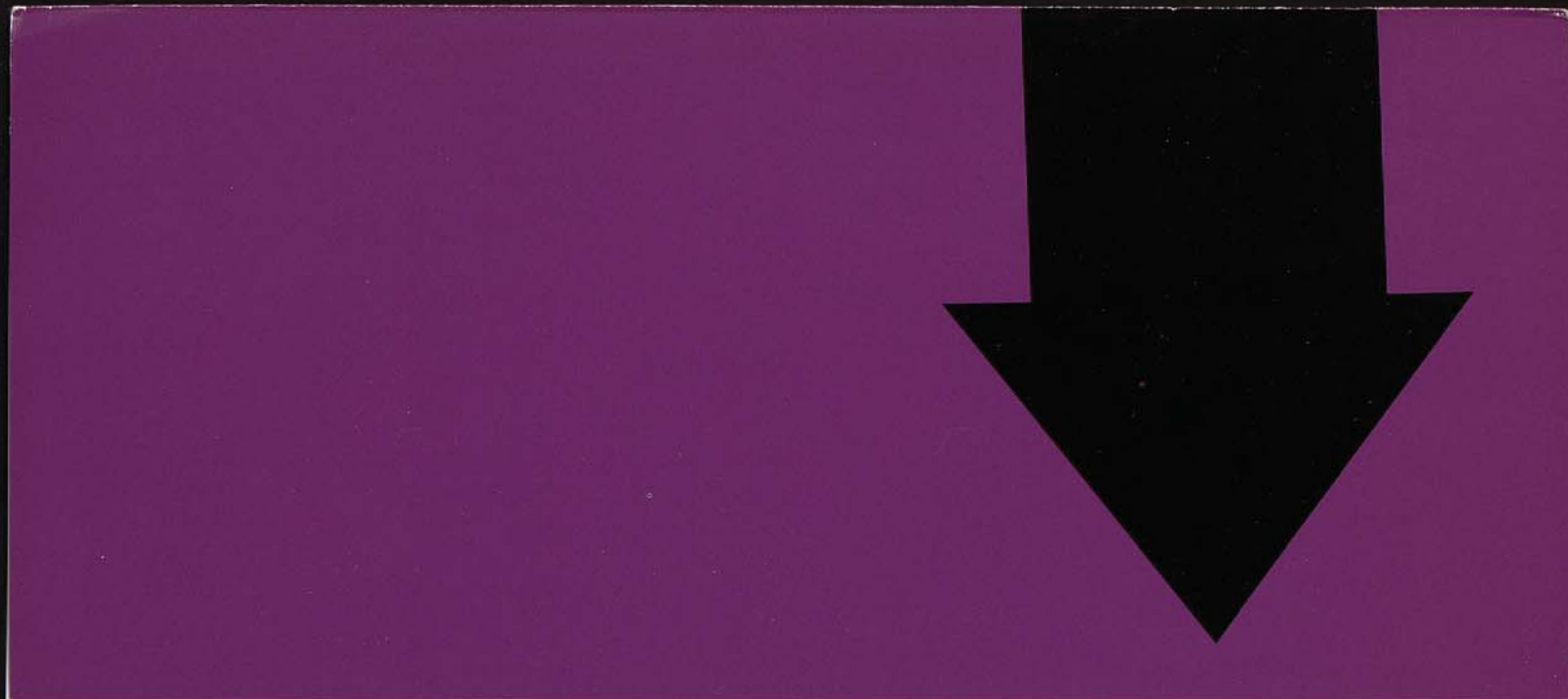




ēlectr/71

l'electricité
l'homme
le quotidien

maison de la culture
grenoble
22 décembre 70
31 janvier 71



à propos d'une exposition

l'inconnu ou la recherche scientifique
p. 8

hier
récits, légendes et superstitions,
premières découvertes, cabinets de
physique amusante et voleurs de feux
p. 9

l'électrostatique
p. 15

le guide de l'exposition
p. 16

les pionniers de la houille blanche
p. 26

grenoble aux origines de l'électricité
aristide bergès à lancey
p. 27
marcel deprez à vizille
p. 36

quelques dates de l'histoire de l'électricité
p. 37

aujourd'hui
la consommation électrique
p. 39
l'évolution de la consommation journalière
p. 43
la régie municipale autonome de grenoble
p. 44

le grand voyage de l'électricité
p. 46

**les appareils du futur
ou cinquante ans de services rendus**
p. 48

la technologie électrique
nous oblige à reconsidérer nos pensées
et nos actions
p. 59

le circuit électrique
est une extension du système
nerveux central
p. 62

l'information électrique
bouleverse l'environnement
p. 64
la pédagogie
p. 66

l'électricité pour les enfants
théorie, expériences
p. 68

des livres pour les enfants
p. 73 - 75

quelques conseils de prudence
p. 76

ce qu'il faut savoir
sur son installation d'appartement
p. 77

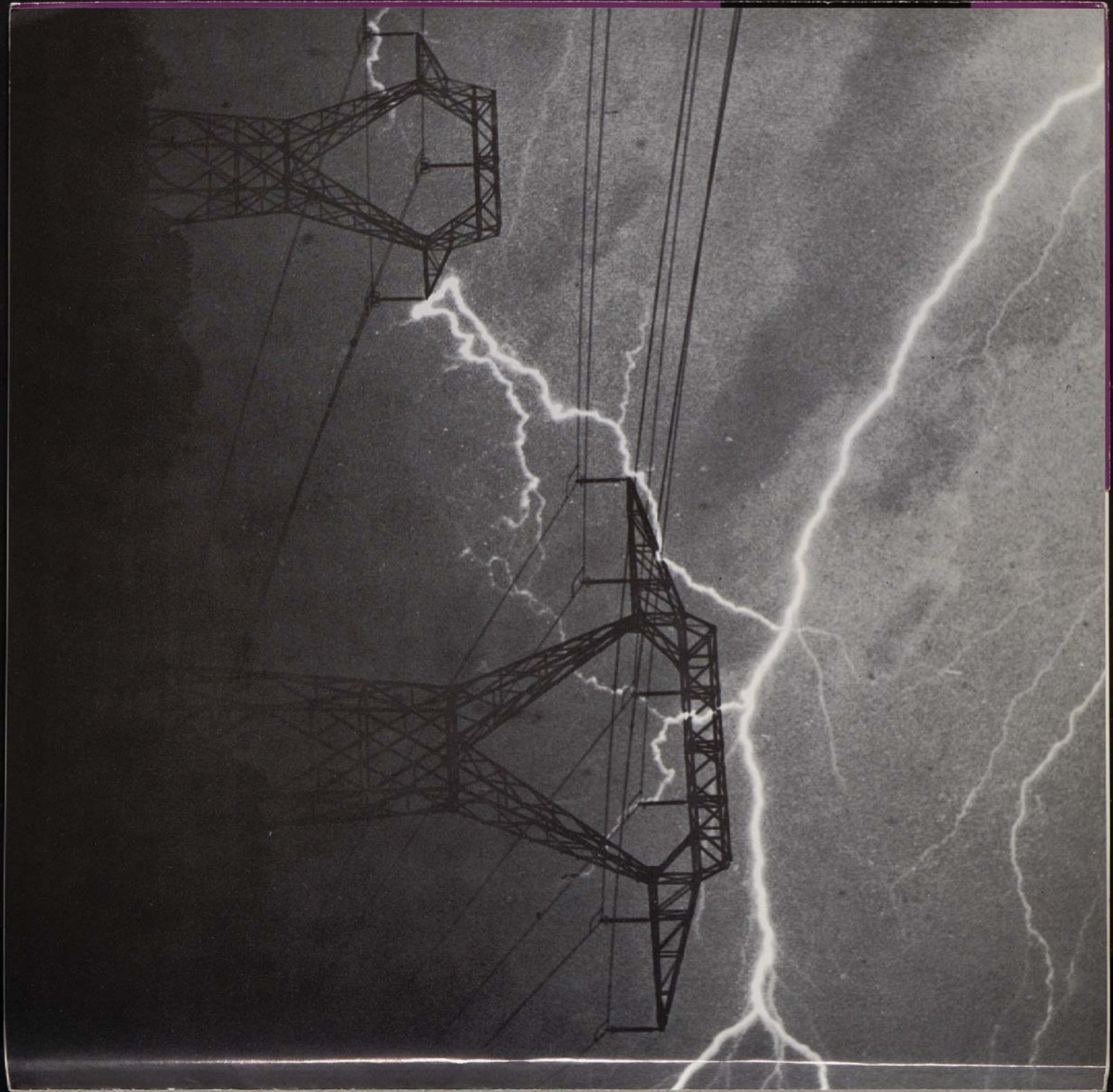
la technologie électrique et les artistes
p. 79
le plus grand tableau du monde :
la fée électricité
p. 80
l'art et la cybernétique
p. 82
le mouvement dans l'art
ou l'art du mouvement
p. 84
musique du XXI^e siècle
p. 86

des disques
p. 87

des livres
p. 89

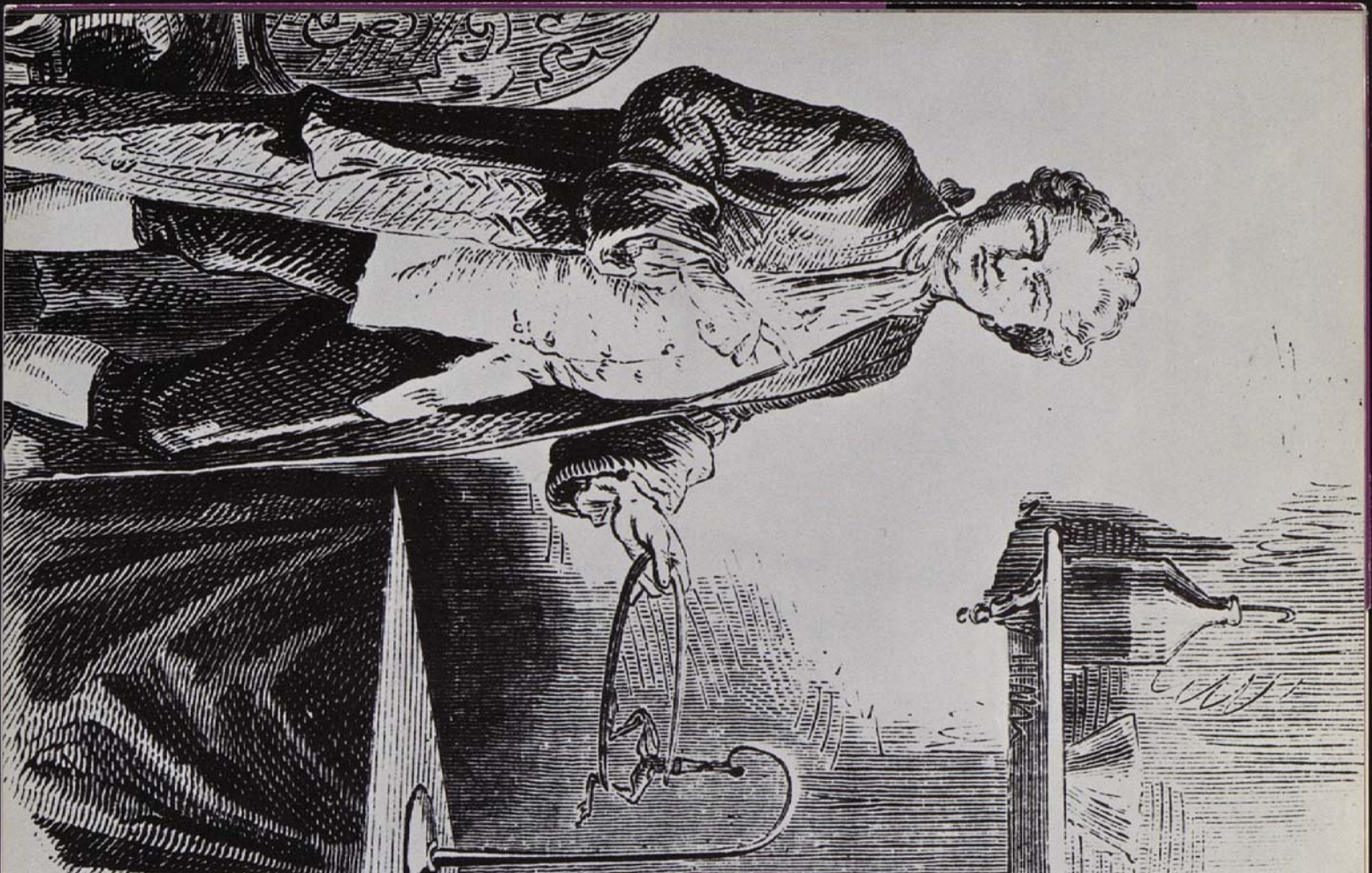
des films
p. 91

des musées
p. 93



**cette exposition,
organisée par
la maison de la culture
et merlin gerin,
n'aurait pas été possible
sans le concours
des institutions,
publiques ou privées,
et des personnalités éminentes
qui en ont permis
la réalisation**

alsthom, grenoble	service du film de recherche
archives départementales, grenoble	scientifique, paris
bibliothèque universitaire de la faculté des sciences, saint-martin-d'hères	sncf, paris
centre régional de documentation pédagogique, grenoble	studio givet, grenoble
compagnie générale d'électricité, centre de recherche de marcoussis	télé mécanique, grenoble
compagnie générale transatlantique, paris-lyon	tunzini-sames, grenoble
conservatoire national des arts et métiers, paris	m. accard, paris
coopérative enseignement laïque - bibliothèque freinet, cannes	m. bansillon, poleymieux
disques philips	mme bonté, paris
éducation nationale - académie de grenoble	mme charmont, grenoble
électricité de france, grenoble	m. colomb, grenoble
électricité de france - création diffusion, paris	mle caunesil, grenoble
éditions du terrain vague - é. losfeld, paris	mle contensou, paris
éditions jean-jacques pauvert, paris	m. couard, saint-égreve
éditions rencontre, lausanne-paris	m. coudraud, paris
galerie pierre bérés, paris	mme danet, paris
galerie denise rené, paris	m. diamant, grenoble
groupe de recherches et d'initiation au langage total, paris	m. daumas, paris
institut national de recherches et de sécurité, paris	m. fabiani, paris
institut polytechnique, grenoble	mme fournié, paris
mon petit jean, grenoble	m. gardner, grenoble
musée de l'électricité, maison d'ampère, poleymieux	m. gesbert, paris
musée des arts décoratifs, paris	m. gozlan, paris
musée d'art moderne de la ville de paris, paris	m. josten, grenoble
musée bergès, lancey	m. leynaud, grenoble
musée dauphinois, grenoble	m. marchal, paris
neyrpic, grenoble	m. marcon, grenoble
orf - service de la recherche, paris	m. métier, paris
palais de la découverte, paris	mle meunier, lancey
postes et télécommunications, paris	m. moïse, poleymieux
régie gaz électricité de la ville de grenoble, grenoble	m. paillin, paris
sciences et jeux, grenoble	mle paris, paris
	m. pelenc, grenoble
	m. pillet, grenoble
	m. poloujadoff, grenoble
	m. rose, paris
	mme rousset, paris
	m. tizané, grenoble
	mme valin, paris
	m. vaussenat, grenoble
	m. wagner, grenoble



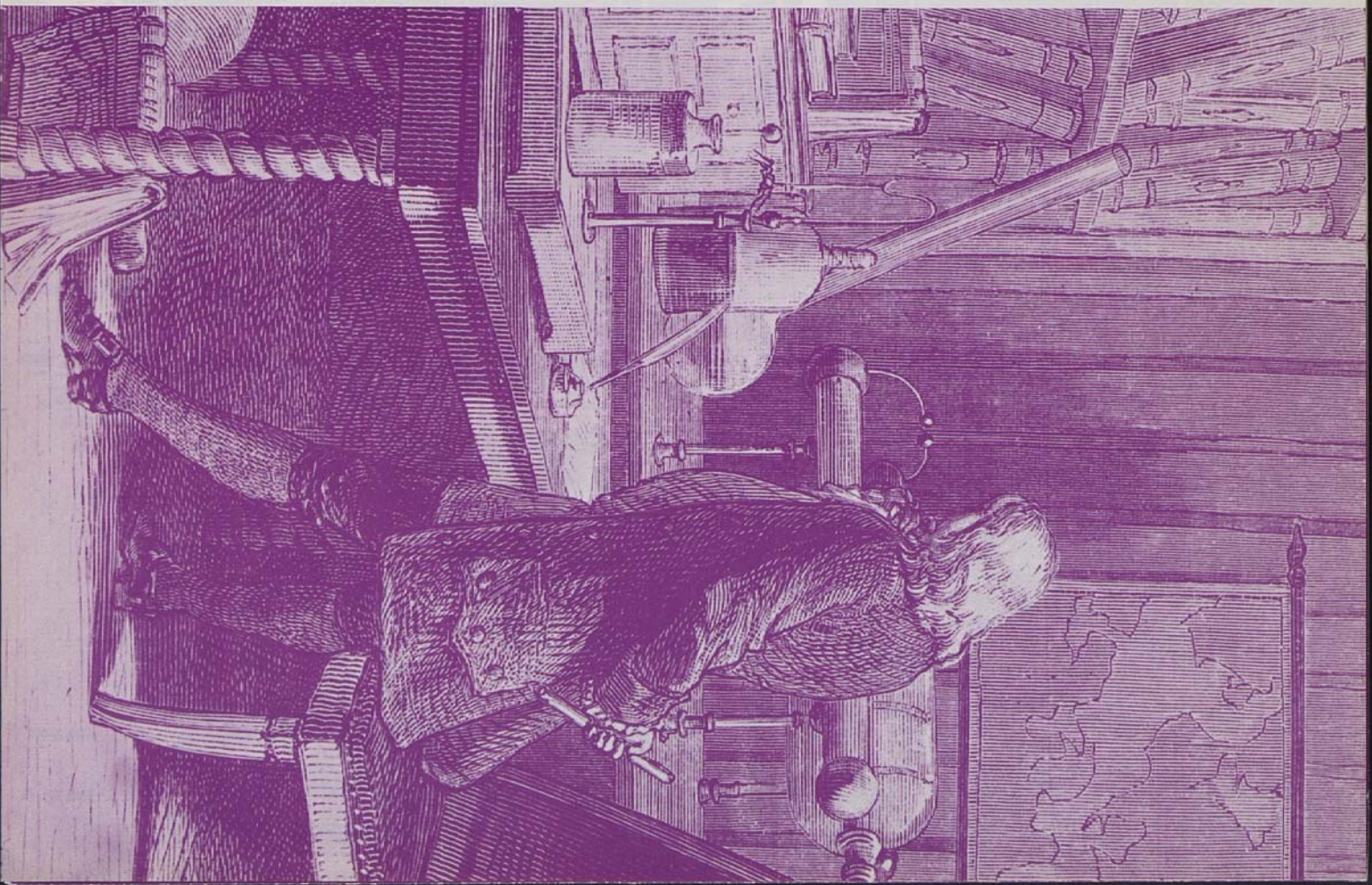
comité d'organisation

**réalisation
exposition
catalogue
assisté de**

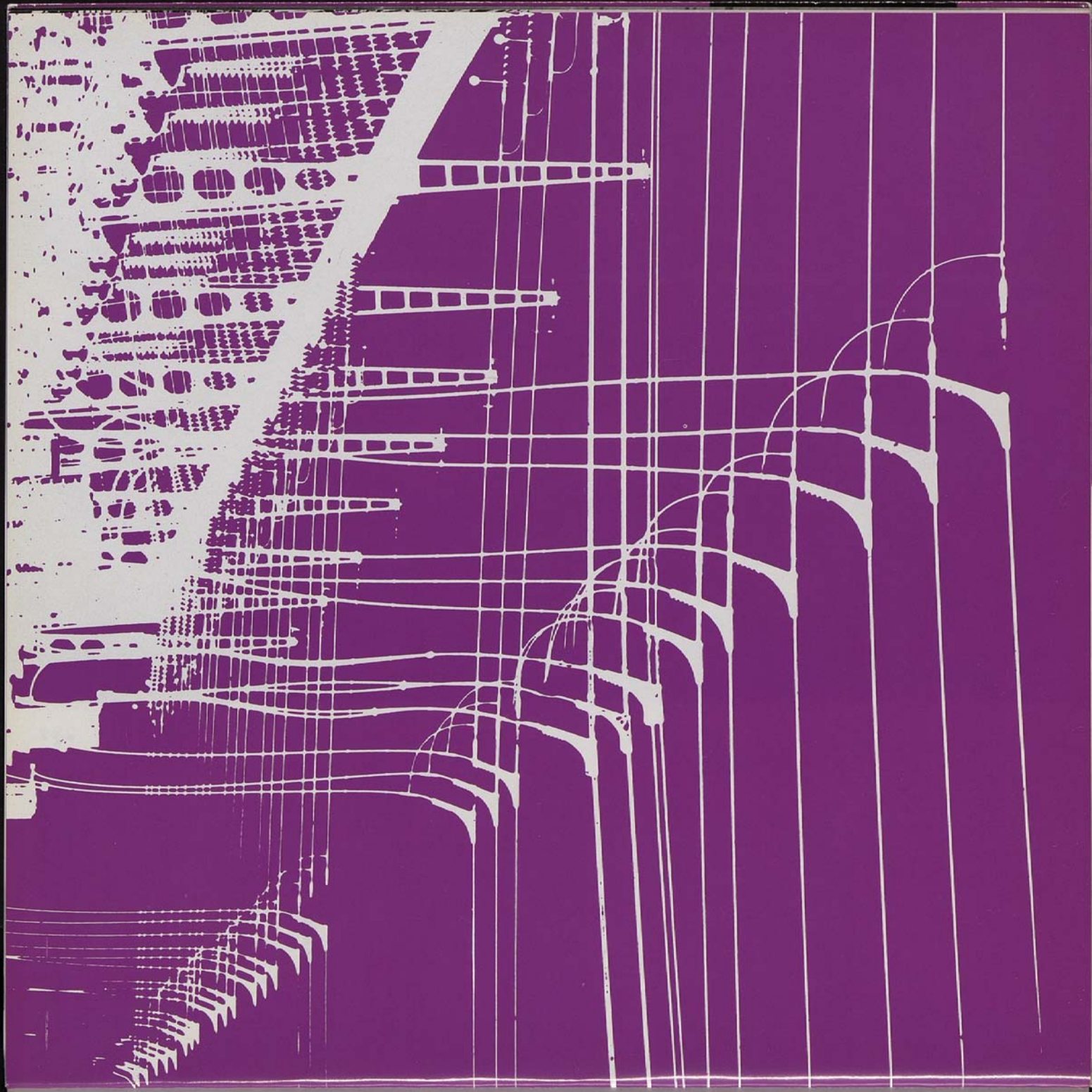
Le médecin et physicien Galvani
découvre la contraction musculaire sous l'effet
de l'électricité (1786)

maison de la culture
merlin gerin

guy chalon
éric robillot
fabrice pécunia



Benjamin Franklin dans son laboratoire
5



préface

Le XIXe siècle fut le siècle de la vapeur, Le XXe siècle est celui de l'électricité, qui, à son tour, a transformé notre industrie, nos transports, nos moyens d'information et de communication, notre vie quotidienne c'est-à-dire toutes nos formes d'activités.

L'électricité nous apporte l'énergie des combustibles, des chutes d'eau, des réactions nucléaires contrôlées. Elle éclaire, chauffe, propulse, tire, analyse, transmet, transforme. Ses apparences multiples, continues ou alternatives, à toutes les fréquences, régissent toutes manifestations de la vie moderne dans les domaines de l'infiniment petit, de l'infiniment grand et de l'infiniment complexe.

Il serait impossible de passer en revue toutes ses applications tant elles sont nombreuses et variées. Déjà en 1898, un ingénieur en chef des mines à Chambéry * constate " qu'à côté de la science électrique proprement dite l'industrie électrique a fait d'énormes progrès ".

Il rappelle que " dans son beau *Traité d'Electricité*, paru en 1895, M. Rodary traite des applications de l'électricité qu'il range dans les chapitres suivants : transport et distribution de l'énergie, éclairage, locomotion, électrolyse, électrométallurgie, ateliers, mines, télégraphie, téléphonie, horlogerie, météorologie, art militaire, chemins de fer, théâtre, médecine, chirurgie, intérieur des habitations ".

L'électronique prolonge notre système nerveux en tissant autour de nous un réseau d'informations et de communications que la machine interprète dans un " cerveau central " avant de donner ses ordres. L'informatique et la cybernétique sont les filles de la " fée électricité " qui surclasse l'esprit humain dans l'accomplissement de tâches intellectuelles mineures. Leur naissance n'annonce pas seulement une révolution dans le traitement des informations, dans les méthodes d'organisation, de recherche et de production industrielle mais elle marque l'apparition de formes nouvelles de civilisation.

C'est assurément le plus grand sujet de réflexion, voire d'enthousiasme ou d'inquiétude, que nous propose l'électricité parmi les réalités d'aujourd'hui.

Cette exposition n'a pas pour but de retracer toute l'histoire de l'électricité, d'exposer ses lois ou de présenter le vaste champ de ses applications. Elle rend hommage aux hommes qui en assurent le service et particulièrement le transport. Si, quelles que soient les circonstances, en tous temps et en tous lieux, l'électricité est fiable c'est aux électrotechniciens que nous le devons. Que deviendrait une ville privée d'électricité, même pendant un temps très court, les écoles, les usines, les hôpitaux, les transports, les spectacles ? Une ville désorganisée, folle... ou morte.

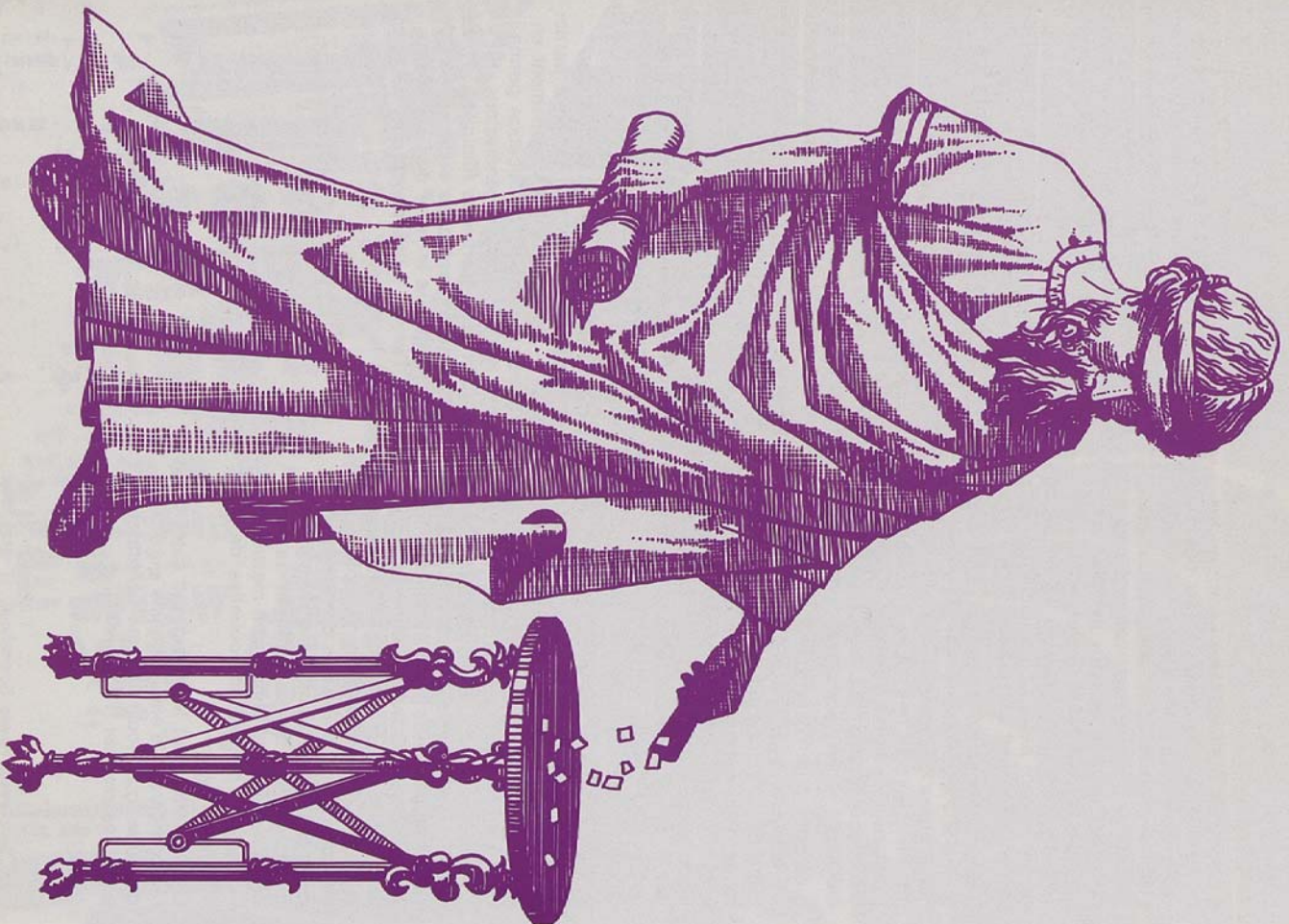
Comprendre les solidarités qui s'établissent, " l'interconnexion " entre les hommes, entre les hommes et les machines pour faire vivre une ville, Grenoble, sa région.

S'adressant à tous, cette exposition ne peut pas et ne veut pas apporter une réponse à toutes les questions ; au-delà, des films, des conférences, des documents en assurent le nécessaire prolongement.

La science de l'électricité est le fruit de nombreuses et patientes expériences sans cesse reprises, contestées, perfectionnées par les expérimentateurs, il était normal que le public en découvre quelques-unes et que les expérimentateurs les plus jeunes soient sollicités et conseillés.

Exposition expérimentale à plus d'un titre, elle veut briser son cadre et participer à la maîtrise de l'environnement en répondant au souci d'éducation permanente des différentes générations. En publiant des références filmiques, livres-publiant des références filmiques, livrets-souhaçons que le cœur de l'exposition soit à l'école, à la bibliothèque, au club, voire à la maison.

* M. Badourneau, *Revue Scientifique*, 17 déc. 1898.



Il y a un pôle scientifique d'attraction qui est formidable. On a des formes de raisonnement, on a un langage qui est universel même en Amérique ou en Chine, aux Indes ou au Japon, c'est le langage scientifique. Au fond, on apprend beaucoup de choses et on comprend de plus en plus les choses. A priori on peut se dire en effet que le domaine de l'inconnu diminue, mais les problèmes changent avec le temps et de nouvelles voies sont ouvertes.

On peut dire que la science se développe comme ceci : on suit une galerie, à un certain moment dans cette galerie sombre, on aperçoit une lueur ou une fissure. On travaille ! on travaille ! et on se trouve devant une magnifique grande salle avec des tas de choses très belles, des cris-taux, des colorations superbes, des éléments tout à fait nouveaux, on est émerveillée ! et on dit : voilà ! nous sommes arrivés au bout du monde, à la vision parfaite ; on s'aperçoit que dans cette grande salle, tout vous éclaire, tout vous éblouit. Pendant quelques années on a cet éblouissement et puis, au bout de quelques années, à force de travail, on finit par voir une petite fissure dans la grotte et cette petite fissure on la gratte, on la gratte, on l'ouvre et l'on s'aperçoit qu'il y a une autre voie et une troisième voie qui était insoupçonnée ; cela va vers des merveilles de plus en plus extraordinaires...

Louis Leprince-Ringuet
Interview ORTF-France Culture
extrait du " Journal d'un Honnête Homme "
émission de Jean Chouquet et
Jean-François Noël
1966-1967

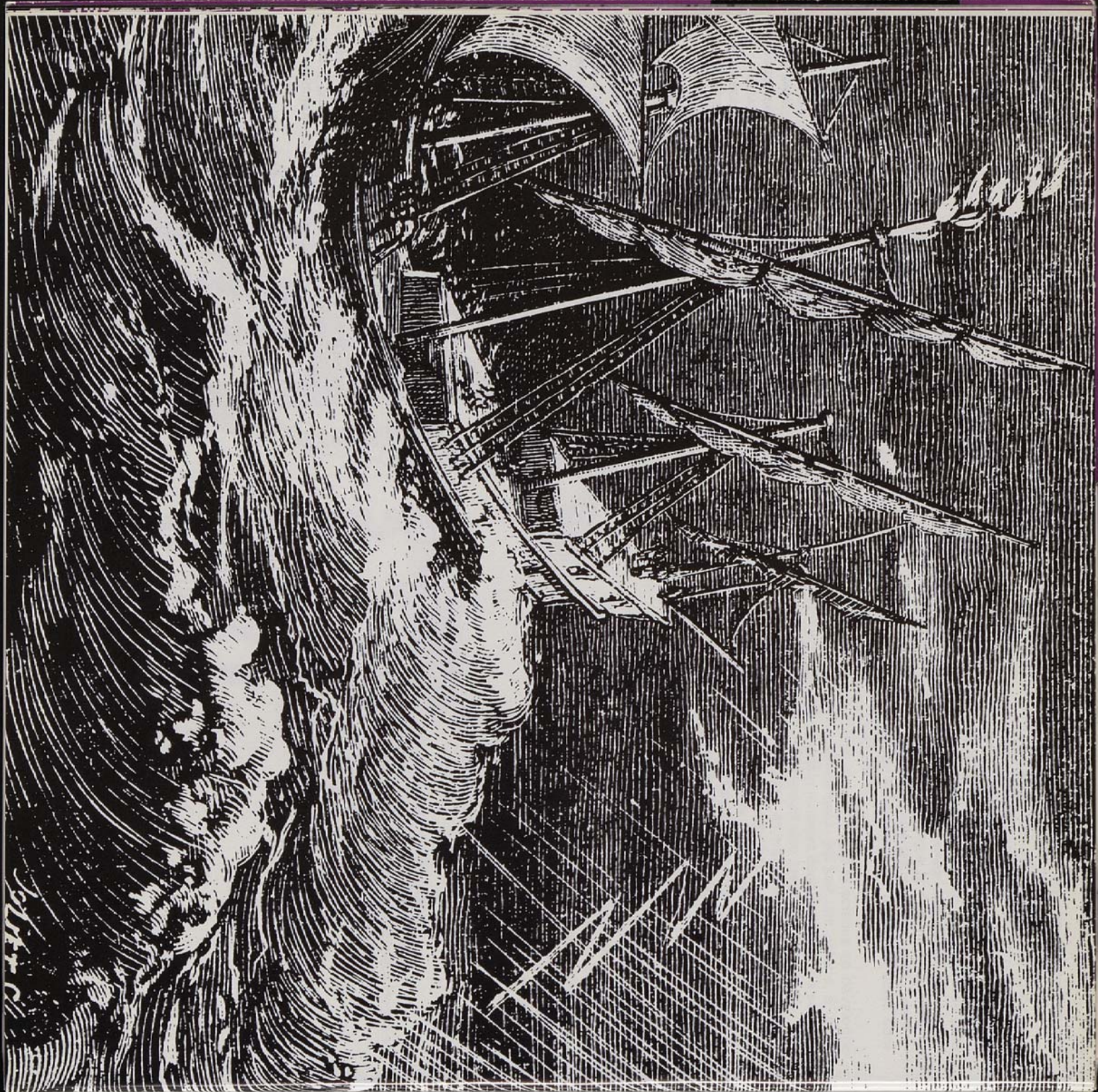
Vers l'an 600 avant notre ère Thalès de Millet (p. 8) et ses contemporains remarqueraient que l'ambre jaune, frotté à sec, attirait les corps légers ; l'ambre jaune, en grec, se nommant elektron, cette propriété reçut le nom d'électricité. Pour certains savants les propriétés électriques étaient connues, sinon expliquées dès la plus haute antiquité hébraïque ; la description de l'Arche d'Alliance telle qu'elle est rapportée dans le livre de l'Exode, chapitre XXV, laisse supposer qu'il s'agissait bien d'un condensateur capable de foudroyer les imprudents. Les prêtres grâce à leurs vêtements " entièrement tissus de fils d'or, ornés de chaînes d'or traînant jusqu'aux talons " n'auraient rien risqué, leur ingénieuse mise à la terre leur permettant de décharger le condensateur.

Dès l'antiquité, la foudre atmosphérique excita par ailleurs la curiosité des plus audacieux qui tentèrent de la capturer en payant de leur vie ces dangereux essais. Cette même curiosité, mêlée d'effroi, animait les marins du moyen-âge lorsqu'ils découvraient le feu Saint-Elme (p. 10) à la pointe de leur mât.

Christophe Colomb, Magellan l'observèrent sans en tirer de conclusions. La foudre, les feux de Saint-Elme, les armes couronnées d'étincelles, certains jours d'orage ne seront comparés, expliqués que lorsque d'autres phénomènes, provoqués artificiellement par les hommes, surgiront.

Au XVIII^e siècle l'électricité statique et ses effets furent une source de distractions scientifiques en honneur dans les salons.

Nobles, abbés de cour, philosophes, grandes dames se passionnèrent pour les expériences de Watson en Angleterre et de l'abbé Nollet à la cour de Versailles. Musschenbroek, de Leyde découvrit par hasard le moyen de conserver de l'électricité en bouteille. Il approcha une bouteille à moitié pleine d'eau, dans laquelle plongeait un fil de laiton, d'un conduit métallique relié à une machine

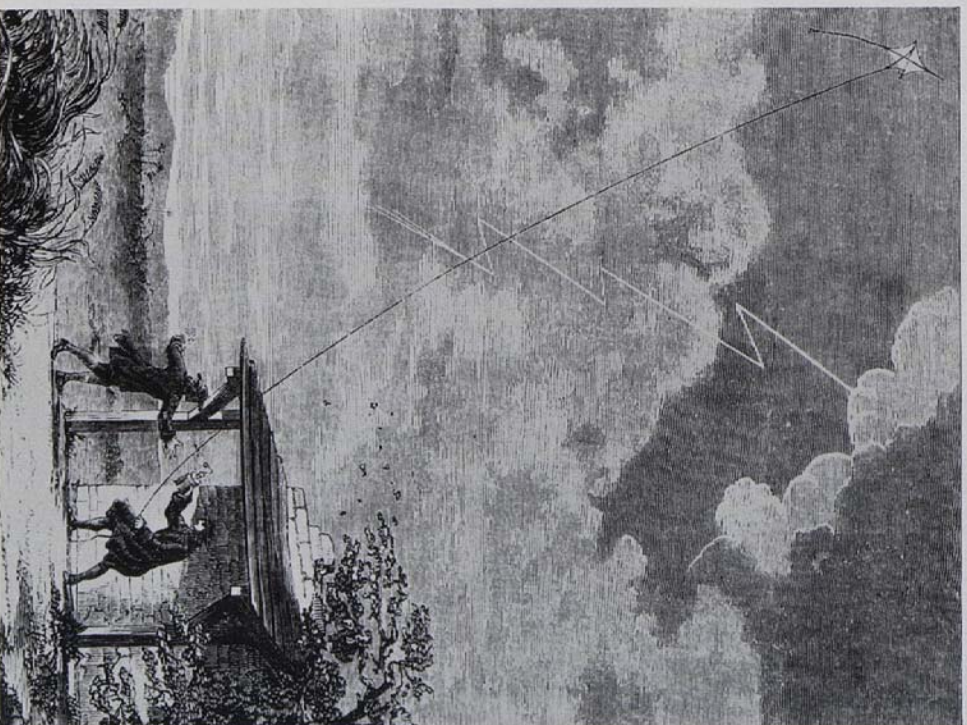
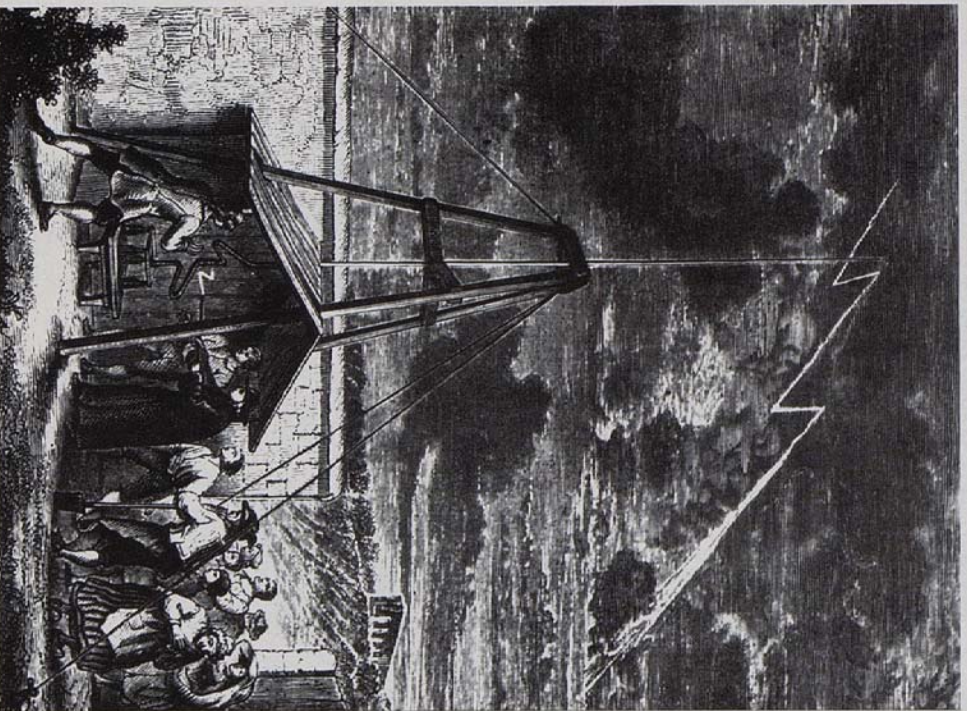


électrique. En retirant la bouteille d'une main, l'autre touchant le conducteur métallique, il reçut une violente commotion. L'abbé Nollet voulut à son tour braver l'épreuve. Il réunit 240 gardes-français se tenant par la main. Aux deux extrémités de la chaîne humaine, il appliqua les pôles de sa "bouteille de Leyde", secouant allégrement la compagnie. Enhardi par ses premiers résultats, il électrisa avec conscience une congrégation de Chartreux, dont la chaîne défilait sur trois kilomètres, chaque religieux communiquant électriquement avec son frère par un morceau de fil de fer. L'abbé tua des poissons en déchargeant sa bouteille dans l'eau, il parvint à tuer un moineau.... Sa célébrité lui valut de nombreux émules

dont certains connurent de nos jours des succès plus sinistres. On fabriqua des "cannes à surprise", à partir de bouteilles de Leyde chargées par le frottement d'une peau de lièvre. En touchant discrètement son voisin avec l'extrémité de cette canne on avait la joie de lui procurer une forte émotion... scientifique. Aujourd'hui, la bouteille a fait place au condensateur plus efficace et moins encombrant. Les cabinets de physique du XVIIIe siècle sont aussi célèbres pour leurs "machines électrostatiques à globe de verre et à plateau". Le frottement de coussins de cuir saupoudrés d'or électrisait le disque. Des pointes métalliques recueillaient

l'électricité. Ces machines permirent de réaliser de nombreuses expériences amusantes dans les salons : on enflammait de l'esprit de vin avec la pointe d'une épée grésillante ou mieux avec son doigt (p. 13).

A la même époque des chercheurs opiniâtres, des "voleurs de feux", s'attaquaient au feu du ciel, à la foudre. Benjamin Franklin dont le nom reste attaché à la libération de sa patrie soutenait que l'électricité statique et la foudre étaient de même nature. Il proposait de vérifier ses constatations météorologiques par des expériences. Buffon, dont la curiosité légendaire s'étendait à d'autres domaines que son Histoire Naturelle, fut enthousiasmé par





ces hypothèses. Il demanda au physicien Dalibard de les vérifier. Ainsi, dans son jardin de Marly, il érigea une tige de fer de 2 m de diamètre et de 13 m de hauteur, soutenue par trois perches équipées de cordons de soie. L'extrémité inférieure s'appuyait sur un tabouret à pieds de verre protégé de la pluie pour ne pas compromettre l'isolation.

Le 10 mai 1752, les paysans et leur curé accoururent sous la grêle pour constater un événement extraordinaire : un homme avait capturé le feu du ciel (p. 11).

Pendant quarante minutes, le curé — témoin — allait provoquer des étincelles en excitant la tige de fer avec un morceau de métal, muni d'un manche isolant.

Buffon referra plusieurs fois l'expérience dans son propre château de Montbard.

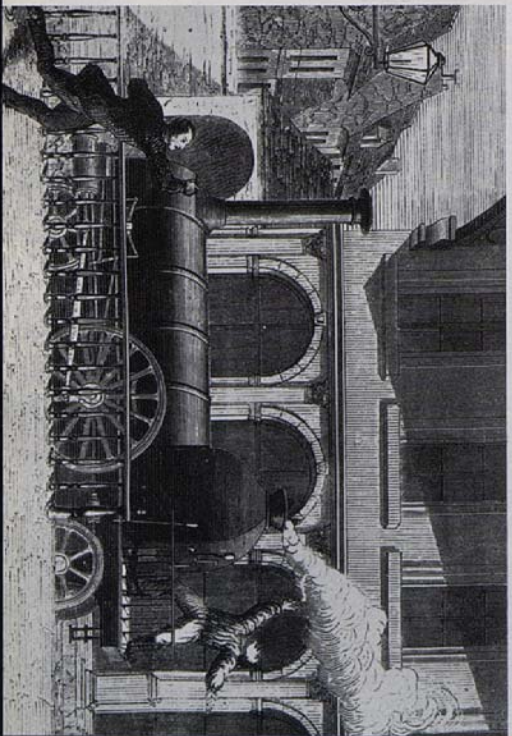
Dans toute l'Europe des savants tentent d'étudier ces phénomènes, mais le russe Richmann fut foudroyé dans son laboratoire de Saint-Petersbourg.

D'autres expériences encore plus audacieuses furent réalisées avec succès. Le cerf-volant, capable d'explorer les couches atmosphériques remplaça les tiges. C'est à plus de 200 m de hauteur que l'on alla capter la foudre. En septembre 1752

Franklin, accompagné de son fils, lança un cerf-volant muni d'une pointe de métal relié au sol par une cordelette de chanvre portant une clé métallique. L'orage grondant sur Philadelphie, Franklin réussit à provoquer des étincelles en rapprochant son doigt de la clé (p. 11). Le français de Ronas, en 1753, tira du fil de son cerf-volant des lames de feu longues de 3 m, claquant comme des coups de pistolet, leur tension est aujourd'hui évaluée à 1 million de volts.

Franklin reprenant les expériences sur les tiges en modifia les conclusions en supprimant l'isolation qui permettait le chargement en électricité. Il relia la tige au sol par un bon conducteur et réalisa ainsi une excellente protection des bâtiments, maisons ou navires. En 1760 il dressa une pique de plus de 3 m sur sa maison de Philadelphie, un conducteur descendait jusqu'au sol où il s'enfonçait à une profondeur de 1,50 m (p. 14). Le paratonnerre était né. Il s'imposa lentement en Europe. En France ce fut un avocat qui en défendit la cause à l'occasion d'un procès fait à un propriétaire... Maximilien de Robespierre.

A la veille de la Révolution, les élégantes portaient un chapeau paratonnerre avec la mise à la terre (p. 12).





L'électrostatique

...curiosité d'hier technique d'aujourd'hui

Le développement de la physique à l'aube du XVIIIe siècle et durant tout le XVIIIe se caractérise par la diffusion des expériences nouvelles et l'extension de ces lieux mondains que l'on nommait "cabinets de physique". L'électrostatique y régnait en souveraine incontestée tant par la curiosité qu'elle soulevait que par l'aspect spectaculaire de ses mises en œuvre. Quelques expériences fondamentales, donnant naissance à des théories plus ou moins vérifiées, ont jalonné son développement. Elles sont présentées dans la section d'Electrostatique du Palais de la Découverte (Paris).

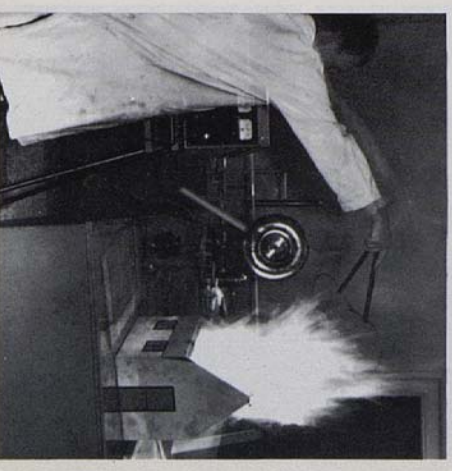
Mais l'électrostatique ne saurait pour autant constituer une discipline poussièreuse à conserver soigneusement dans quelque musée de la science. Après un sommeil d'un siècle et demi, au cours duquel on ne cessa de tourner en dérision les forces électrostatiques, cette ancienne branche de la connaissance a repris son essor depuis 1930, grâce aux techniques des très hautes tensions nécessaires au fonctionnement des accélérateurs de particules.

Des machines nouvelles ont contribué à ce renouveau. Les générateurs Van de Graaf permettent d'atteindre des potentiels auparavant inaccessibles (10 millions de volts), par ailleurs, les générateurs Félicci développent des puissances se chiffrant en kilowatts sous des tensions moyennes. Le champ d'application de l'électrostatique s'en est trouvé considérablement étendu. Les déflexions électrostatiques des accélérateurs de particules ainsi que leur système d'injection utilisent de tels générateurs ; la microscopie électronique en est tributaire ; les dépoussiéreurs électrostatiques équipent de nombreuses cheminées industrielles.

Dans un autre domaine, les procédés de pulvérisation électrostatique sont appliqués à la peinture au pistolet, multipliant le rendement par un facteur 4 ou 5. Sur de nombreuses machines-outils, des plateaux de maintien électrostatiques permettent avec une force pressante de 1 kg par cm² de retenir des objets à usiner sur la table de la machine, sans aucune contrainte mécanique.

Pour toutes ces raisons, l'électrostatique ne doit plus être considérée comme divertissement de salon. Elle peut prétendre au rang d'une science vivante et actuelle.

Gérard Rumèbe
Chef de la section " Physique "
au Palais de la Découverte
de Paris



Expérience du Palais de la Découverte, Paris

Le guide de l'exposition

musée des arts décoratifs Paris

Affiches

- n° 2**
"Le bec Deselle " dessiné par F. Bouisset
- n° 3**
"Bec Auer" dessiné par M. Reailler-Dumas 1893
- n° 4**
"Saxoleine " dessiné par J. Chéret 1890
- n° 5**
" Moulin Rouge " dessiné par Roedel 1897

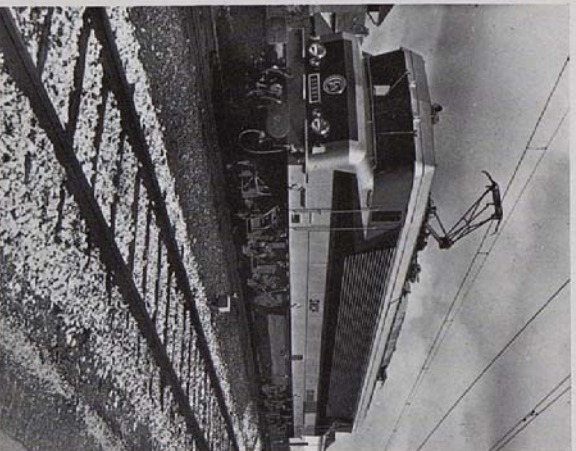
n° 6

"Yost la meilleure machine à écrire " anonyme



Alsthom Grenoble

n° 1
Maquette locomotive électrique type CC 21000, 8000 CV



- n° 7**
"Nouvelle cuisinière universelle " (cliché n° 32) Atelier Chéret 1892
- n° 8**
" Lessiveuse soleil " anonyme (p. 93)
- n° 9**
" Les invisibles " anonyme (p. 92)
- n° 10**
" Cleveland-car " dessiné par Misti
- n° 11**
" Phares Ducellier " dessiné par P. Chapellier
- n° 12**
" Le triomphe de l'aviation " anonyme



- n° 13**
" Cinématographe Lumière " dessiné par Auzolle (p. 90)

musée d'art moderne de la ville de Paris

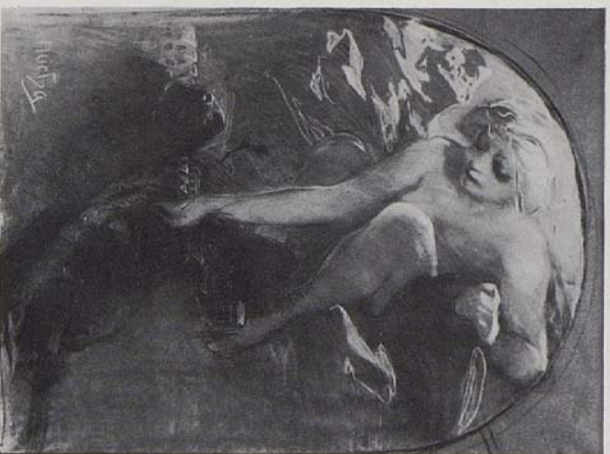
n° 14
Microtemps 1966
Sculpture cinétique de Nicolas Schoffier.

galerie Pierre Bérès Paris

n° 15
Lithographie de Raoul Dufy
"La fée électrique".

musée Bergès Lancey

n° 16
Allégorie " le génie de la houille blanche "
original de Mucha.



n° 18
Affiche : " avis sur l'éclairage électrique de la vallée
du Grésivaudan, 15 janvier 1898 "

n° 19
Affiche sur l'éclairage électrique de La Tronche,
24 octobre 1904.

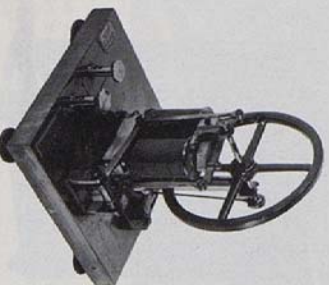
compagnie générale d'électricité centre de recherche de Marcourssis

n° 20
Maquette d'une station de télémétrie par laser
installée à Stephanton (Grèce), permettant la détermination de la distance des satellites. A l'aide de
3 stations de ce type, la trajectoire d'un satellite
évoluant à une altitude comprise entre 1500 km et
2000 km a été déterminée à 1 mètre près.
Vitrine avec coupe d'une tête laser à rubis utilisée
en télémétrie spatiale.

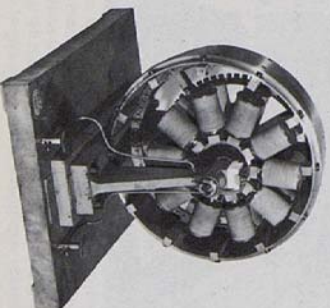
conservatoire national des arts et métiers Paris

n° 21
Petit moteur magnéto-électrique de Marcel Deprez,
1889 (p. 93).

n° 22
Electromoteur oscillant de Froment, 1844
le premier moteur de G. Froment a été longtemps
un type classique de spécimen de moteur électrique
pour les cours de physique.

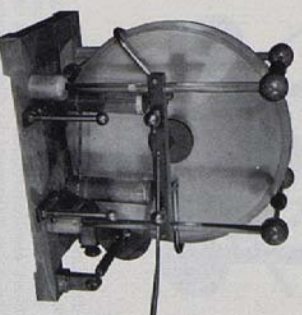


n° 23
Electromoteur épicycloïdal de Froment, 1847,
comme les autres moteurs de G. Froment, celui-ci
ne présente qu'un intérêt purement historique.
Le cylindre sur lequel sont fixés les barreaux de fer
doux est simplement excentré dans l'évidement
circulaire ménagé par l'ensemble des électro-
aimants. A l'époque on ne concevait pas comme
à présent, l'importance du circuit magnétique et
toutes les tentatives devaient échouer jusqu'à
l'invention de Gramme.



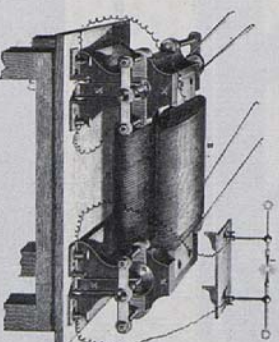
n° 24

Machine électrique de Holtz, 1867,
appareil destiné à fournir de l'électricité à un haut
potentiel grâce à un phénomène d'induction combiné
avec un autre phénomène de connection, lorsqu'on
met le plateau mobile en mouvement, après avoir
électrisé légèrement l'une des armatures au moyen
d'une lame d'ébonite frottée.



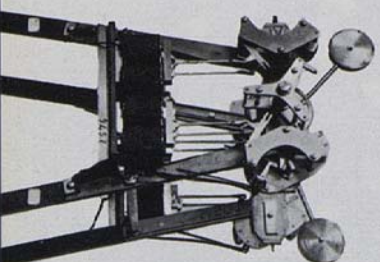
n° 25

Machine dynamo-électrique de W. Ladd, 1867,
une pile, très faible, fait naître une première aimantation dans l'électro-aimant inducteur, et y laisse une certaine quantité de magnétisme résiduel. Elle fournit un renforcement du courant d'induction qui ne peut avoir pour limite que la saturation de l'électro-aimant, et la résistance mécanique opposée au mouvement du moteur.

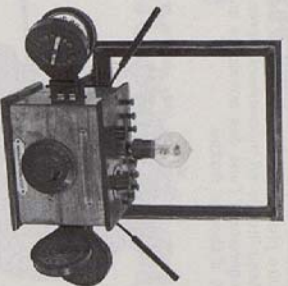


n° 26

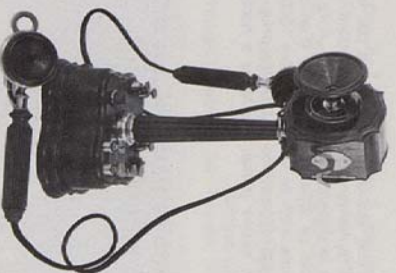
Electromoteur de Pierret, 1880.



n° 27
Récepteur radio de Rayer, 1924.



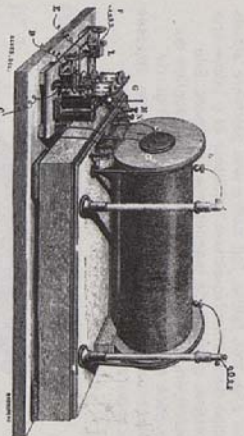
n° 30
Téléphone système Arethens.



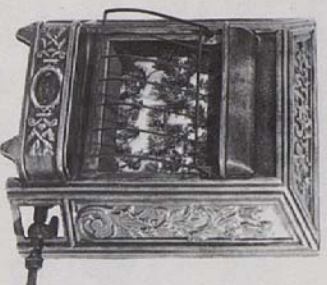
n° 33
Fer à repasser à alcool, XIXe siècle.



n° 28
Bobine de Ruhmkorff, 1851,
la bobine d'induction de Masson connue sous le
nom de bobine de Ruhmkorff est venue supplanter
les machines électrostatiques qui ne sont plus
aujourd'hui qu'un instrument de démonstration ou de
laboratoire. On ne l'utilisait que pour obtenir des
décharges électriques de grande puissance.



n° 31
Radiateur à gaz, 1898.



compagnie générale transatlantique
Lyon
n° 34
Maquette du France.

musée dauphinois Grenoble

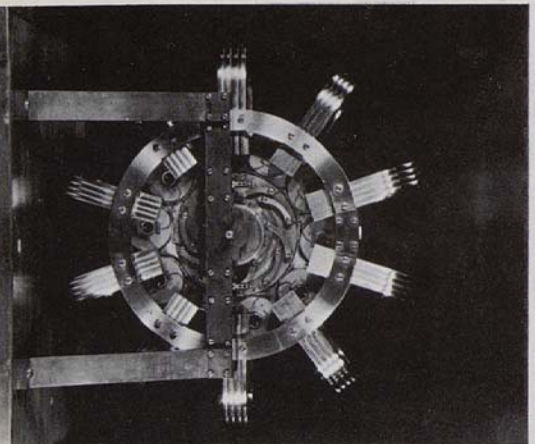
n° 35
Moulin à café, XIXe siècle, Dauphiné.



n° 36
Fer à repasser, XIXe siècle, Dauphiné (p. 93).
n° 37
Fer à friser, XIXe siècle, Dauphiné.



n° 29
Machine dynamo-électrique à aimants permanents
Ruhmkorff, 1856.



n° 32
Cuisinière à gaz, 1886
(affiche du Musée des Arts Décoratifs de Paris).



n° 38 n° 39

2 lampes à huile, en fer, XIXe siècle, Dauphiné.



E.D.F. service création diffusion Paris

n° 40

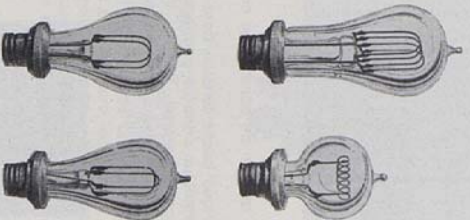
Vitrine : production nationale de l'électricité.

n° 41

Vitrine : la lumière en 1880.

n° 42

Vitrine de vieilles ampoules.



n° 43

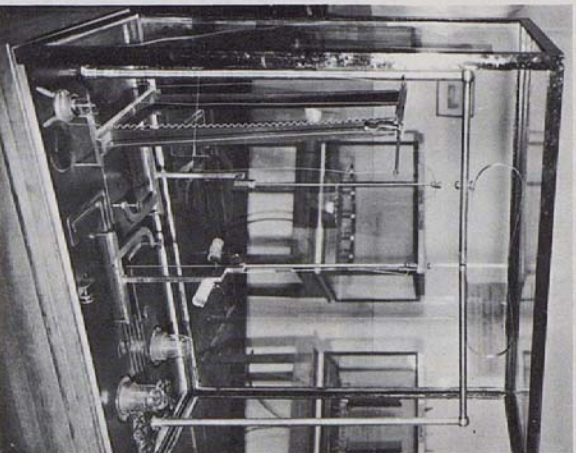
Tolèm électrique

Panneaux : aujourd'hui c'est l'électricité les origines - la période contemporaine
Panneaux de conseils sur la lumière et l'éclairage
Panneaux sur l'électrothermie.

musée de l'électricité, maison d'Ampère Poeymieux

n° 44

Table d'Ampère (copie), cette table d'expériences permet de constater les actions mécaniques des courants entre eux, en faisant agir un courant fixe sur un courant mobile.



n° 45

Microphone Ader, microphone à crayons de charbon dérivé du microphone Hughes, longtemps utilisé en France.



n° 46

Roue de Barlow, 1828, imaginée par un physicien anglais pour montrer l'action d'un champ magnétique. Ses dents plongent tour à tour dans un godet de mercure. Les deux pôles d'une source de courant continu sont connectés respectivement au mercure et à l'axe. Quand on crée avec un aimant un champ magnétique normal au plan de la roue, celle-ci se met à tourner dans un sens qui dépend des sens respectifs du champ et du courant. La roue de Barlow a constitué le premier moteur électrique rotatif (p. 93).

n° 47

Machine Clarke, 1834, un aimant d'acier en fer à cheval est fixe, l'électro-aimant formé d'une paire de bobines enroulées sur un simple barreau de fer en U est mobile. Cette machine originale produit des courants violents, instantanés, souvent utilisés en médecine.



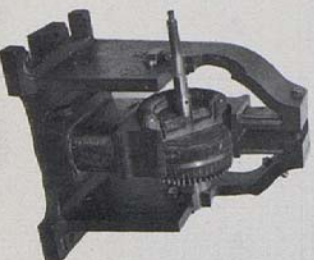
n° 48

Dynamo construite par Gindre.



n° 49

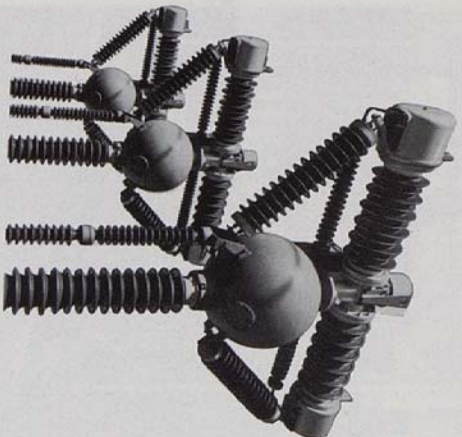
Coupe d'un inductif Gramme en anneau, l'induit est la partie la plus délicate d'une dynamo, il doit produire, comme nous l'avons vu, le courant électrique. Le fil induit, c'est-à-dire soumis à l'irradiation de l'électro-aimant, s'enroule de différentes façons, dont les deux principales sont en anneau et en tambour.
Gramme applique le premier l'enroulement en anneau dans ses dynamos. L'anneau comprend une armature de fil de fer doux sur lequel s'enroulent 60 bobines bien isolées, reliées les unes aux autres en circuit fermé. Les courants développés par chaque bobine passent dans les lames de cuivre rouge ou en bronze phosphoreux soudées avec les fils des bobines. Les lames sont isolées par du mica.



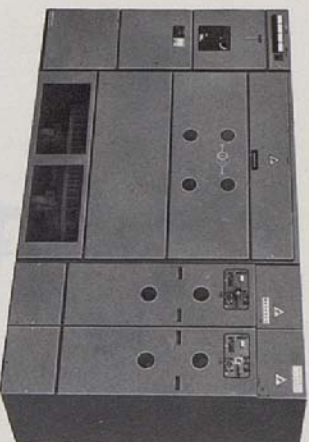
Merlin Gerin

n° 50

Disjoncteur pneumatique très haute tension, les disjoncteurs très haute tension établissent ou interrompent le courant dans les grands réseaux électriques. Ils protègent ceux-ci contre les défauts qui peuvent survenir, par exemple un court-circuit. Le disjoncteur exposé assure, par double jet d'air comprimé, la coupure de l'arc électrique qui apparaît lors de la séparation de ses contacts.



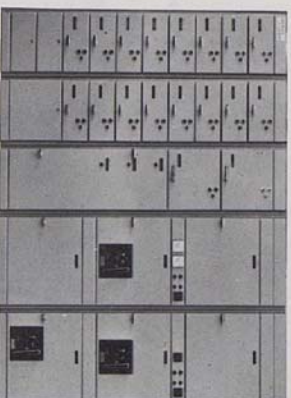
cupales : alimentation - protection du transformateur - transformateur - comptage et arrivée basse tension.



n° 53

Tableau basse tension pour automatisation, ce tableau assure la distribution de l'énergie électrique ainsi que la commande et le contrôle de moteurs d'une chaîne de manufacture de produits. Ce matériel contenant un dispositif d'automatisme complet par relais électroniques constitue un véritable cerveau pour l'installation.

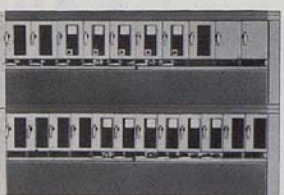
Matériel Mécabloc.
Appareillage contenu dans des cases cloisonnées. Tirours interchangeables.
Relais statiques de type Silmog.



n° 54

Tableau basse tension de contrôle et commande de moteurs.

Tableau préfabriqué basse tension dont le plastron transparent permet un contrôle permanent de la position de chaque appareil. Tableau Visibloc, la coupure "visible" est assurée selon les termes de la normalisation en vigueur sur la sécurité des personnes.



n° 51

Poste blindé isolé à l'hexafluorure de soufre (SF6), la forte densité de consommation dans les grands centres urbains rend nécessaire la pénétration au cœur même des villes des postes de répartition d'énergie électrique en très haute tension. Le poste blindé offre une réduction de surface importante au sol par rapport au poste traditionnel, il est donc tout indiqué lorsque le prix du terrain est cher. Appareillage enterré dans un blindage étanche rempli de gaz SF6. Sécurité absolue : contact accidentel impossible avec une pièce sous tension. Aucune perturbation au voisinage : pas de bruit, pas de perturbation radiophonique.

Esthétique : aspect compact s'intégrant dans une architecture contemporaine.

Poste de Perret installé à Paris (Un : 220 kV
Pc : 12 GVA In : 2000 A) (p. 53).

n° 52

Poste de transformation haute tension/basse tension, un poste de transformation haute tension/basse tension est nécessaire à tout utilisateur dépassant une certaine consommation d'énergie électrique.

En effet, le courant est livré en haute tension par EDF, alors qu'il est utilisé en basse tension pour les moteurs. Le poste préfabriqué Prebloc regroupe dans des armoires tôlées tous les appareils nécessaires à l'abonné. Il est constitué de 4 parties prin-

n° 55

Coffrets et armoires basse tension fonctionnels MGA, pour la distribution électrique "lumière" et petite force motrice, le regroupement des appareils basse tension de faible calibre se fait dans des coffrets. Les coffrets exposés sont conçus pour simplifier au maximum le travail de l'installateur. Leur montage complet se fait à l'aide d'un simple tournevis.



n° 56

Coffrets de chantier antidéflagrants, dans les zones où l'atmosphère risque d'être explosive (mines - chimie - pétrochimie) des précautions particulières sont à prendre pour réaliser les installations électriques. Une solution sûre consiste à placer les appareils dans des coffrets antidéflagrants. Une étincelle ou un arc électrique se produisant à l'intérieur du coffret ne présente aucun danger d'explosion à l'extérieur.

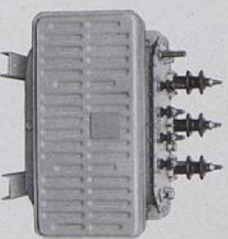


n° 57

Disjoncteur Solenarc, ce disjoncteur utilisé dans les installations de distribution électrique haute tension (3 à 20 kV) coupe le courant par un procédé original. L'arc électrique qui se produit à l'ouverture est allongé en forme de solénoïde et peut atteindre une dizaine de mètres de long. Il passe à travers des plaques de matière réfractaire qui le compriment et le refroidissent. (p. 51).

n° 58

Transformateur, élément essentiel des installations électriques de toutes puissances, le transformateur permet d'élever ou d'abaisser une tension. Il est constitué de 2 enroulements (primaire et secondaire) bobinés autour d'un noyau en tôle magnétique.



n° 59

Traitement des eaux résiduaires, l'expansion continue des activités industrielles entraîne une pollution sans cesse croissante des eaux. Cet état de fait rend nécessaire un traitement approprié des eaux résiduaires. Ces eaux peuvent être traitées chimiquement et automatiquement sous contrôle électronique. L'industrie sidérurgique, par exemple, produit des eaux cyanurées et chromatées qui détruisent la faune des rivières et présentent un danger d'intoxication pour l'alimentation. Ce panneau présente l'appareillage et un synoptique du traitement de telles eaux.

n° 60

Moteur linéaire, le moteur linéaire est une transposition du moteur rotatif asynchrone. Il permet d'obtenir un déplacement linéaire d'un élément du moteur par rapport à l'autre. Le moteur linéaire est une solution privilégiée pour les transports puisqu'il supprime toute perte d'énergie par adhérence et évite des systèmes de transmission. Transport de personnes : urba ou aérotrain mais aussi tous les déplacements linéaires. Ici une maquette d'un opérateur de porte coulissante (p. 56).

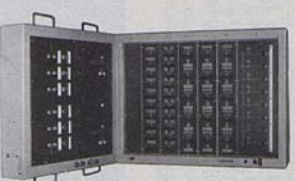
n° 61

Raccords électriques, raccorder deux conducteurs électriques pose non seulement le problème de la tenue mécanique de ce raccord mais encore plus celui de la continuité du circuit électrique. Afin de limiter l'échauffement et de faire face aux efforts électrodynamiques, les raccords sont spécialement étudiés tant du point de vue alliage que du point de vue forme et fixation.

n° 62

Simulateur, un simulateur permet de concevoir, d'étudier et de contrôler le processus de fonctionnement d'un automate. C'est l'appareil de base de l'enseignement des automatismes par fonctions logiques à relaiage statique.

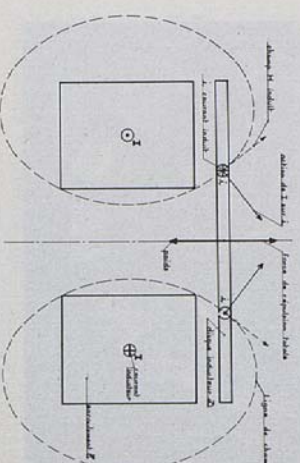
Il est aussi l'instrument de contrôle des schémas théoriques avant leur réalisation industrielle.



n° 63

Expérience de lévitation réalisée par Merlin Gerin, soit un enroulement E parcouru par un courant alternatif I. Cet enroulement crée en tout point de l'espace un champ H proportionnel au courant I. Plaçons alors au-dessus de l'enroulement E un disque conducteur D. Ce disque D est traversé par un flux. Ce flux est lui-même proportionnel au courant I, donc il varie sinusoidalement comme I, et par suite ce flux donne naissance à une force électromotrice induite $e = \frac{d}{dt}$.

Comme le disque est conducteur, des courants induits se développent : ils ont un trajet circulaire par raison de symétrie. Ces courants ont tendance à s'opposer au flux qui les crée, ils sont de sens contraire à I (loi de Lenz). Or, deux courants I et I' de même axe et de sens contraire se repoussent. Cette force de répulsion imprime au disque une force verticale ascendante. Il est évident que cette force diminue lorsque la distance entre l'enroulement E et le disque D augmente. Par suite, il existe une position d'équilibre stable du disque quand la force de répulsion est égale au poids du disque. La stabilité latérale du disque est assurée par un enroulement auxiliaire parcouru par un courant légèrement déphasé par rapport à I.



n° 64

Illustration du champ glissant.

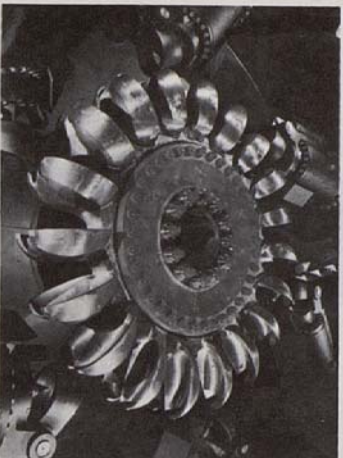
Neyrpic Grenoble

n° 65

Maquette d'une turbine Pelton, toutes les turbines de hautes chutes sont équipées de roues Pelton à augefs qui utilisent la vitesse de l'eau. L'usine Malgouvet de 100 000 ch, alimentée par le lac de Tignes, est ainsi équipée.

n° 66

Maquette d'une roue Pelton.



n° 68

Maquette d'une roue Kaplan, ces roues à hélices sont utilisées dans les basses chutes qui, par leur pression et leur vitesse, agissent sur les aubes.

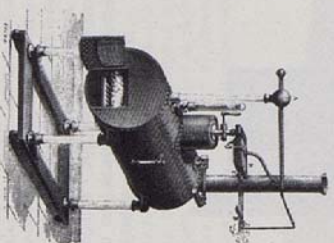
Cellas de l'usine André-Blondel à Donzère-Mondragon ont une puissance unitaire de 70 000 ch.



palais de la découverte Paris

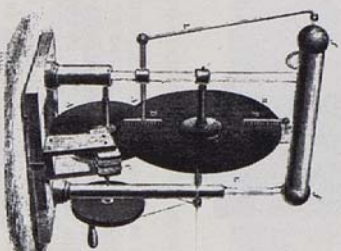
n° 69

Machine électrique à influence d'Armstrong, 1840, cette machine électrostatique a été inventée, par hasard, par un mécanicien occupé à réparer une machine à vapeur ayant une main sur le jet de vapeur qui s'échappait et l'autre sur le levier de la soupape. Il éprouva une violente commotion due à une décharge électrique. Les gouttelettes d'eau se chargent par frottement contre les bords de l'orifice d'échappement et leur potentiel s'élève lorsque les gouttelettes chargées s'éloignent de la surface frottée.



n° 70

Machine électrique à influence de Carré, c'est le générateur électrostatique à addition le plus perfectionné. Les charges inductrices sont obtenues par un premier plateau de verre soumis à l'action de deux frotteurs. La différence de potentiel entre les deux poles atteint facilement 50 000 volts.



n° 67

Maquette d'une roue Francis, les chutes de hauteur moyenne sont toujours équipées de turbines à réaction de ce type. L'usine de Génissiat est armée de turbines Francis de 100 000 ch.

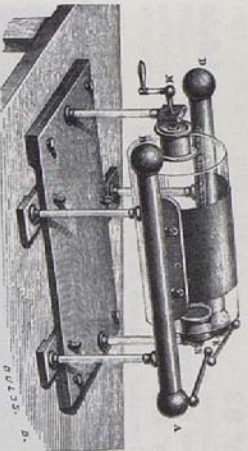


n° 71

Machine électrique à frottement de Nairne, 1774, cette machine a été construite pour le célèbre médecin anglais Nairne, et sur ses indications, en vue d'électriser certains malades. Elle se compose d'un cylindre en verre soufflé pouvant tourner autour de son axe à l'aide d'une manivelle. Les supports des cylindres ainsi que ceux des conducteurs qui l'encadrent sont isolés du sol au moyen de colonnettes en verre. L'un des conducteurs supporte un coussin frottant contre le cylindre, et l'autre est garni de pointes métalliques disposées devant ce cylindre sans toutefois toucher celui-ci.

Institut polytechnique Grenoble

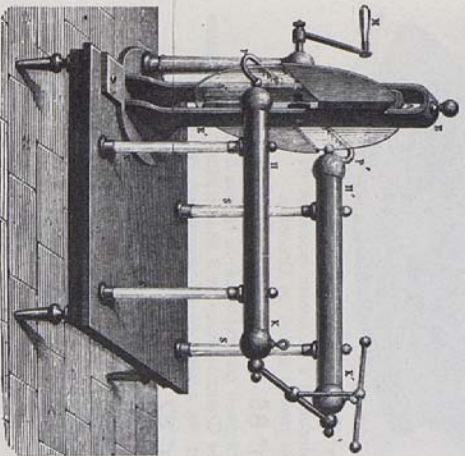
Le conducteur muni de pointes se charge d'électricité positive, tandis que l'électricité négative provenant du coussin se répand le long du conducteur qui le supporte. Cette machine était donc capable de donner à volonté l'électricité positive ou l'électricité négative.



n° 72

Machine électrique de Ramsden, 1768, les trois parties essentielles de cette machine à frottement sont :

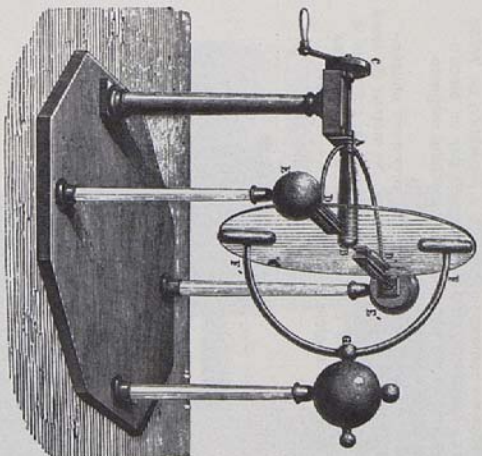
1. le corps frotté, un plateau de verre que l'on fait tourner autour d'un axe horizontal
2. les frotteurs formés par quatre coussins en cuir rembourrés de crin, appliqués sur le verre par des ressorts
3. le conducteur formé par des cylindres de laiton creux, terminés par des boucles et portés par des pieds de verre.



n° 73

Machine électrique à frottement de Van Marum, 1797, cette machine construite à Harlem ne permet de recueillir que l'une ou l'autre des deux extrémités : celle qui n'est pas utilisée s'écoule nécessairement dans le sol. Les plus grandes machines à frottement furent celles de Van Marum qui possédaient un plateau de 1,80 m de diamètre et donnaient des étincelles de 0,65 m de longueur, épaisses de 6 mm.

Complexe d'électrostatique, les démonstrations d'électrostatique sont produites avec le matériel expérimental du Palais de la Découverte alimenté par une machine Sames B 8002.

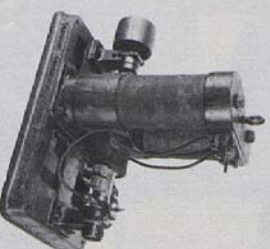


n° 74

Pile thermo-électrique Clamond, présentée à l'Académie des Sciences par Th. du Moncel le 5 mai 1879. Si deux lames de métaux différents se trouvent soudées ensemble et chauffées à leur soudure, il se produit une force qui fournit un courant électrique que l'on peut recueillir aux extrémités de la lame (p. 93).

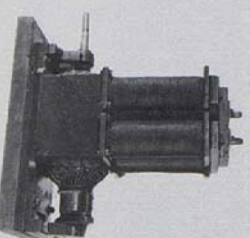
n° 75

Machine dynamo-électrique Edison, Edison construisit en 1878 une machine dans laquelle le mouvement, au lieu d'être rotatif, était oscillatoire. Il y renonça pour adopter le type de dynamo bipolaire présentées ici.
Applications : éclairage direct avec lampes à incandescence.



n° 76

Machine dynamo-électrique Edison, même type que la précédente. Il s'agit sans doute d'une copie réalisée en laboratoire.

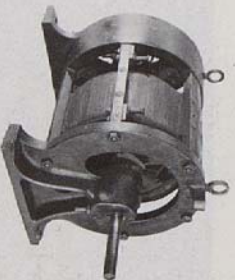


n° 77

Machine dynamo-électrique Gramme, 1881, machine à courant continu. Premier modèle entré dans le commerce. L'induit est en anneau formé d'un noyau en fil de fer complètement recouvert de spires de cuivre. L'inducteur est à double circuit magnétique avec deux pôles, l'un au-dessus de l'autre au-dessous de l'induit. Cette machine de 3 kW environ est dite machine d'atelier (p. 25).

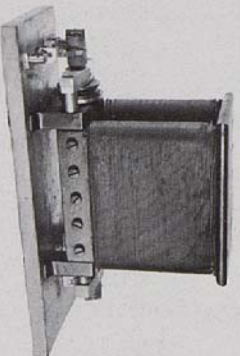
n° 78

Dynamo Gramme, machine génératrice à courant continu comprenant un circuit composé de plusieurs bobines, fermé sur lui-même et enroulé sur un anneau animé d'un mouvement de rotation dans un champ d'induction normal à l'axe de rotation. Deux balais placés dans le plan neutre — plan normal aux lignes d'induction — frottent sur le collecteur et constituent les deux pôles de la machine.



n° 81

Machine dynamo-électrique de Wilde, 1873, jusqu'en 1865, l'ensemble des recherches n'avait porté que sur des machines à aimants permanents. Avec les années 1865-1867 s'ouvrit l'ère de la machine commerciale, grâce à l'invention de Wilde qui remplace l'aimant permanent par un électro-aimant excité par une petite machine magnéto-électrique séparée. Cette machine de 1873 a été largement utilisée, à l'époque, pour la précipitation de métaux de leurs solutions, le raffinage électrolytique du cuivre et la production des premiers projecteurs des navires de guerre anglais.



régie gaz électricité de la ville de Grenoble

n° 82

Grosse ampoule fixée au sommet de la tour Perret durant l'exposition houille blanche de 1925.

n° 83

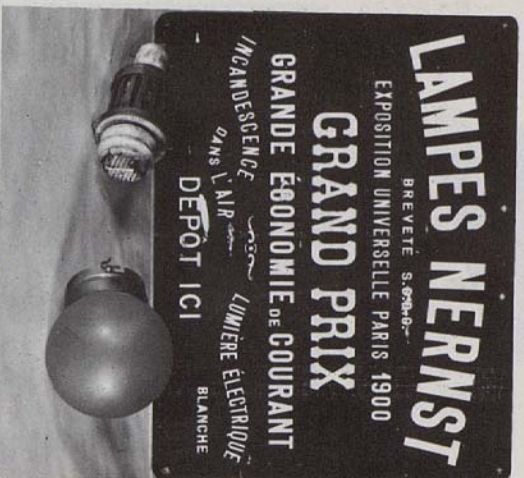
Carnets avec plans des réseaux électriques utilisés par les ingénieurs de la Régie vers 1910.

n° 84

Compteur d'abonné de la Régie, 1910.

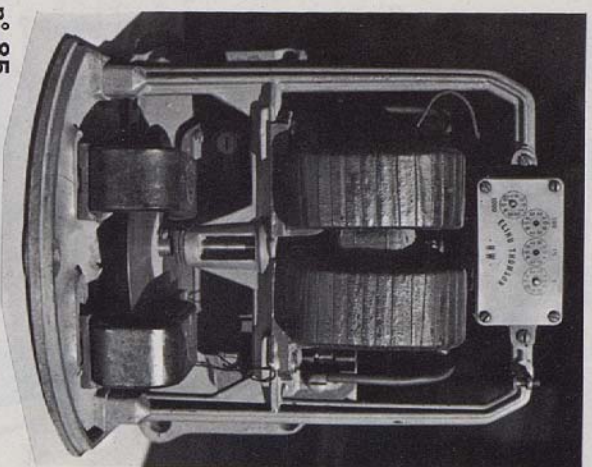
n° 79

Ampoule Nernst, 1900.



n° 80

Ancien wattmètre Siemens, instrument servant à la mesure de la puissance mise en jeu dans une portion de circuit.



n° 85

Maquette d'un ancien poste de transformation du réseau aérien de Grenoble.

n° 86

Panneau géographique du réseau 5 kilovolts de Grenoble avec les 8 sous-stations d'alimentation et les postes de transformation de quartier

n° 87

Panneau photo en couleur montrant l'intérieur de la sous-station Mistral.

n° 88

Schéma lumineux animé du système de télécommande de la Régie expliquant la commande de l'éclairage public, le relevé automatique des compteurs d'abonnés ainsi que l'arrêt à distance de certains appareils ménagers aux heures de consommation maximum.

n° 89

Tableau graphique des journées de consommation maximum avec heures de pointe depuis 1954
1954, 18 heures : 25 000 kW utilisés
1969, 18 heures : 72 000 kW utilisés

n° 90

Tableau graphique des puissances maximum annuelles depuis 1960
1960, 130 millions de kWh distribués
1968, 260 millions de kWh distribués

télémechanique

n° 91

4 pupitres retraçant l'évolution des contacteurs depuis 1924, date de la première fabrication de contacteurs en Europe

1924 : 64 A 1948 : 16 A

1951 : 125 A 1970 : 125 A

n° 92

Siège de commande de mouvement de grue portuaire avec indicateurs de vitesses, couple et couple résistant.

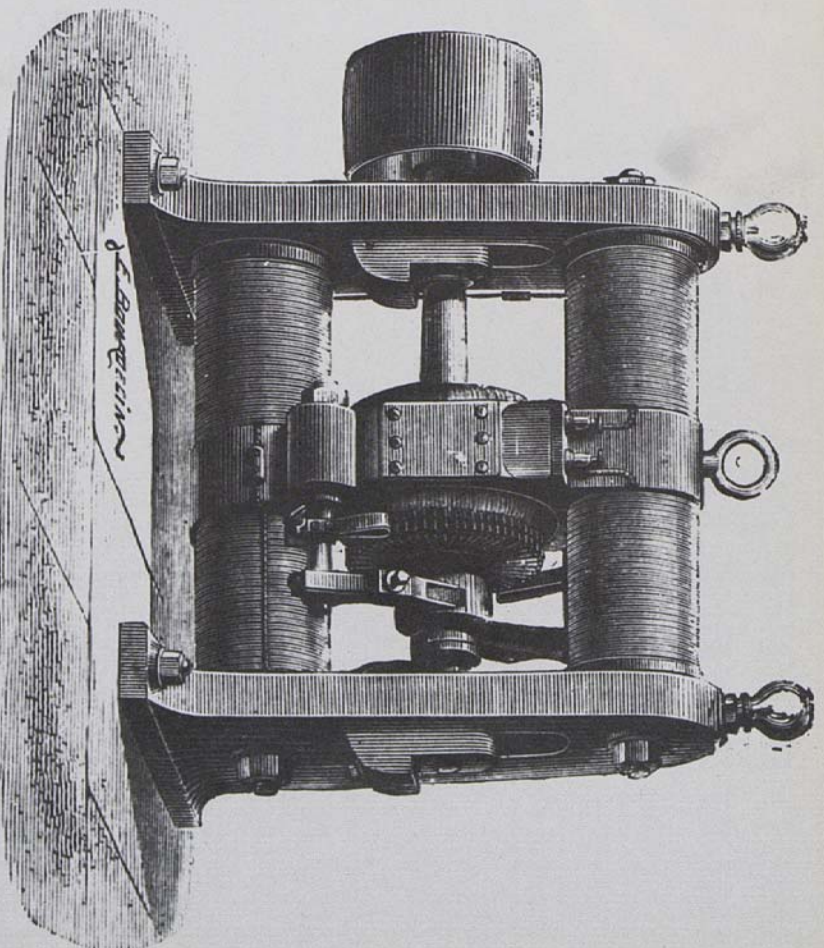
Nicolas Schöffler

n° 93

Chronos 5, sculpture cinématique.

sciences et jeux mon petit Jean Grenoble

Jouets électriques,
maquette d'un réseau ferré électrique.



Les pionniers de la houille blanche

De tous temps l'homme a utilisé l'eau, non seulement pour sa consommation propre, mais aussi pour irriguer.

L'irrigation était pratiquée plus de 4000 ans avant J.-C. en Egypte. Un barrage en pierres barrait le Nil à Memphis. Pour irriguer au-dessus du niveau du fleuve des esclaves faisaient une chaîne humaine remplacée plus tard par une noria actionnée par des animaux. Puis le courant même du fleuve fut utilisé pour actionner la noria munie de palettes, la roue hydraulique était inventée.

Un contrat de mariage d'un prince Hittite (Asie Mineure) vers l'an 1400 avant J.-C. l'authentifie " si ces vœux ne sont pas tenus, que l'eau coule à l'envers dans les roues hydrauliques "

Pendant plusieurs millénaires l'homme n'a disposé que de quatre forces motrices : la force humaine, la force animale, le moulin à eau, le moulin à vent. Au XVIIIe siècle, la machine à vapeur fut une révolution. Les Romains perfectionnèrent le système de la roue à eau, utilisant des réservoirs avec des canaux pour amener l'eau, produisant des chutes de plusieurs mètres sur des séries de roues qui multipliaient la force.

Les roues se répandirent en Europe. Le testament d'Abbon (736) conservé à la cathédrale de Grenoble mentionne que son forgeron Majorien a ses artifices mus par les eaux de la Bourne.

C'est l'emploi généralisé de la force hydraulique des moulins qui fit de la France la principale puissance industrielle des XVIe et XVIIe siècles, notamment

pour la production de la fonte et du fer. Vauban recensait 85 000 moulins à eaux d'une puissance effective de 500 000 à 600 000 ch, soit la puissance d'une grande centrale. Au XVIIIe siècle, des physiciens, des mathématiciens dressèrent les plans de roues de plus en plus perfectionnées.

Bernoulli, Smeaton, Euler, Burdin et son élève Fourneyron mirent au point les premières turbines (50 ch) 1827-1833 et utilisèrent la force de chutes de plus en plus grandes, d'une centaine de mètres.

Aristide Bergès allait pouvoir exploiter la houille blanche.

d'après l'utilisation de la force de l'eau à travers les âges

M. Delattre - Directeur Général
de la Compagnie Nationale du Rhône
(1957, Académie de Lyon)

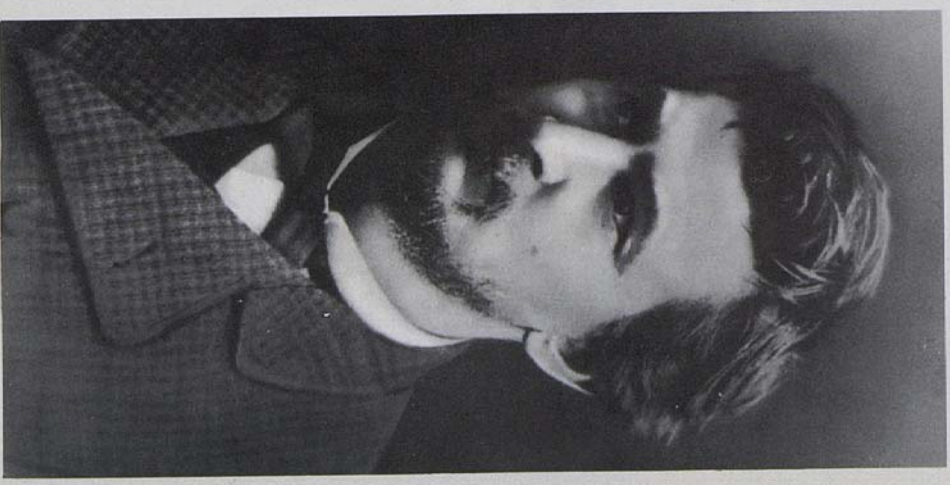


Conduite forcée de la station du Bas Laval
installée par Aristide Berges
cliche Guy Chalon

Aristide Bergès

et la production
de l'électricité

4 septembre 1833	Naissance d'Aristide Bergès à Lorp (Ariège) : son père est fabricant de papier
1849-1852	Etudes à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures
1868	Après avoir mis au point un défibreur de pâte à papier, une pilonneuse mécanique à asphalte, il s'installe à Lancey
1869	Première chute de 200 m pour alimenter l'usine
1881-1882	Equipement de deux chutes de 500 m
1885	Construction d'un barrage sur le lac Crozet (1968 m) pour disposer d'un réservoir annuel
1889	Stand de Bergès à l'exposition universelle Prospectus sur la "houille blanche"
1891-1896	Travaux d'aménagement du lac Crozet
1898	Création de la société d'éclairage électrique du Grésivaudan et de la compagnie du tramway de Chapareillan.
1902	Congrès de la houille blanche (Grenoble - Annecy - Chamoniix)
28 février 1904	Décès





pour instruire le peuple il faut des livres bon marché

Depuis les temps les plus reculés, l'homme a éprouvé le besoin d'écrire, de communiquer sa pensée, de fixer son souvenir. La pensée est gravée dans la brique en Assyrie, peinte sur le papyrus en Egypte, gravée dans la cire sous Charlemagne, écrite sur parchemin au Moyen Age, et sur le papier au Xe siècle. Le papier a vu la découverte de l'imprimerie et tous les procédés, depuis, ont tendu à obtenir du papier bon marché afin de permettre la diffusion du livre et du journal.

Bergès souhaite que le livre soit à la portée du plus humble travailleur ; pour cela il faut abaisser le prix du papier en le fournissant en quantité suffisante.

La Houille Blanche doit réaliser le rêve de Bergès, dont le désir est de créer de vastes bibliothèques " à un franc le kilo " ! Ici apparaît, non l'industriel désireux d'écouler ses produits, mais le philanthrope dont le but suprême est d'adoucir la peine des hommes.

En parcourant les montagnes, les touristes qui y découvrent des richesses diverses — bois, forêts, pâturages, carrières, minerais — ne se doutent peut-être pas que la plus importante de ces richesses est celle des " forces motrices " contenues dans les neiges et les glaciers. Ces glaciers, grâce à leur exploitation intensive au moyen de hautes chutes de 100 mètres et 2 000 mètres de hauteur, connues seulement depuis 20 ans, produisent de telles énergies de travail calorifique, lumineux, chimique et moteur, qu'on comprend facilement le nom de Houille Blanche qui leur a été donné.

Artiste Bergès
Exposition Internationale Alpine
de Grenoble 1892

l'énergie naturelle doit permettre de diffuser le livre à 1 franc le kilo

Bergès va s'attaquer au problème des chutes. L'eau arrivant avec une pression de 50 kg par cm² comme à Lancey, par un petit orifice, donne à la roue un mouvement de tourbillon, d'où vient le nom : turbine.

Une première chute de 200 m commencée le 21 janvier 1869, permet la mise en route le 27 septembre de la même année d'une turbine Bergès tournant sous une pression de 20 kg et actionnant deux défibrateurs. L'eau captée au mas Vanier est conduite par un canal latéral de 500 m à la chambre d'eau qui alimente la chute longue de 450 m formée par une conduite en tôle de fer de 40 cm de diamètre. En 1882, une deuxième chute (chute du mas Julien 452 m) est installée ; elle conduit l'eau dans des tuyaux de 0,40 m à 0,55 m de diamètre, sur une longueur de 2850 m.

Ces travaux mémorables sont le point de départ de l'utilisation des eaux de nos montagnes qui vont donner la houille blanche.

5 millions de chevaux sauvages sont à domestiquer

L'exposition universelle de Paris bat son plein. Dans une salle, on peut voir, au-dessus d'un plan en relief de la vallée du Grésivaudan, une énorme turbine portant en évidence le vocable " Houille blanche " et le nombre " 5 millions de chevaux pour les Alpes seules ". Ainsi les Alpes, d'après les estimations de Bergès, sont

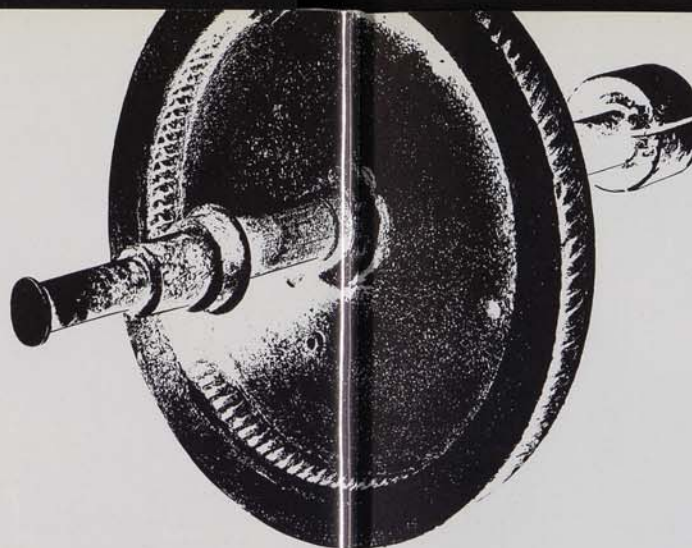
La famille Bergès en 1896
(à gauche Aristide Bergès)

une source prodigieuse d'énergie. Le grand ingénieur n'a pas exposé à Paris dans un but commercial. En effet, on ne trouve pas de réclame pour sa papeterie, pas d'annonce tapageuse, pas de références ni de publicité. Tout dans son geste est désintéressé. Bergès, comme Pasteur, reste pur, car il a le mépris de l'argent et ses prestigieuses inventions, il les livre à tous les chercheurs, à tous les hommes. Bergès est un bienfaiteur de l'humanité. Malgré ses travaux harassants, Bergès conserve une humeur égale et, à l'occasion il aime plaisanter et rire. Combien il a dû s'amuser, en effet, de la lettre d'un commerçant lui demandant un échantillon de Houille blanche ! Une autre fois, c'est un éleveur de la République Argentine qui, ayant entendu parler des chevaux de Bergès (lisez : chevaux-vapeur que produit la houille blanche), demanda à ce dernier des renseignements sur ces fameux chevaux, désirant en connaître la race et le prix. Bergès répondit à l'Argentin que ses chevaux étaient encore à l'état sauvage. Cela prouvait, du moins, que le nom et l'œuvre de Bergès avaient déjà fait le tour du monde.

un sou par lampe et par jour

Dans son désir d'arracher à la montagne sans cesse plus d'énergie et de force, Bergès voit plus loin que ses papeteries installées dans la gorge de Lancey. La turbine, l'alternateur, le transformateur, la ligne qui transporte le courant, constituent la grande chaîne qui, du torrent, donne la lumière au hameau le plus reculé. Ainsi le supplément de force non utilisé par l'usine éclairera la vallée du Grésivaudan. A 15 km de Grenoble, une usine de 15 000 chevaux alimentera 150 000 lampes de 16 bougies et vendra la lumière " un sou par lampe et par jour ". En 1898, Bergès crée la société d'éclairage du Grésivaudan. Et la riante vallée va pouvoir profiter des bienfaits de la Fée " Electricité ".

Extrait de " Aristide Bergès et la houille blanche " BT n° 8 édition de l'école moderne, Cannes



C'est autour de la lampe électrique que le soir, commencent le repos et la vie de famille. Avec cette lampe, la lumière est suffisante et agréable. Elle est égale d'intensité pour tous, pour le riche comme pour le pauvre et ce n'est pas une mince satisfaction que cette égalité devant la lumière, qui perpétue sans discontinuité les dons du soleil qui sont aussi égaux

Société d'Eclairage Electrique du Grésivaudan
1898

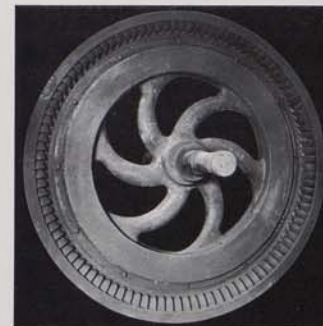
Je suis un ingénieur hydraulicien spécialiste des chutes élevées, qui a beaucoup pensé à l'utilisation des eaux de montagnes et a appliqué avec succès ses idées. Beaucoup d'entre elles sont devenues d'application courante, la pratique les a sanctionnées et si toutefois j'ai trouvé quelques objections à mes projets, il n'en serait pas de même aujourd'hui. Mes études se sont surtout portées sur les deux petits ruisseaux de Lancey et de Saint-Mury qui récoltent la plus grande partie des eaux tombées sur les pics de Belledonne, ils actionnent ma papeterie de Lancey établie depuis trente ans et j'ai leur entière connaissance.

adoucir la peine des hommes telle fut la volonté généreuse du savant et du citoyen

Turbine volante avec aubages rapportés permettant leur remplacement après usure. Cette turbine était actionnée sous la chute de 500 mètres à Lancey (Isère). (exposée au musée Bergès)

Turbine développant jusqu'à 250 HP (exposée au musée Bergès)

La plus ancienne des turbines Bergès conservée ayant fonctionné sous la chute de 200 mètres à Lancey en 1869. Puissance 100 HP. (exposée au conservatoire des arts et métiers, Paris)



En dehors de cela, j'ai toujours pensé à fournir aux laborieuses populations de Grenoble et de ses environs, de la lumière et de la force à bon marché, j'en ai assez parlé, je l'ai assez proclamé pour que personne ne voit là une nouveauté. J'ai eu la profonde satisfaction tout récemment de réaliser, dans la création de la Société de l'Eclairage du Grésivaudan, une partie de mon idée et mon plus cher désir serait de voir Grenoble également favorisé.

Propositions faites le 30 décembre 1899 à la Ville de Grenoble pour la fourniture de Force, Lumière et Chaleur

Plus tard, ce sont les membres de la famille, réunis autour d'une vive clarté : l'enfant achève ses devoirs d'école, les femmes travaillent à la couture sans fatigue pour leurs yeux ; une lecture survient et est écoutée par tous ; les jeunes gens sont excités à un travail rémunérateur recherché spécialement ; et si le père de famille, pris de fatigue, veut se coucher le premier, il laisse les siens continuer leur besogne ou leur plaisir sans avoir à dire : " éteignez la lampe, il faut économiser le pétrole ". Et pendant la nuit, quelle mère de famille serait insensible à une veilleuse colorée par un voile dont on recouvre la lampe, et facilitant tous les soins à donner aux petits enfants et leur évitant les mauvais rêves ? Et quel vieillard ne trouvera pas une satisfaction salutaire à ne plus subir dans les ténèbres ses fatigantes insomnies ?

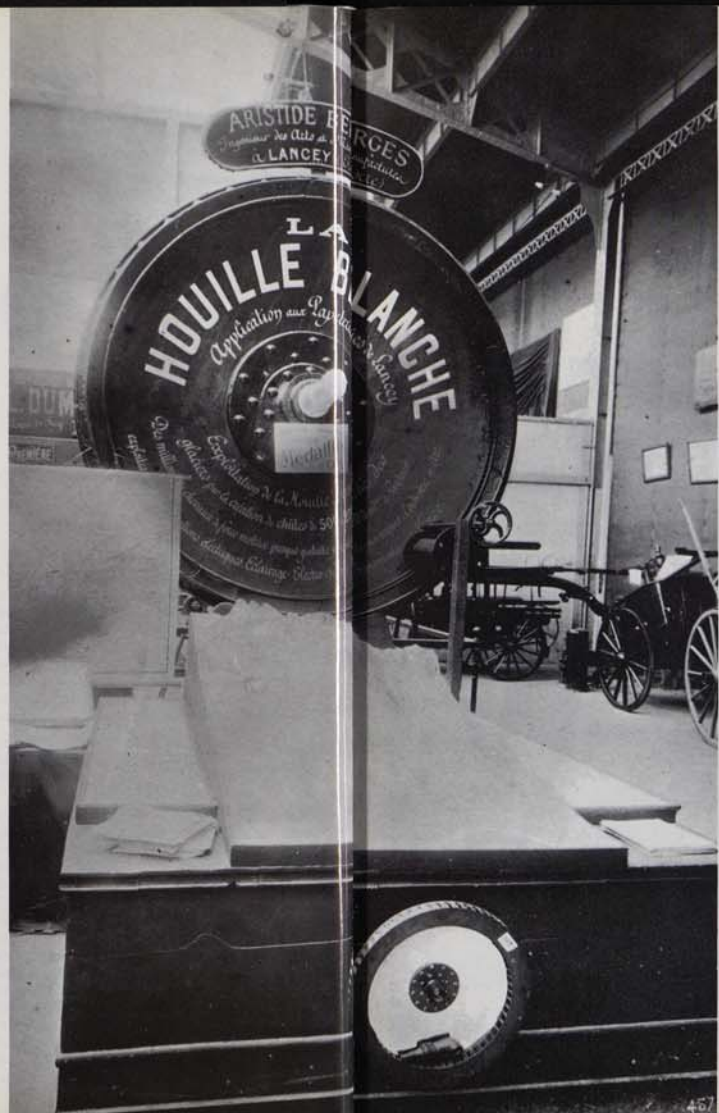
Lettre aux Maires
novembre 1892

Il ne faut pas faire appel seulement à l'ingénieur ou à l'architecte, ils ne peuvent être que les tailleurs, les vêtisseurs de l'idée ; il faut interroger le philosophe, le politique, le socialiste, et surtout le peuple qui porte seul dans ses flancs le sentiment de la pérennité du progrès. Il faudrait évoquer l'âme municipale de la Cité et lui demander ce qu'elle a souffert et ce à quoi elle aspire.

Ville de Grenoble
Commission des Travaux
Amendement de M. Bergès sur l'utilisation des 21 hectares provenant des casernes de Bonne et des terrains militaires
12 mai 1882

dans tout cela
 de Houille blanche (il n'y en a pas
 ce n'est qu'une métaphore) mais
 j'ai voulu employer ce mot pour
 frapper l'imagination populaire et
 lui donner l'idée que les
 glaciers des montagnes qui ont
 été exploités (par exemple au
 Col de la Vanoie) et qui
 sont leur région et pour les
 riches aussi précieuses que
 la Houille des profondeurs —
 l'application de la Houille
 blanche du haut des
 cascades dans les turbines
 fait de la Houille — comme la
 Houille en brûlant dans les fours
 fait de la chaleur et de la force
 et avec quelle différence en faveur de la
 Houille blanche. —

A. Segou



Exposition universelle de 1889.

LA HOUILLE BLANCHE

L'expose dans l'emplacement de la classe 63, allée transversale où est l'ascenseur Edoux (côté ouest), un plan en relief de la vallée de Lancey (Isère) et une turbine de 2 mètres de diamètre, sur le plateau de laquelle il est écrit :

Exploitation de la HOUILLE BLANCHE des glaciers par la création de chutes de 500 à 2,000 mètres de hauteur.

Des millions de chevaux de force motrice presque gratuite peuvent être ainsi acquis à l'industrie et être exploités par les applications électriques.

Éclairage. — Électro-métallurgie. — Aluminium. — Transmission de forces.

Et au-dessous, au-dessus du plan en relief :

Applications à la papeterie de Lancey (Isère) :

- 1^o Une chute de 200 mètres de hauteur est exploitée depuis 1867 ; c'était la plus haute à cette époque ;
- 2^o Une chute de 500 mètres de hauteur est exploitée depuis 1883 ; c'est la plus haute chute du monde à ce jour ;
- 3^o Une chute de 1,718 mètres est en construction en 1889.

De la Houille blanche, dans tout cela il n'y en a pas : ce n'est évidemment qu'une métaphore. Mais j'ai voulu employer ce mot pour frapper l'imagination et signaler avec vivacité que les glaciers des montagnes peuvent, étant exploités en forces motrices, être pour leur région et pour l'État des richesses aussi précieuses que la Houille des profondeurs.

L'utilisation du ruisseau de Lancey que j'ai commencée il y a vingt ans, et que je poursuis sur une hauteur de 2,000 mètres, en est une preuve expérimentale.

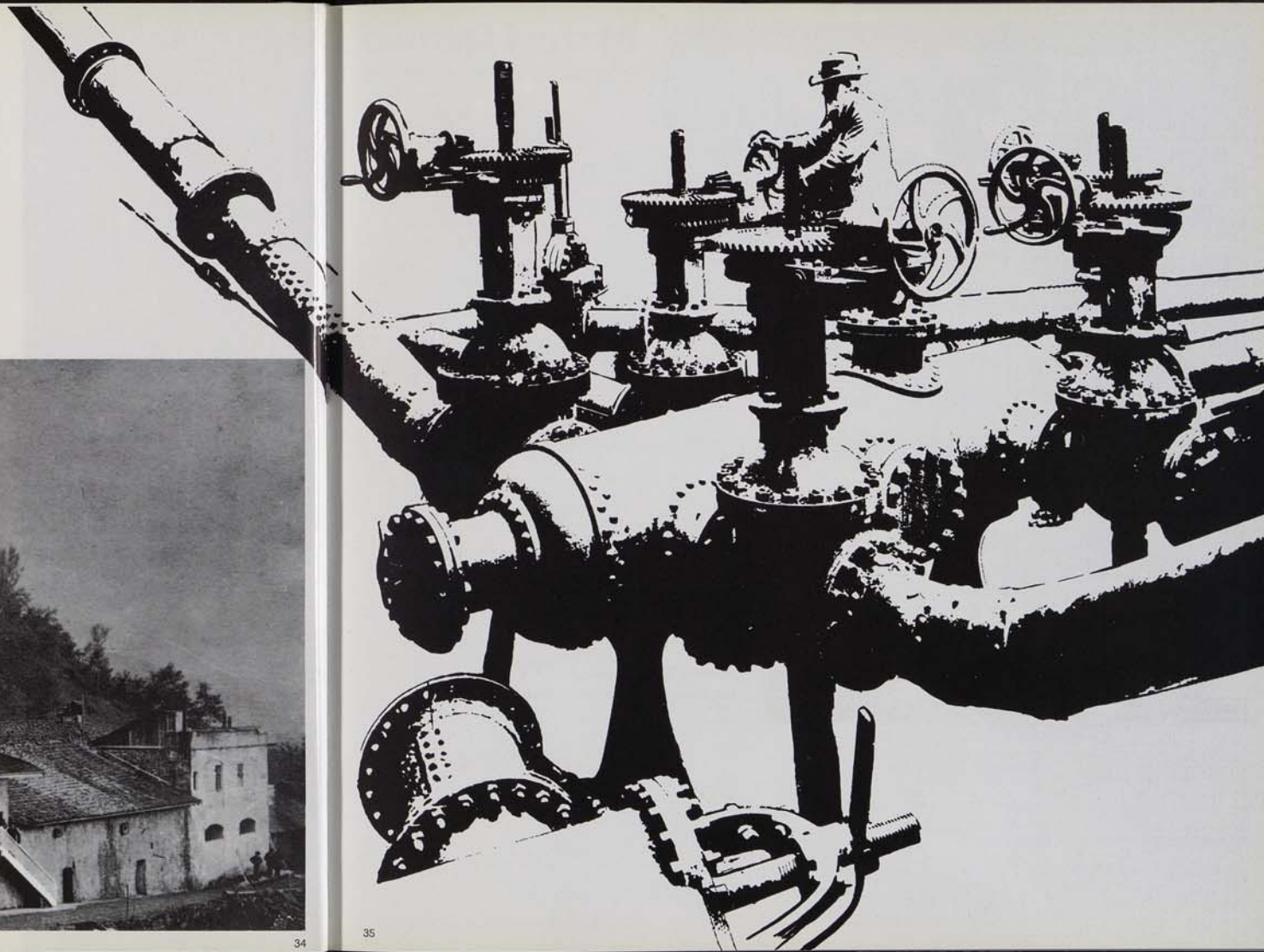
C'était, au début de 1869, un ruisseau insignifiant, débitant au plus bas une centaine de litres par seconde et faisant à grand-peine mouvoir quelques moulins et battoirs de chanvre de 3 ou 4 chevaux.

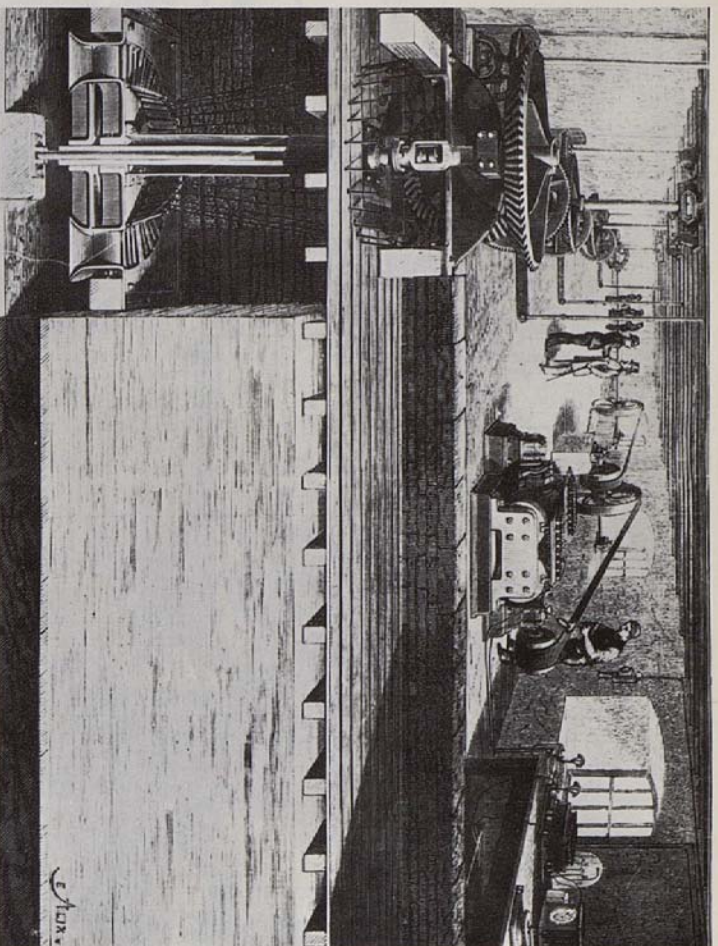
Aujourd'hui, il actionne une papeterie utilisant 2,000 chevaux, et il peut donner à Grenoble un éclairage électrique de 150,000 lampes, provenant de 15,000 chevaux. Or, il y a dans les Alpes et les Pyrénées et dans d'autres lieux de France, des milliers de ruisseaux pareils tout aussi facilement exploitables et pouvant représenter des millions de chevaux. Et ce sont ces richesses inconnues que je voudrais signaler à l'opinion publique. --

La conquête de ces hautes chutes est généralement facile ; — leur coût très réduit, par rapport à celui des chutes basses ; — leur entretien presque nul ; — leurs moteurs

Râperie de bois de Lancey en 1871 avec la conduite forcée de 200 mètres, la première du type

Collecteur 1900





Marcel Deprez et le transport de l'électricité

La réceptrice étant à Grenoble, la génératrice avait été installée dans l'usine Damaye et Cie, près de la gare de Vizille, où elle était actionnée par une turbine. Les deux machines étaient à une distance de 14 kilomètres et elles étaient réunies par deux fils de bronze siliceux de deux millimètres de diamètre. La résistance de cette ligne était de 167 ohms.

La turbine actionnait au moyen d'engrenages un arbre de couche ; celui-ci transmettait le mouvement à la génératrice par l'intermédiaire d'un renvoi qui avait dû être placé pour obtenir une vitesse convenable. C'est sur l'arbre de couche que fut installé le frein monté sur une poulie d'environ 0,60 m de diamètre. Ce frein avait été équilibré à vide et son bras de levier avait une longueur de 2,50 m.

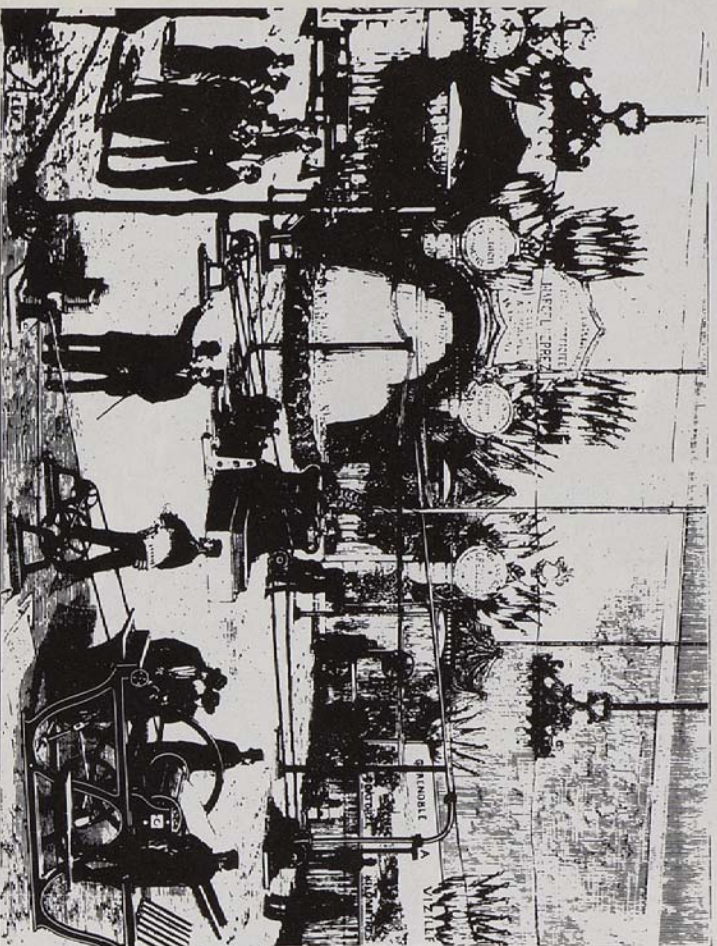
Enfin sa température était maintenue sensiblement constante par l'écoulement continu d'une émulsion d'eau de savon et d'huile d'olive.

On s'assura d'ailleurs de la sensibilité de l'appareil, en constatant que le frein étant chargé de 54 kilos, l'addition d'un poids de 50 grammes suffirait pour détruire l'équilibre.

Le travail maximum de la turbine, fonctionnant dans les meilleures conditions de vitesse, mesuré à l'aide de cet appareil fut trouvé égal à 27 chevaux.

Rapport sur le transport de la force par l'électricité
présenté à

M. le Maire de la Ville de Grenoble
expériences faites à Grenoble
par M. Marcel Deprez
en août-septembre 1883



L'installation intérieure de la centrale de Vizille
qui fournit le courant à Grenoble...

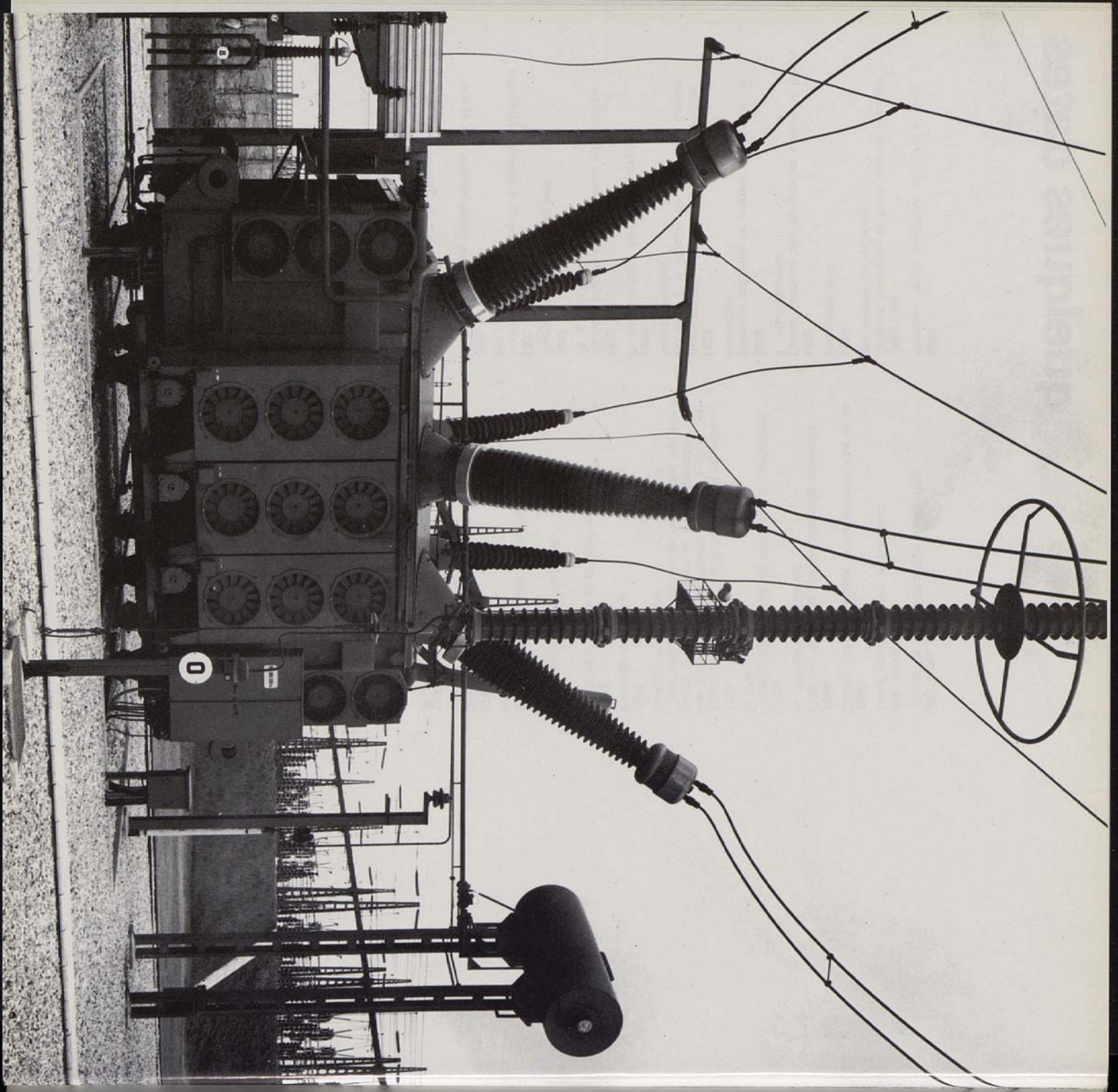
... alimentant la presse sur laquelle Marcel Deprez
tira en public son Journal "l'énergie électrique",
à la halle centrale



Tableau de la station du Haut Laval
cliche Guy Chalon

quelques dates

- 600 avant J.-C.
Thalès de Milet (attraction de l'ambre)
- 300 après J.-C.
Les Chinois utilisent la boussole
- 1600
Gilbert (anglais) étudie le magnétisme des corps
- 1660
Otto von Guericke, de Magdebourg, construit la première génératrice
- 1729
Stephen Gray (anglais) découvre la conduction, le flux
- 1733
Plusieurs Français dont l'abbé Nollet découvrent les deux types d'électricité, vitreuse (+) et résineuse (-) et formulent la loi fondamentale : "les charges semblables se repoussent, les charges contraires s'attirent"
- 1745
Bouteille de Leyde
- 1752
B. Franklin utilise le paratonnerre
- 1775
Volta invente l'électrophore
- 1785
Coulomb énonce des lois mathématiques en magnétisme
- 1786
Galvani produit de l'électricité en rapprochant des métaux différents
- 1796
Première pile à courant continu de Volta
- 1812
Premier télégraphe électrique
- 1820
Ampère et Oersted analysent les rapports entre le courant électrique et le magnétisme
- Arago et Davy observent les effets magnétiques de l'électricité
- 1821
Faraday met au point le premier moteur magnéto-électrique de laboratoire
- 1827
Ohm formule des lois
- 1832
Faraday découvre le principe de l'induction
- Henry Pixii construit un générateur de courant alternatif
- 1833
Faraday découvre les lois de la décomposition électro-chimique
- 1837
Télégraphie Morse
- 1839
Moteur électrique Davison
- 1845
Première lampe électrique de Starr et King
- 1859-1860
Crookes démontre la force vive et l'énergie des rayons cathodiques
- 1876
Téléphone Bell
- 1879
Edison fabrique une dynamo et invente la lampe à incandescence
- 1879
Siemens présente le premier chemin de fer électrique
- 1887
Hertz détecte les ondes électromagnétiques circulant à la vitesse de la lumière (ondes radiophoniques)
- 1893
Première cuisine électrique complète
- 1895
Marconi transmet des signaux sans utiliser de fil (I.S.F.F.)
- 1897
Thomson découvre l'électron
- 1901
Première liaison sans fil à travers l'Atlantique par Marconi
- 1906
Première émission radiophonique aux U.S.A.
- 1914
Inauguration du canal de Panama dont les vannes et écluses sont actionnées par des moteurs électriques
- 1920
Première station radiophonique à horaires réguliers à Pittsburg
- 1923
Jenkins transmet des images télévisées sur 200 km
- 1925
Enregistrement électrique du son
- 1928
Première pièce télévisée aux U.S.A.
- 1941
Télévision commerciale aux U.S.A.
- 1944
Calculatrice automatique I.B.M.
- 1948
Le transistor remplace le tube sous vide
- 1956
Première centrale électrique d'origine nucléaire en Angleterre
- 1962
A 58 millions de km de la Terre, Mariner II transmet des renseignements sur Vénus



aujourd'hui

En 1969, l'ensemble de la consommation nationale d'électricité (pertes comprises) a été de 130,6 milliards de kWh. Sur ces 130,6 milliards de kWh, EDF a livré 114 milliards (105,6 milliards produits par ses propres usines, 9,2 milliards achetés à d'autres producteurs nationaux). Les producteurs français autres qu'EDF ont, de leur côté, consommé ou vendu hors EDF 16,6 milliards de kWh.

EDF assure actuellement 80 % de la production, 100 % du transport et 97 % de la distribution d'électricité.

part de l'investissement électrique dans l'investissement national (1966)

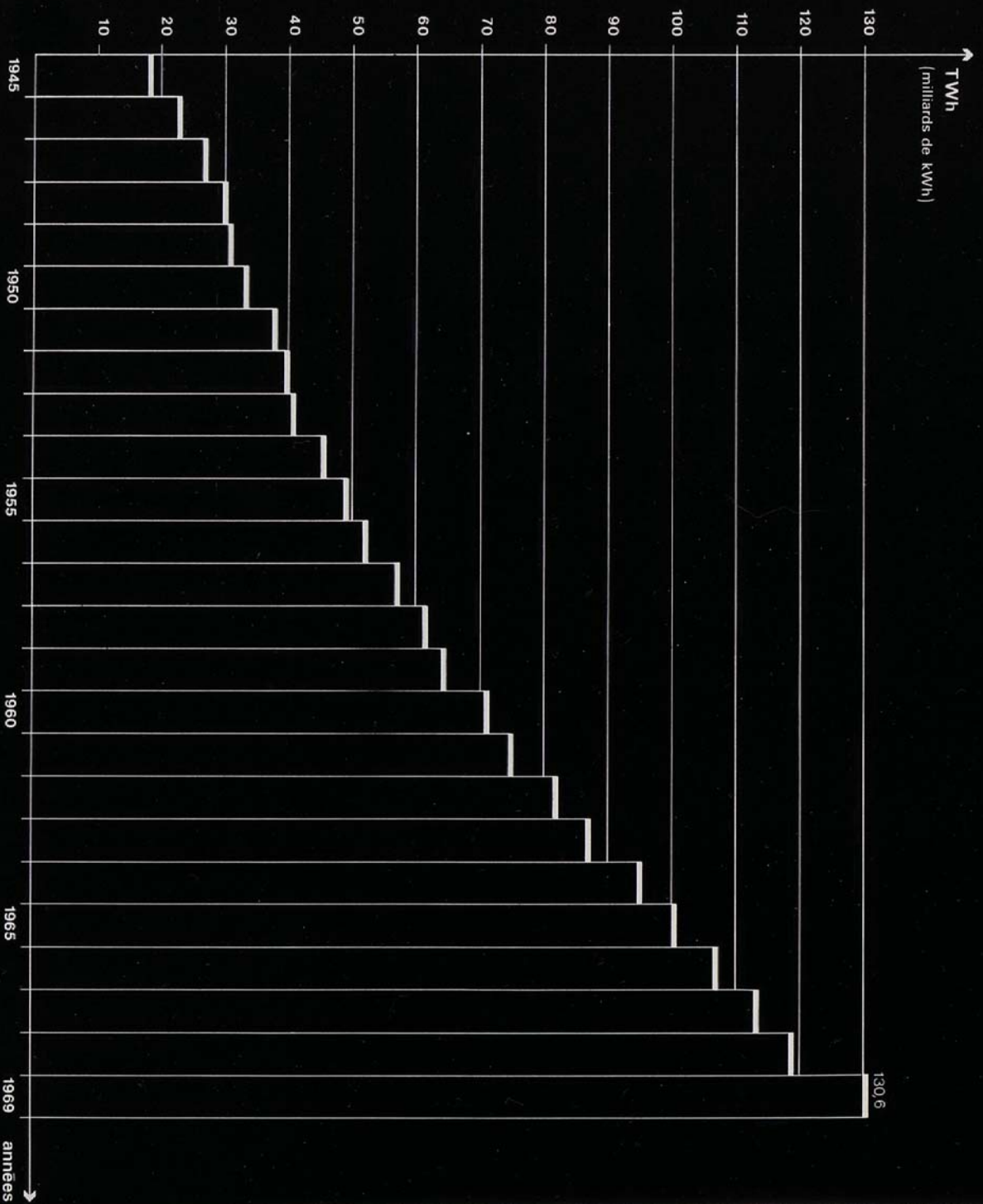
Allemagne de l'Ouest	2,8 %
France (1)	3,5 %
Japon (2), Suède, Danemark	4,0 %
Pays-Bas	4,4 %
Italie	4,7 %
Etats-Unis	5,0 %
Autriche	6,3 %
Suisse	7,0 %
Canada	7,6 %
Norvège	9,6 %
Royaume-Uni	10,8 %

(1) EDF, Compagnie Nationale du Rhône et autoproducteurs

(2) Services publics seulement

Source : O.C.D.E.

évolution de la consommation d'électricité en France depuis 1945

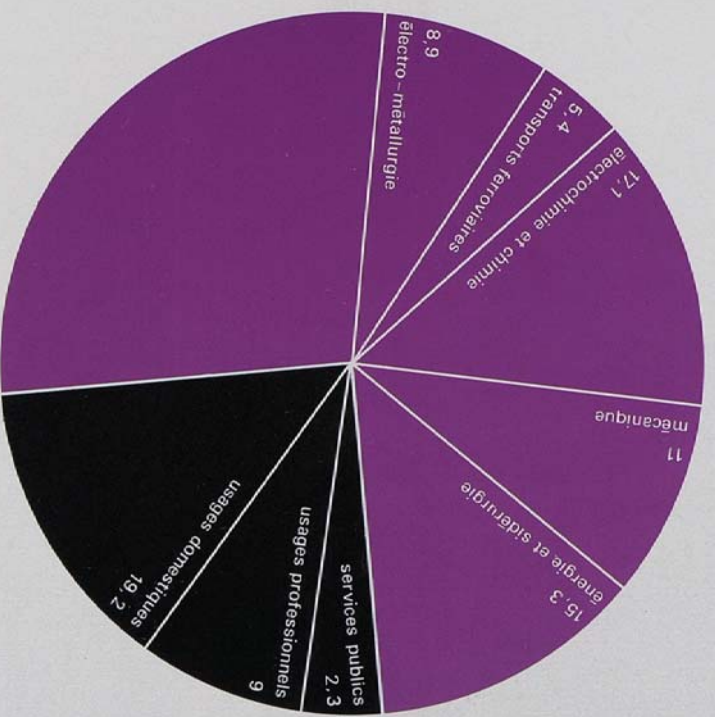




Turbine groupe bulbe (Pierre-Bante)
documentation Neyrpic

- La consommation d'électricité est un des facteurs décisifs des hauts niveaux de vie. Aucune forme d'énergie ne se prête mieux à la multiplication des "esclaves mécaniques" qui libèrent l'homme des tâches serviles. Malgré le développement de la consommation domestique, l'industrie reste le consommateur principal d'énergie. Les plus gros consommateurs sont l'électrochimie et l'électrometallurgie. Pour certains, l'électricité est la seule énergie utilisée (électrolyse de l'aluminium), pour d'autres ce n'est qu'un appoint (fabrication du carbure de calcium, obtention des aciers fins au four électrique).
- L'industrie lourde consomme également une grosse part, mais le plus souvent elle la produit elle-même (centrales thermiques).

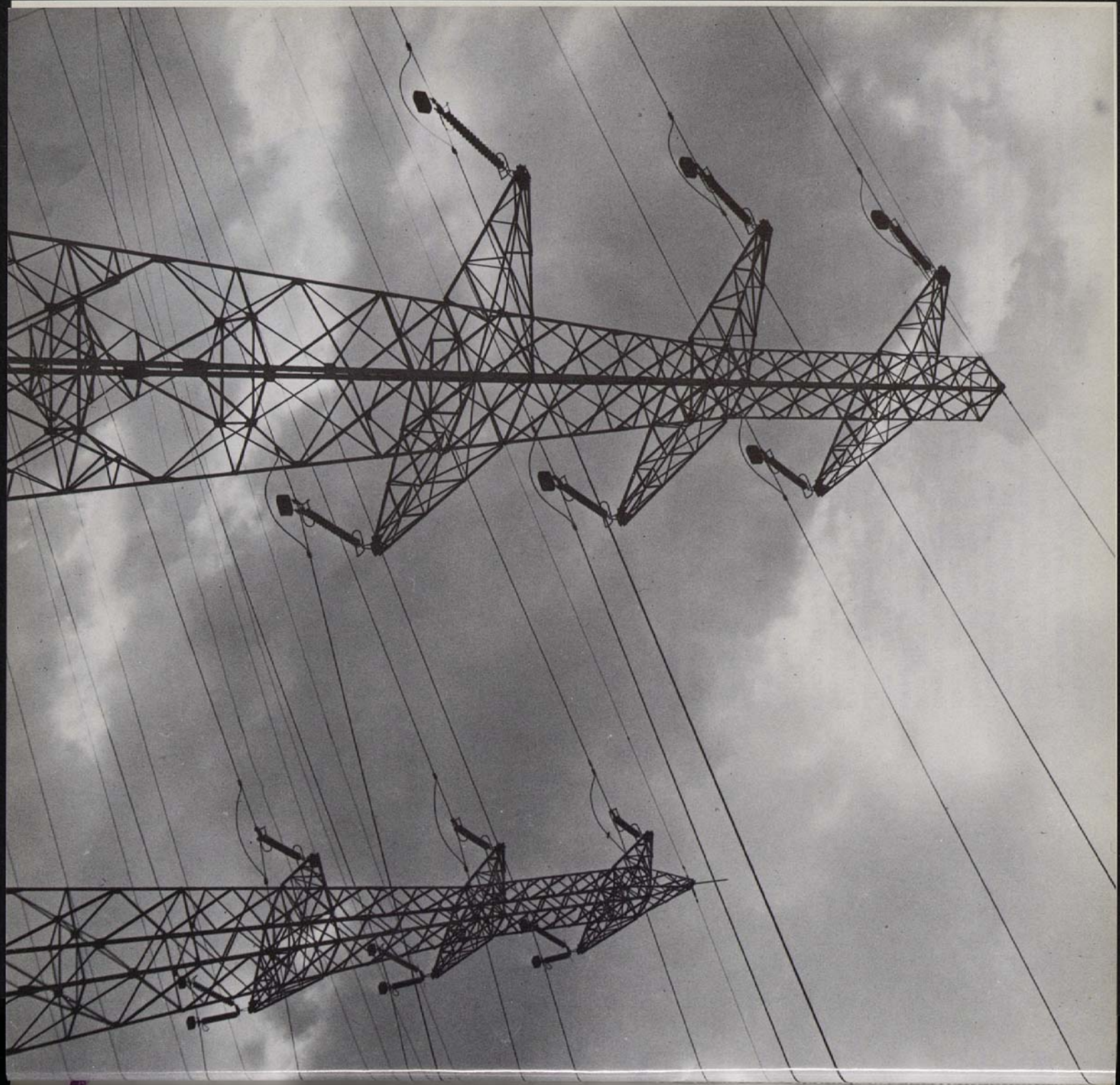
Repartition de la consommation en milliards de kWh 1969



haute tension : 90,4
basse tension : 30,5

- L'industrie de la pâte à papier absorbe une grande quantité d'énergie (défilage du bois, fabrication de la pâte).
- Les industries de transformation des métaux et de constructions mécaniques ne sont pas les plus gros consommateurs. Les nombreuses machines-outils d'atelier n'ont qu'une faible puissance, ce sont les fours, le séchage des peintures à l'infrarouge qui viennent en tête.
- L'industrie légère est encore un consommateur moins important. La consommation domestique est plus difficilement cernable, notamment dans les campagnes où elle se confond souvent avec les usages agricoles.

Source : EDF



évolution de la consommation journalière d'électricité

Au cours des 24 heures de la journée, la consommation d'énergie électrique suit l'activité du pays.

de 2 h à 5 h l'activité est réduite : seuls fonctionnent la traction électrique, l'éclairage public et les industries à feu continu ; c'est le point le plus bas de la journée.

de 5 h à 8 h 30 l'activité croît constamment, les foyers domestiques s'allument, les usines démarrent, les transports s'accroissent.

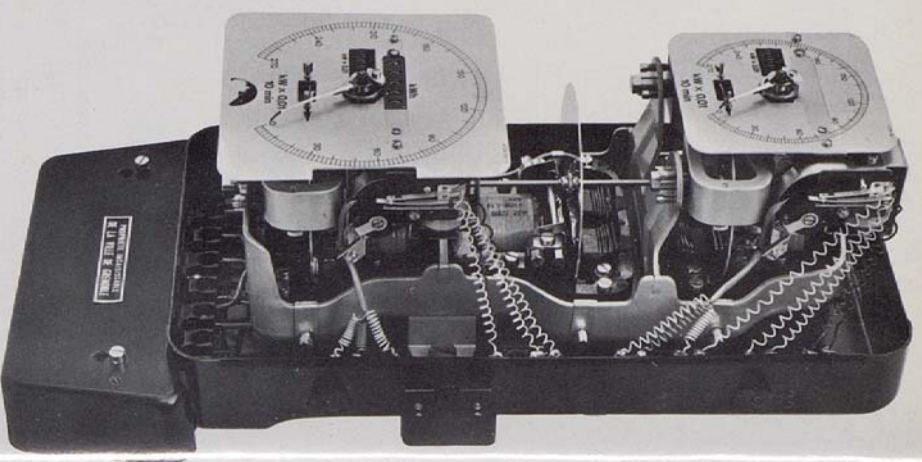
vers 9 h la consommation atteint son maximum, c'est la pointe du matin suivie vers 9 h 30 d'une baisse due au lever du jour (extinction des foyers) et au ralentissement des transports (les travailleurs sont à pied d'œuvre).

entre 12 h et 14 h le creux de midi correspond à l'arrêt du déjeuner dans les usines, les ateliers et les bureaux.

14 h - 18 h la consommation croît. Au coucher du soleil, le maximum correspond à la pointe d'éclairage et à l'accélération des transports (retour des travailleurs).

après 20 h la consommation décroît très progressivement jusqu'à 2 h du matin. Des circonstances particulières peuvent également intervenir qui déterminent les pointes. Par exemple les jours sombres, toutes les lampes s'allument à la fois, les jours froids tous les appareils de chauffage fonctionnent en même temps. En Angleterre on signale même une pointe après certaines émissions de télévision très suivies lorsque les Anglaises préparent le thé.

Les saisons introduisent des variations dans la courbe de consommation (décembre surpasse août de moitié).



Régie - compteur d'abonné

Ancien poste de transformation du réseau
souterrain (Grenoble)

régie gaz électricité de la ville de grenoble

1867
1273 abonnés à l'éclairage au gaz.

14 juillet 1882
Première démonstration publique d'éclairage électrique avec 20 lampes Edison et Siemens, alimentées par une dynamo Gramme et installées Place de la Constitution par Aristide Bergès.

1888
Un réseau d'éclairage public auquel se rattachent quelques particuliers est concédé à une entreprise privée.

1893
Les premiers compteurs d'énergie.

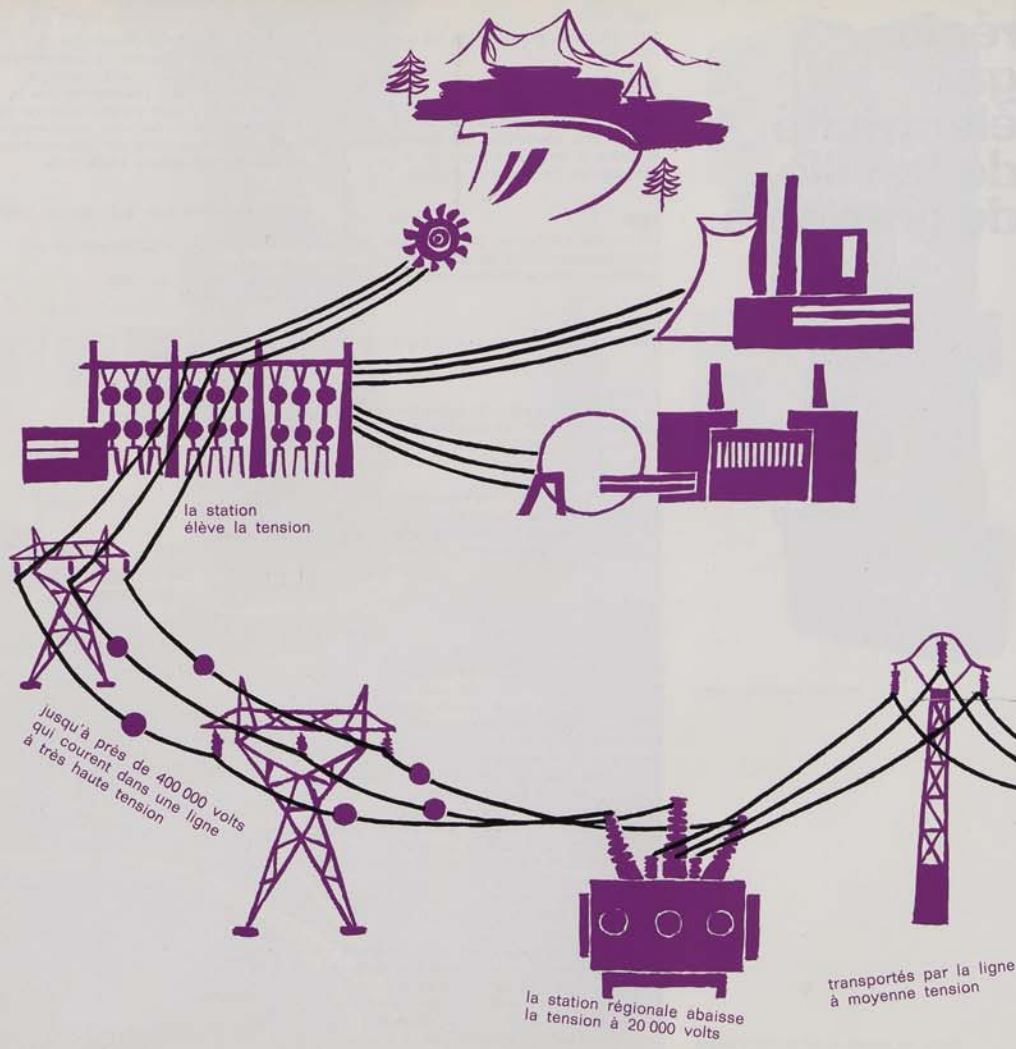
4 mars 1903
Le réseau s'agrandit. Un poste de transformation près de la Porte Maillifaud reçoit une tension de 26 000 volts abaissée à 5 000 volts pour l'alimentation du réseau Haute Tension urbain.
40 transformateurs " en kiosques " de 25 à 100 kVA sont installés en ville.
57 250 lampes particulières, 10,240 km de canalisations souterraines HT et 25,370 km en BT.

1967
134 000 abonnés.
Le cerveau électrique de la ville est constitué par la station principale de Maillifaud où sont groupés tous les organes de télécommande et de télémessure. Cinq sous-stations satellites entièrement automatisées et équipées de transformateurs 60/5 kV réglables en charge alimentent la ville par des câbles de 5 KV jusqu'aux postes publics d'îlots ou privés. L'éclairage public est alimenté par un circuit séparé mis sous tension par cellule photo-électrique et télécommandé. Le niveau d'éclairage des voies publiques varie entre 5 et 15 lux (il sera porté à 40 lux sur les Grands Boulevards et le Cours Jean-Jaurès à l'occasion des Xes Jeux Olympiques).
Un système de télécommande centralisée et un dispositif de télécommande et télémessure permettent au dispatching situé à Maillifaud de surveiller en permanence l'ensemble du réseau. Tous les ordres journaliers sont automatisés et certains ordres spéciaux sont programmés.

demain
La Régie Municipale autonome de Grenoble espère pouvoir réaliser le relevé à distance des compteurs d'énergie (électricité et gaz), l'écrêtement de la puissance de pointe par surveillance permanente de cette dernière, avec émission permettant la coupure par roulement de certaines installations électriques.

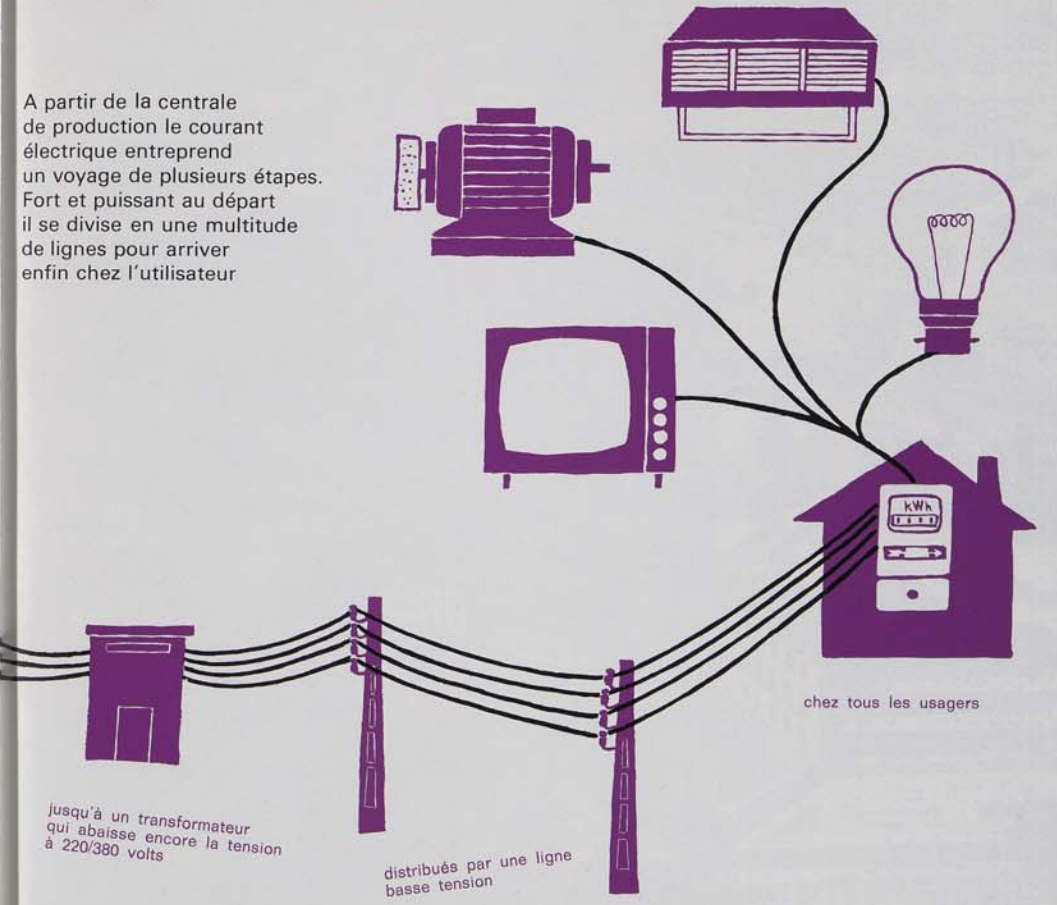
Puissance de pointe le 11 janvier 1967
62 520 kW
Energie maximum journalière ce jour
1 055 000 kWh
Energie achetée en 1966
235 456 477 kWh

En janvier 1967
19 km de canalisations 60 kV
363 km de canalisations 5 kV
226 km de Basse Tension
212 km d'éclairage public
69 km de télécommunications
6 786 foyers lumineux d'éclairage public



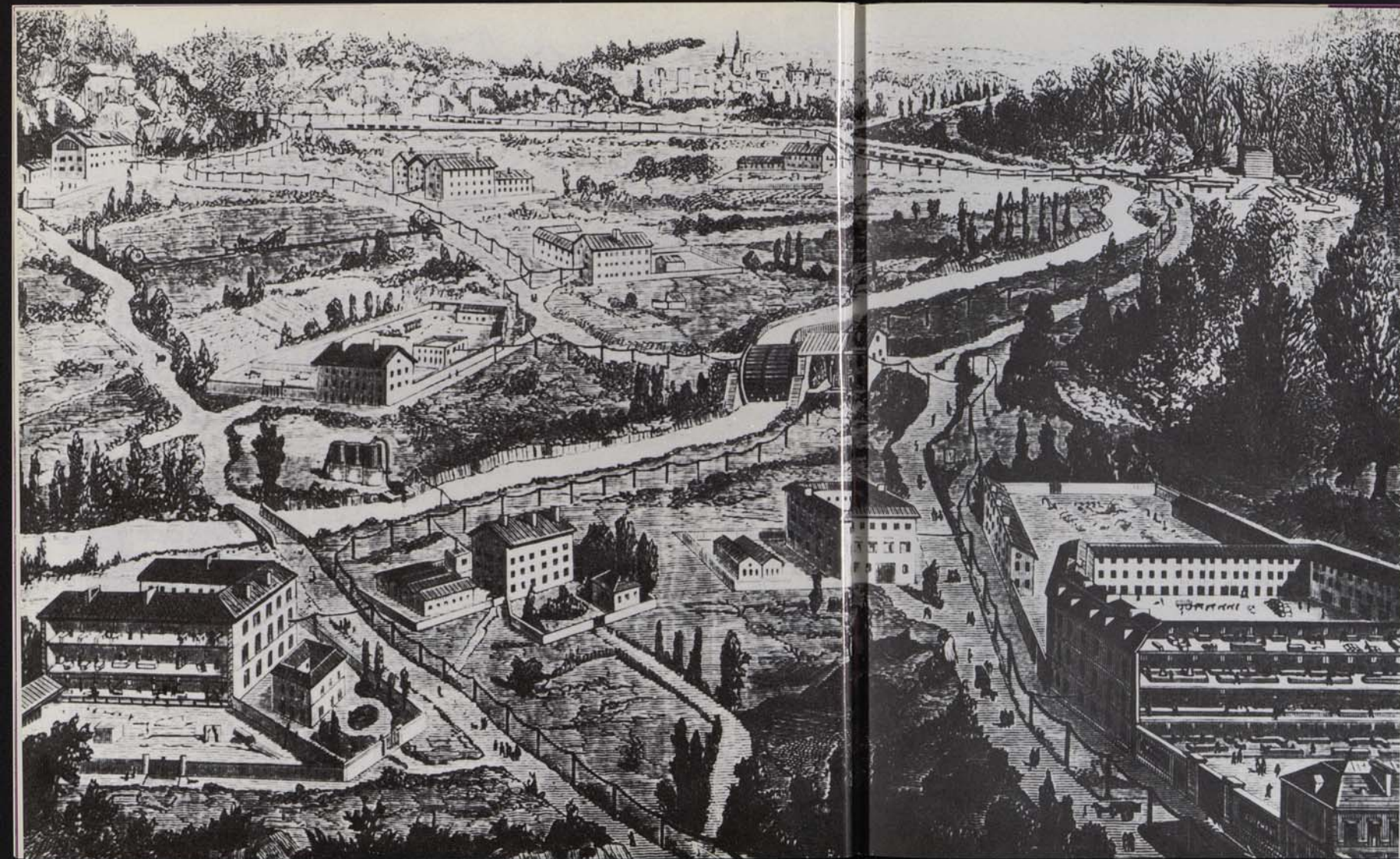
Le grand voyage

A partir de la centrale de production le courant électrique entreprend un voyage de plusieurs étapes. Fort et puissant au départ il se divise en une multitude de lignes pour arriver enfin chez l'utilisateur



**les
appareilleurs
du futur
ou 50 ans
de services
rendus**

Système de distribution de la force et de la lumière
dans les usines (système M. Deprez)



**Le courant passe : des torrents d'énergie visible ou invisible...
De l'électricité dans l'air, comme on dit !
C'est banal, mais... qu'est-ce que c'est ?**

Dans ce cuivre, des atomes... des noyaux de cuivre, enveloppés d'électrons. Mais comme dans tout métal, des électrons périphériques très indépendants et libres de sauter à tout moment d'une orbite à une autre. Des milliards de petits porteurs d'électricité qui se déplacent lentement de quelques centimètres par seconde... et le courant passe, à la vitesse de la lumière...

Sur toute la gamme des haute, moyenne ou basse tension, le répertoire de cette "électronvalse" est interminable. Parcourons-le...

Plus de 100 000 combinaisons différentes, si l'on intègre tous les paramètres de nos exigences... des plus vastes aux plus modestes.

Un isolant n'a pas d'électrons libres...

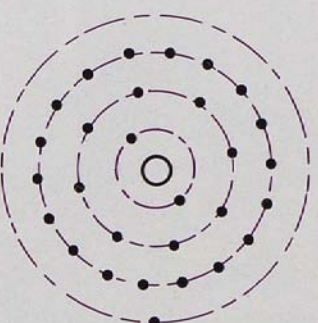
Tels isolateurs résistent à plus de 100 kg par cm²...

Il faut tenir la ligne...

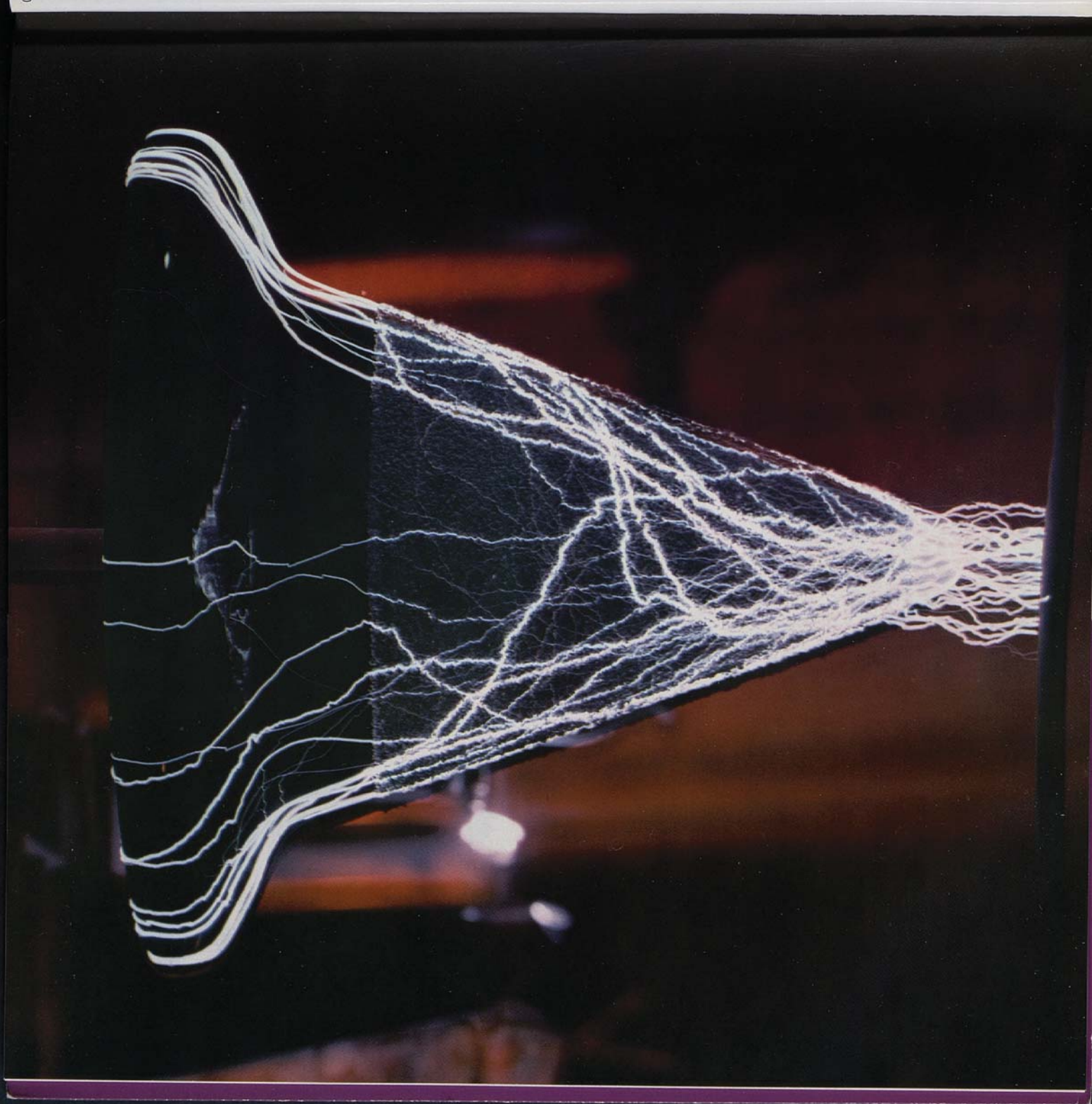
L'isolation doit être totale sur de grandes distances...

L'isolant ne doit pas se perforer...

Il faut rechercher une fiabilité toujours plus grande...



Fiabilité : sécurité de fonctionnement dans le temps.



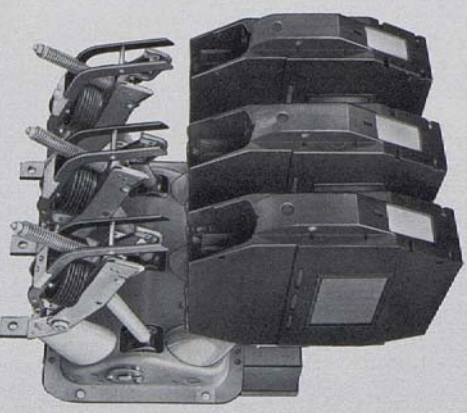
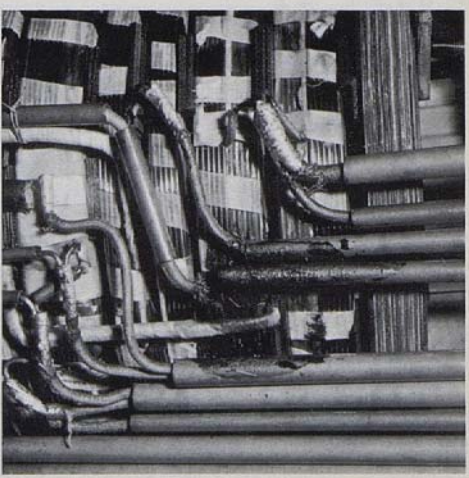
Essai de résistance au contournement
d'isolateur dans le laboratoire HT
documentation Merlin Gerin

L'idéal étant précisément illusoire, la fiabilité peut être qualifiée de science des défaillances. A la limite, ce qui marche nous intéresse moins que ce qui flanche. Le moteur du progrès, c'est le défaut. Les défaillances, nous les connaissons bien, c'est la surtension sur un réseau, par coup de foudre... le contournement d'isolateur... c'est la pelle mécanique qui cisaille un câble, la pièce mécanique qui casse, par usure... (1) c'est le rongeur friand de gâmes isolantes...

Partant des ces données réalistes, la fiabilité d'un système, c'est la probabilité pour qu'il accomplisse une fonction donnée, dans des conditions données et pendant un temps donné. Définition complexe. En effet, probabilité par rapport au temps, la durée de vie d'un système est une caractéristique aléatoire. On ne peut prédire sa valeur exacte. Tout au plus peut-on prévoir l'ampleur des fluctuations qu'elle pourra présenter. Nous traquons le probable, nous le cermons, entre lui et nous, il y a le même écart qu'entre l'idéal et le possible.

Une fonction donnée ? Exemple, un disjoncteur de distribution a pour tâche, normalement, de ne pas fonctionner... mais... à tout moment de pouvoir fonctionner. Sa fiabilité s'exprime donc par la probabilité pour qu'il remplisse sa fonction précise, à un moment donné.

Disjoncteur Solénarc haute tension
(exposition n° 57)



Fiabilité... comportement honnête !

Le rôle de sécurité : couper le courant... Cela paraît tout simple : couper ou rétablir le courant. Mais à l'échelle d'une ville ou d'une région tout entière ? Ils ont ici cinquante années d'expérience... en matière de coupure... une maîtrise presque absolue, et pourtant ils développent la recherche...

Plus de 700 000 volts coupés, en charge, au 1/1000 de seconde près...

La fiabilité, ce n'est plus seulement un constat de qualité, c'est une estimation chiffrée, un modèle mathématique que l'on se donne de la santé d'un appareil.

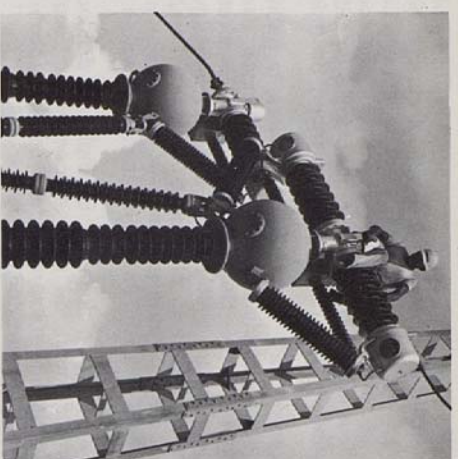
Seul un oscillogramme peut rendre compte
du comportement de l'appareillage électrique
au cours des quelques centièmes de seconde
que dure un essai de coupure



Grâce au disjoncteur-shunt, la coupure n'est même plus perceptible. Dans des régions très orageuses, à Saint-Chély-d'Apcher par exemple, on a pu enregistrer jusqu'à 100 défauts fugitifs en un seul jour, et sans encombre. Dans une vaste installation, un pilotage bien conçu protège les machines et le réseau, limite les dégâts, surveille l'isolement, assure le retour instantané aux sources de secours s'il en est besoin.

Nous possédons dans ce domaine un arsenal technique assez au point. Les défaillances d'origine fugitive sont automatiquement éliminées en quelque 3/10 de seconde, par réenclenchement rapide.

Mise en place d'un pôle de disjoncteur
7500 MVA et 220 kV



Voilà. Automatismes, sécurité : les qualités d'un appareil, quel qu'il soit, dépendent, en fin de compte, des moyens d'essais mis en œuvre et il est clair qu'en matière de fiabilité, la constance de l'esprit de recherche est indispensable à tous les stades de la fabrication, de la conception initiale à l'appareil terminé, et prêt à fonctionner...

Et ceci est vrai partout. De très petits disjoncteurs pour basses tensions, fabriqués à la chaîne, sont contrôlés, essayés, un par un. Pourtant, tous les organes qui les composent ont été eux aussi, analysés séparément (2). La fiabilité à la livraison n'est qu'une résultante : elle se révèle déjà, sous le microscope, par l'étude rigoureuse de la structure cristalline des métaux employés.



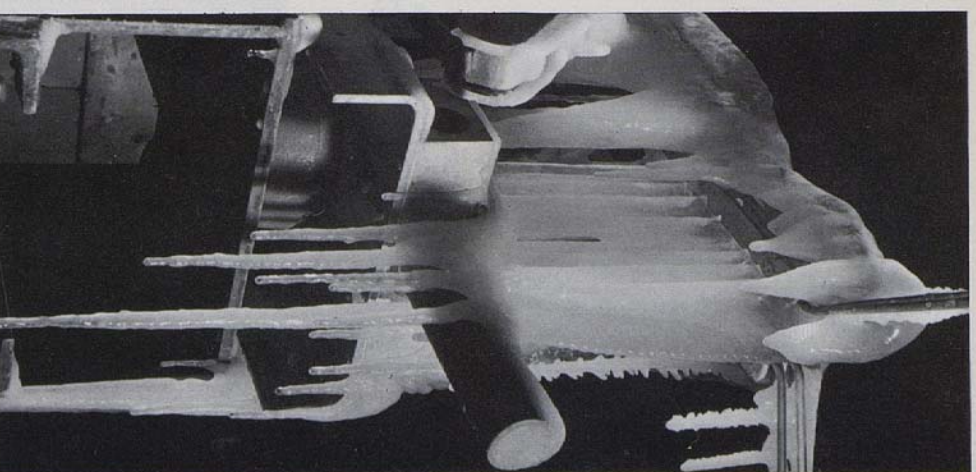
A quelles contraintes, à quelles charges le matériel est-il soumis ?
Un exemple, la température.

La durée de vie d'un système est divisée par 2 à chaque augmentation de 10° de sa température... et ce chiffre est optimiste, c'est de 8 et même de 6° qu'il faut le plus souvent parler en ce qui concerne notamment l'isolement des transformateurs.

Mais il y a aussi les contraintes mécaniques. On sait que la durée de vie d'un roulement à billes est à diviser par 1,5 pour toute augmentation de 10 % seulement de sa charge radiale. Ajoutons à ceci des contraintes de tension, de courant, de pression, etc.

Et puis les contraintes d'environnement, d'ambiance, par exemple l'humidité — l'eau est un solvant universel — combinée à des corps ou produits corrosifs, — à la suite de condensations de surface, elle peut agir sur la tenue diélectrique d'un isolant, sur sa durée de vie.

Science et technique, aujourd'hui, reposent sur la simulation en laboratoire des conditions réelles d'utilisation : en atmosphère saline, calcul des facteurs de corrosion... essais d'échauffement des conducteurs et des organes sous tension... résistance au froid... ici à — 40... (1) tenue des isolants aux efforts mécaniques ou électrodynamiques... résistance des métaux, et pour tout ce qui est sous-traité, pour toutes les pièces venant de l'extérieur, d'impitoyables bancs d'essai : des machines à vibrer, à tordre, à secouer, à user, à briser : savoir et chiffrer jusqu'ou on peut aller trop loin. Ici l'on casse... par sécurité !...

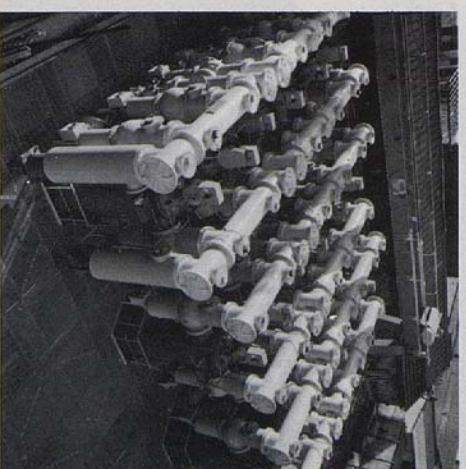


1

Les contraintes de sécurité, à l'égard du public et à l'égard du personnel averti ?

Décrets, normes et règlements nous font l'obligation, nous fixent des limites lors de la conception des ensembles. Vis-à-vis du personnel averti, des contraintes ont amené la création de dispositifs de verrouillage, parfois complexes mais rendus très fiables par les matériels préfabriqués blindés. Face au public non averti, une sécurité considérable a pu être acquise grâce aux matériels à isolement sec... disjoncteurs, interrupteurs, transformateurs... grâce encore à l'isolement ininflammable. Isolement de transformateurs par Ascarel... matériels anti-déflagrants dans les mines et la pétrochimie... transformateurs au quartz, etc. D'autres contraintes sont liées aux sites.

Des problèmes de surface se posent, qui nous ont conduits à développer, pour toutes les basses tensions, des matériels d'encombrement réduit. Postes de transformation dans des caves, des sous-sols... introduction jusqu'au cœur de Paris du 245 kilovolts, grâce à un poste blindé dit " compact " isolé dans l'hexafluorure de soufre et implanté par nos soins à Levallois-Perret. Son encombrement en surface n'excède pas 10 % de ce qui est nécessaire pour un poste conventionnel (2). Enfin n'oublions pas les contraintes de nuisance qui prennent de plus en plus d'importance et dans tous les domaines. Le matériel électrique peut être bruyant ou engendrer des parasites, des perturbations radiophoniques. Il eût été impensable, il y a quelques années d'installer au cœur d'une ville un poste classique, alors que le " compact blindé " fonctionne silencieusement et sans aucune perturbation radiophonique.



2



1

Au laboratoire des foudres contrôlées, un contournement, c'est une inondation. En un milliardième de seconde, sous une pluie battante, 1 200 000 volts vont déferler sur les hautes colonnes d'isolement de deux disjoncteurs pneumatiques (1). Est-il vraiment possible de jongler impunément, en toute fiabilité, avec de telles énergies ? Sur la valse des électrons et aujourd'hui des neutrons, quel contrôle gardons-nous ? L'électronique industrielle se substitue à l'homme avec des sens plus acérés que les siens (2). Seule l'électronique permet des courants de 10^{-12} A, normaux pour les gens du Centre de l'Énergie Atomique.

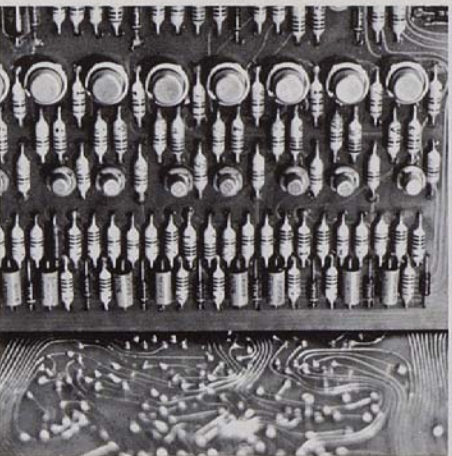
Paradoxe, en effet, d'un temps où la recherche scientifique et le progrès technologique ouvrent simultanément les portes de l'infiniment grand et de l'infiniment petit. Pourtant, entre ces deux extrêmes, une harmonie se confirme, une parenté : la conquête de l'espace voit le triomphe de la microminiaturisation, la poursuite de l'atome engendre le cyclotron, l'ordinateur géant résout aussi bien les problèmes du cosmos que de la particule. Notre garantie est là, dans les réflexes à la nanoseconde, au milliardième de seconde, de ces micromodules, de ces diodes et de ces transistors.

Il était inscrit dans la logique même du progrès que, traquant la fiabilité depuis un demi-siècle, avant même que le mot ne fût lancé, les spécialistes de l'électrotechnique aboutissent aux perfectionnements électroniques. L'électricité, c'était le muscle, le cerveau le voici... Pourtant, déjà, dans des piles-piscines comme Mélusine et Siloé à Grenoble, l'appareillage et l'équipement électriques traditionnels se complètent de toute une instrumentation électronique pour les chaînes de pilotage et de sécurité : mesureurs, intégrateurs, organes de radio-protection, réactimètres, calculateurs, discriminateurs : l'industrie électrique suit de très près l'avant-garde du progrès scientifique.

La recherche fondamentale est en avance sur l'industrie, mais l'industrie doit suivre avec un cran de retard, et un seul.

Un résultat spectaculaire de cette collaboration, le moteur linéaire. Les principes en étaient formulés depuis 50 ans, mais il fallait pour le réaliser que fussent enfin mis en commun les potentiels intellectuels et technologiques de l'Université et de l'industrie modernes. Il diffère du moteur classique en ce que son champ magnétique n'est plus tournant mais glissant. C'est l'interaction entre le champ produit par les bobines et les courants induits dans le primaire qui crée la force de translation.

Il y a donc réversibilité dans le cas de ce moteur : ou bien le primaire est immobile et c'est le secondaire qui se déplace dans l'entrefer, ou bien inversement, le secondaire devient une sorte de rail sur lequel glisse le primaire... Cinquante années de besogne, jour après jour, pour éviter aux jeunes d'avoir à réinventer de vieux "trucs" et leur permettre, avec nous, d'appareiller vers le XXI^e siècle...



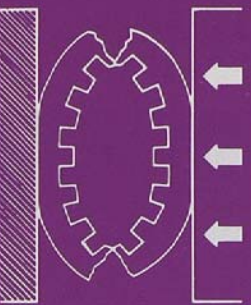
2

principe du moteur linéaire

1 Plaçons, par la pensée le stator d'un moteur



2 asynchrone sous une presse...



3 ... nous obtenons un moteur plat. Éloignons légèrement ses deux circuits pour créer un entrefer et alimentons les enroulements placés



4 vis-à-vis par des courants identiques et polyphasés. Il apparaît dans l'entrefer de cette nouvelle machine un champ magnétique sinusoïdal, non plus tournant, mais "glissant".



5 Si l'on place dans l'entrefer une échelle conductrice dont les barreaux jouent un rôle semblable à ceux de la cage d'écuréuil du moteur asynchrone initial, cette échelle sera parcourue par des courants induits et soumise à des forces



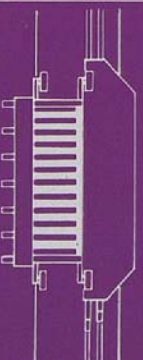
6 de Laplace. Pratiquement, il sera avantageux de remplacer l'échelle par une simple nappe conductrice constituée par une feuille de cuivre ou d'aluminium ou par une veine de métal liquide.

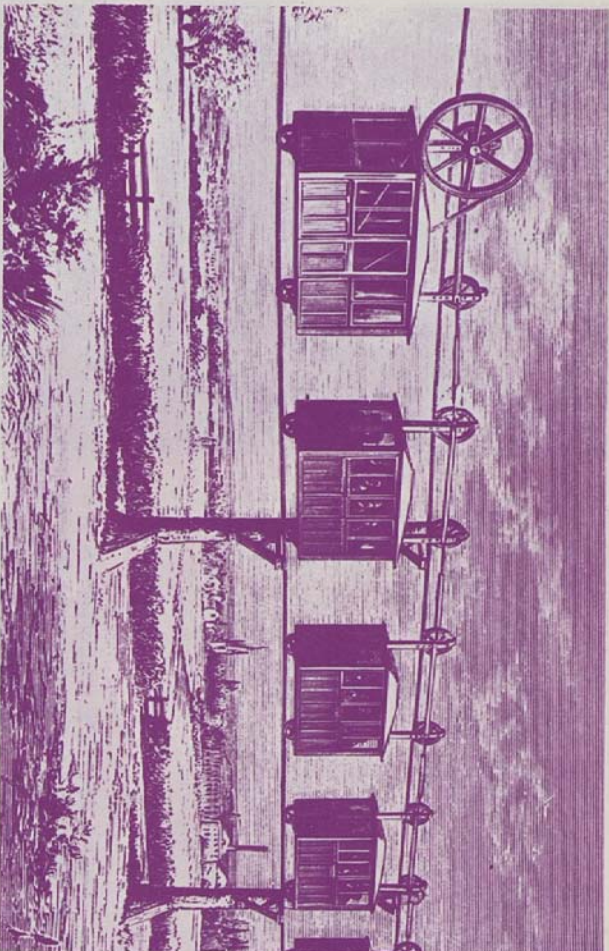


7 Les courants induits prendront alors la forme de courants de Foucault, mais le résultat final sera inchangé et une poussée de nature électromagnétique

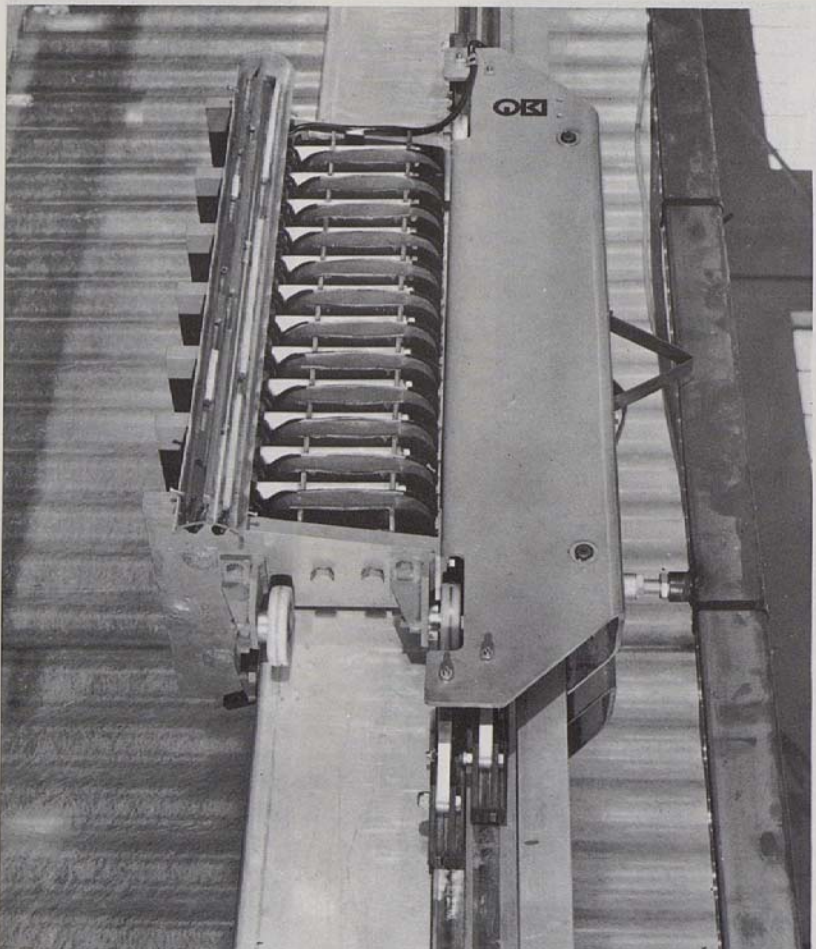


8 s'exercera entre les inducteurs et la nappe conductrice secondaire.





téléphéage 1870



moteur linéaire 1970

2 solutions
aux problèmes du transport

Appareiller ce monde infirme sans énergie électrique, c'est lui fournir l'outil fondamental indispensable à sa survie et à son développement. Il est donc permis d'affirmer que la liste des références de l'appareillage et de l'équipement électrotechniques est à l'échelle du palmarès des plus grandes réalisations modernes.

Sur le gigantesque réseau où coule à flots croissants l'énergie de ce temps, il suffit de quelques organes, de quelques rouages défectueux pour qu'en une seconde, tout s'arrête, dans une atmosphère de panique.

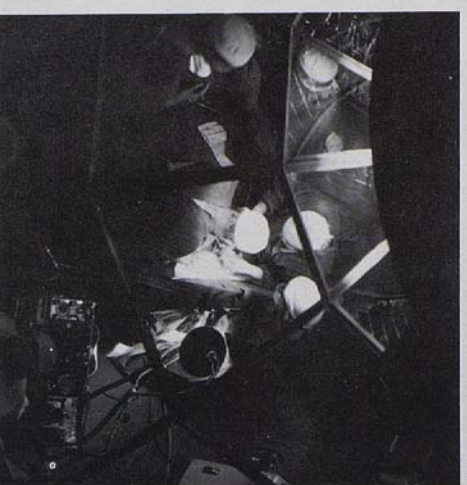
Les moyens de transport aérien, avions et même fusées, demeurent liés à l'organisation de leur infrastructure.

Un voyage aujourd'hui est un festival de régulation, d'automatisme et de sécurité.

Au dossier de la continuité de service un dernier chapitre, celui des contraintes subjectives ou psychologiques. En tête de celles-ci, cette contrainte d'exigence où nous place, que nous le voulions ou non, notre dépendance croissante à l'égard de l'électricité. Nous ne supportons plus la panne de courant qui nous prive de la retransmission télévisée d'un match de rugby. La panne aujourd'hui, c'est une indignation collective... la panne, c'est presque immoral.

Et de l'éthique à l'esthétique, chez nous comme ailleurs, le beau correspond bien souvent au fonctionnel. Une esthétique réussie est une manière de preuve de l'adaptation d'un matériel à sa fonction... ce que les mathématiciens appellent une solution élégante, telle une garantie d'exactitude. Enfin, nous avons en électrotechnique nous aussi des problèmes de mini-jupes et de maxi-manteaux, si j'ose dire. Il y a des modes. Il y a, selon les pays, des optiques différentes en matière de mise à la terre des neutres... avec des arguments aussi valables ici que là.

Bloc opératoire, hôpital de La Tronche,
alimentation de secours par redresseurs
onduleurs Merlin Gerin



extraits

du film $e = \frac{M}{G}$

réalisateur **Henri Fabiani**

de la conférence technique à 3

Xavier Beaupaire

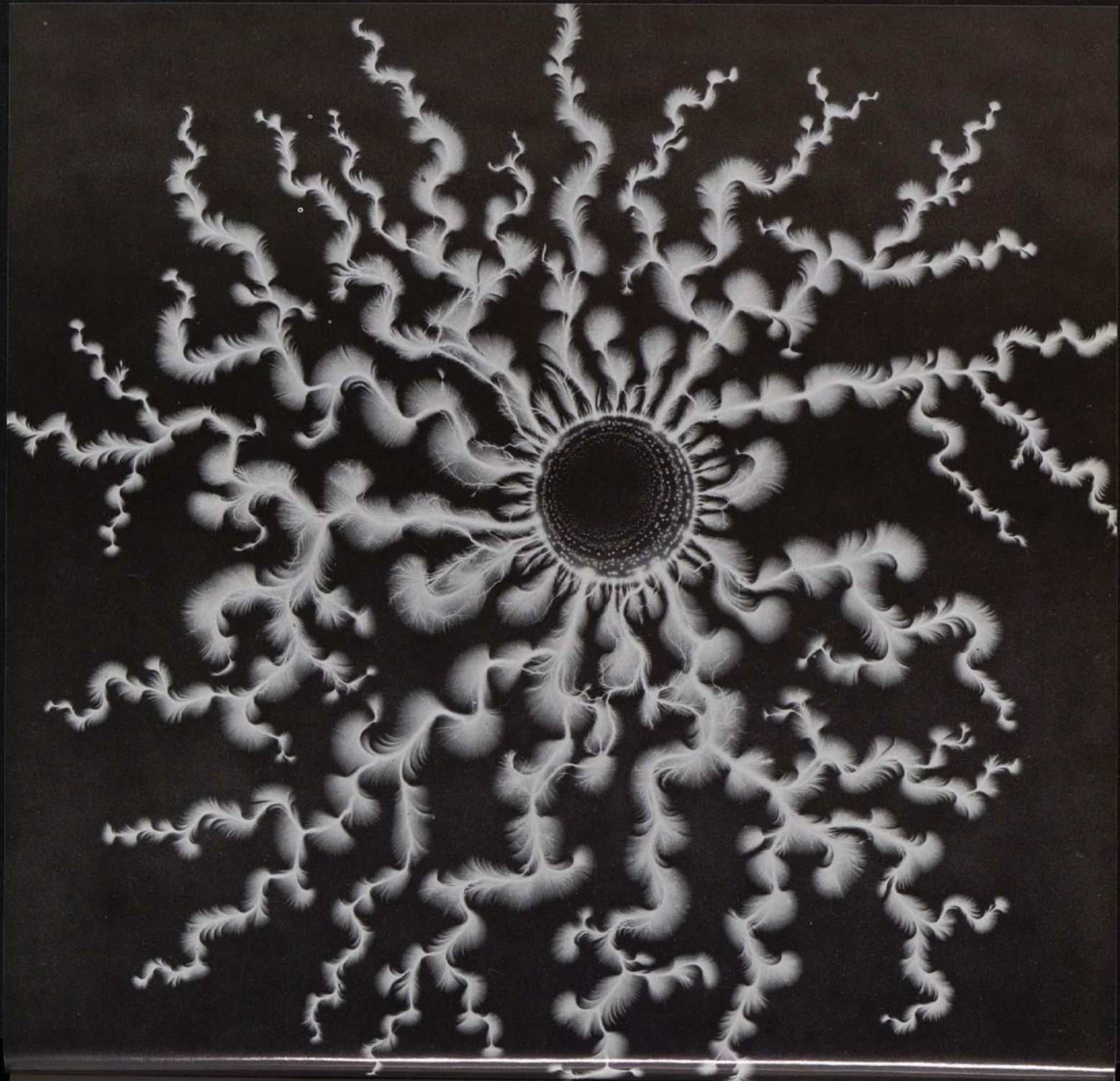
directeur de division entreprise Merlin Gerin

Yves Pelenc

chef du département recherches générales

Jean Teste

chef du département coordination technique
et qualité



avec la technologie électrique tout change

La structure de l'Etat, la structure de la civilisation a changé d'une façon fondamentale au cours de notre vie et nous sommes les premiers qui aient vu changer le monde au cours d'une génération, car même la chute de l'Empire Romain avait demandé quatre générations, et même Saint Augustin voyait le destin de Rome dans une sorte de brume.

Non seulement la civilisation nouvelle a détruit les anciennes conditions du travail, mais elle a détruit la structure des anciennes civilisations qui étaient des civilisations de l'Âme.

André Malraux
inauguration de la
Maison de la Culture d'Amiens
19 mars 1966

Armées de tous les pouvoirs, jouissant de toutes les richesses qu'elles doivent à la science, nos sociétés tentent encore de vivre et d'enseigner des systèmes de valeurs déjà ruinés, à la racine, par cette science même
aucune société, avant la nôtre n'a connu pareil déchirement...
le divorce est si grand, le mensonge si flagrant, qu'il obsède et déchire la conscience de tout homme pourvu de quelque culture, doué de quelque intelligence et habité par cette anxiété morale qui est la source de toute création c'est-à-dire de tous ceux, parmi les hommes, qui portent et porteront les responsabilités de la société et de la culture dans leur évolution.

Professeur Jacques Monod
Prix Nobel de Médecine
le Hasard et la Nécessité
éditions du Seuil, 1970

Aujourd'hui, les valeurs de l'intelligence et de la sensibilité, les connaissances que le maître inculque à l'enfant par la parole, par le tableau noir, par la lecture, ne sont qu'un flot au milieu du flot d'informations, d'appels, de sollicitations pressantes que jettent sur l'enfant au sortir de la classe le son et surtout l'image, par les affiches, le cinéma, les bandes dessinées, la radio, la chanson et, avant tout, la télévision...

Il y a danger réel s'il s'agit d'un véritable parallélisme, c'est-à-dire de deux systèmes d'information qui ne se rejoignent jamais, si ce n'est à l'infini et cette école parallèle est d'autant plus compétitive qu'elle est parée de toutes les séductions du loisir, de la jouissance immédiate et de la liberté.

Georges Friedmann
Télévision et Education n° 18, mai 1966

En affirmant,

" tout change, vous, votre famille, votre entourage, votre éducation, le gouvernement de votre pays, vos relations avec les autres...
et tout change dramatiquement ",

Mc Luhan ne dit pas autre chose, mais lorsqu'il parle de l'histoire, de l'humanité, de l'amour, de l'angoisse, de l'éducation, de la télévision, son style de prophète inspiré et l'audace de ses intuitions lui valent l'hostilité de tous ceux que le mouvement affole :

— le spécialiste de la communication ne parvient pas à communiquer — Mc Luhan ouvre de nombreuses portes, y compris celles du chaos...

L'Amérique le considère comme l'un des plus importants sociologues contemporains et le débat qu'il a provoqué emplit les colonnes de la presse européenne.

Directeur du Centre de Culture et de Technologie de l'Université de Toronto, titulaire de la chaire Albert Schweitzer à l'Université Fordham de New York, il répète inlassablement sa thèse depuis son premier ouvrage...

au commencement était le Verbe... et la tribu

puis l'homme de l'écriture vint,

un homme nouveau est en train de naître, l'homme de l'âge électronique,

pour lui, le sexe, l'appartenance sociale, nationale, n'ont plus la valeur privilégiée que nous leur accordons encore,

l'environnement technologique modifie nos coutumes, nos habitudes et nos modes de pensée,

le cadre spatio-temporel de l'école a éclaté, il n'y a plus des adultes et des enfants cloisonnés, mais une société enserrée dans les mailles d'un réseau d'informations très dense où chacun puise, selon son rythme, dans le flot ininterrompu des connaissances, se recyclant, se renouvelant, s'épanouissant au contact de la réalité mouvante.

Pour communiquer plus rapidement, donc pour agir, nos organes physiques et notre système nerveux se prolongent dans les circuits électroniques,

les moyens de communication qui en découlent — téléphone, radio, télévision, etc. — jusqu'aux informations transmises par les ordinateurs recréent la chaleur de la tribu, l'environnement devenant un immense village.

A partir de ses théories, Mc Luhan tire des déductions passionnantes qui peuvent irriter ou séduire, mais qui sont toujours stimulantes pour l'esprit

et les bouleversements, les mutations enregistrés dans notre vieux monde ne cessent pas de nous inquiéter.

Dans la conquête de l'infiniment petit, de l'infiniment grand et de l'infiniment complexe, la révolution cybernétique, celle de l'informatique, ont apporté un tel renfort au cerveau humain qu'il est pris de vertige devant ses pouvoirs démesurés dépassant toute expérience vécue,

chaque génération connaîtra désormais cette accélération du progrès et vivra plusieurs bouleversements successifs

environnement technologique... communications électroniques... angoisse du savoir... sensibilité différente...

A quoi ressemblons-nous dans ce monde écartelé qui refuse l'héritage de la culture classique sans troquer les vieux concepts contre des outils mieux adaptés ?

Vingt experts de la Rand Corporation prévoient la traduction électronique et automatique des langues entre 1970 et 1975,

le stockage central des informations avec possibilité d'accès rapide entre 1970 et 1990,

l'interaction électromagnétique directe entre l'ordinateur et le cerveau après 1990,

l'éducation par enregistrement automatique des informations dans le cerveau après 1995...

L'ersatz de nos communications de masse qui débouchent sur le silence, la solitude et la mort de l'intelligence nous incite par dépit à perpétuer les rites d'une civilisation dont toute la mémoire dort dans les bibliothèques, les musées, les temples et les tombeaux.

Nous craignons l'arrachement, l'inconnu, tout change répète Mc Luhan avec obstination.

A quoi ressemble une œuvre d'art aujourd'hui ?

A une affiche publicitaire, à une machine, à un tableau de commande, à un objet quotidien récupéré ?

Le pop-art, miroir de la civilisation urbaine, l'op-art, l'art cinétique, expression de la technologie reflètent l'environnement électronique et rejettent les traditions ;

les cinéastes ne traduisent-ils pas, plastiquement, les recherches sur l'espace-temps des mathématiciens ?

Leur interprétation des théories de mécanique ondulatoire batoue la géométrie élémentaire et la perspective arbitraire

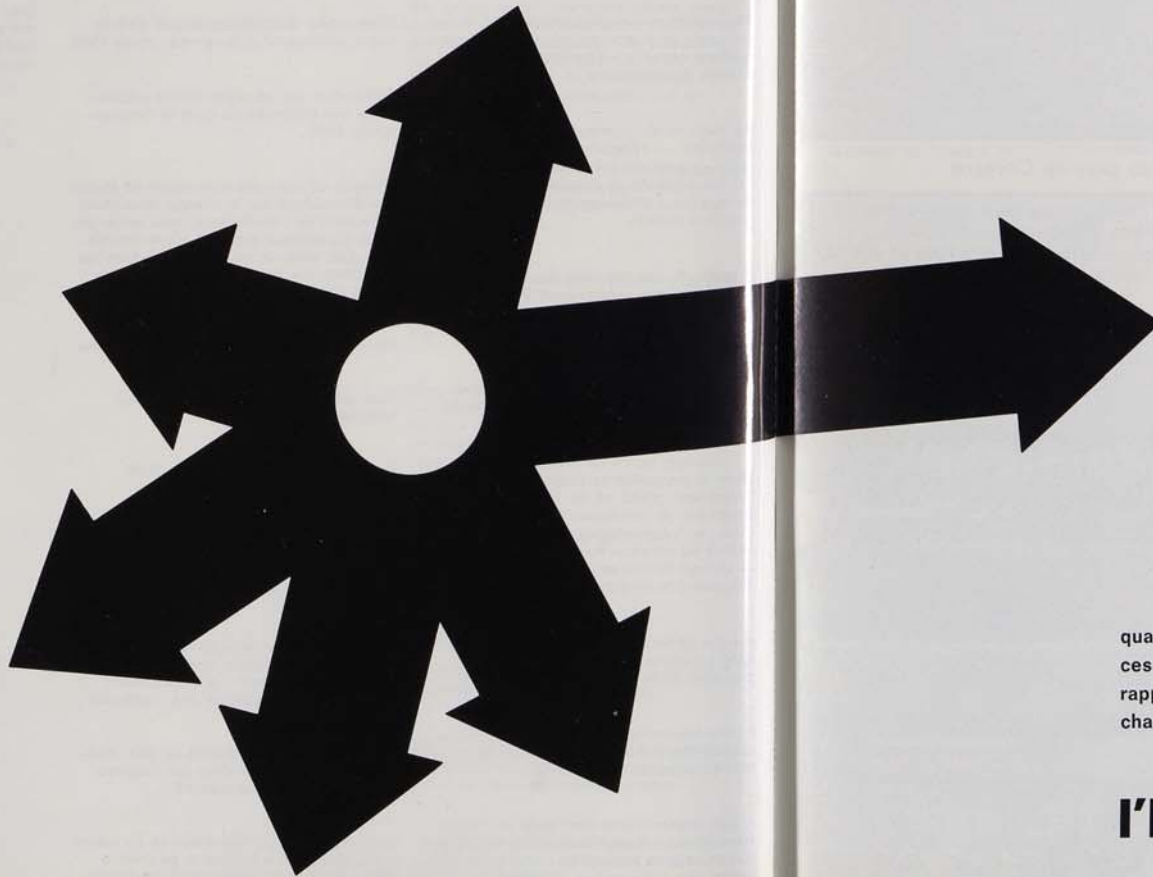
conventionnellement admise depuis le quattrocento.

Pour ou contre Mc Luhan, nous laissons à chacun, à l'expérience individuelle et collective la responsabilité de conclure...

Guy Chalon
extraits de IDEE
recherche pour un langage total
novembre 1970

le circuit électrique

une
extension
du système
nerveux
central



Les moyens de communication, en changeant l'environnement, font surgir des rapports uniques de perception sensorielle. L'extension d'un sens quelconque transforme notre façon de penser et d'agir, notre façon de percevoir le monde.

quand
ces
rapports
changent,

l'homme change

**Tous
les moyens
de
communication
sont
des
extensions
d'une
faculté
humaine-
psychique
ou
physique**

Le moyen d'expression ou d'action de notre époque — la technologie électrique — donne une forme et une structure nouvelles aux interdépendances sociales et à chaque aspect de notre vie individuelle. Elle nous oblige à reconsidérer et réévaluer pratiquement toute pensée, toute action et toute institution précédemment considérées comme admises.

Tout change : vous, votre famille, vos voisins, votre éducation, " votre milieu, votre gouvernement, vos rapports avec " les autres ". Et ce changement est dramatique.

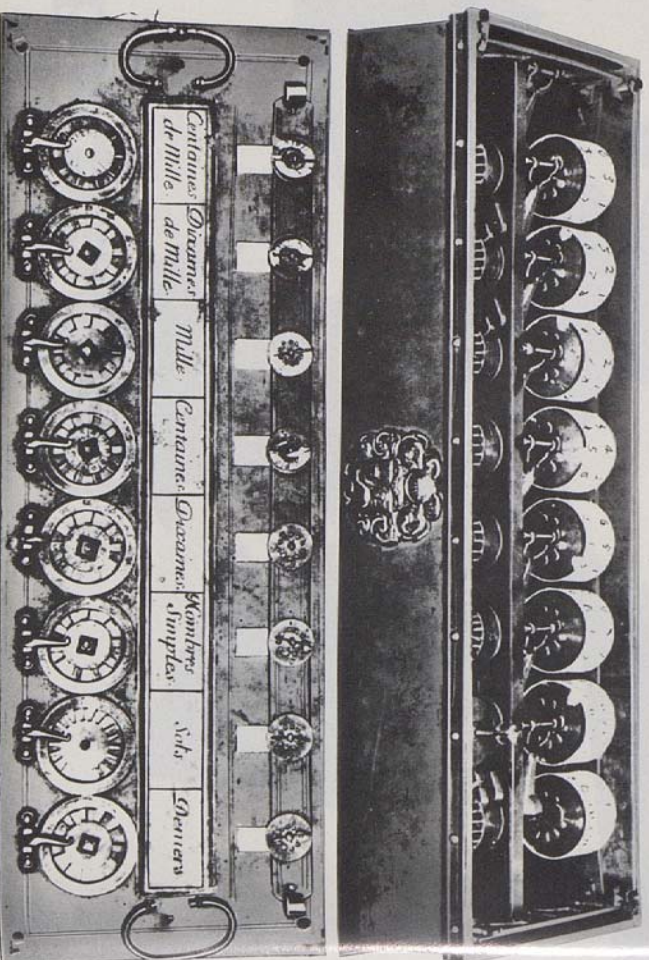
Le passé a disparu.

En face d'une situation entièrement nouvelle, nous avons toujours tendance à nous attacher aux objets, au parfum du passé le plus proche. Nous regardons le présent dans un rétroviseur.

Nous avançons à reculons dans le futur.
La banlieue vit en imagination dans un pays de Cocagne.

Tous les moyens de communication nous gouvernent entièrement. Ils sont si convainquants dans leurs effets personnels, politiques, économiques, esthétiques, psychologiques, moraux, éthiques et sociaux qu'ils ne laissent rien en nous d'insensible, d'indifférent, d'impassible. Le moyen est le message.

Il n'est aucune compréhension possible du changement social et culturel sans une connaissance de la façon dont les moyens de communication fonctionnent comme environnement.



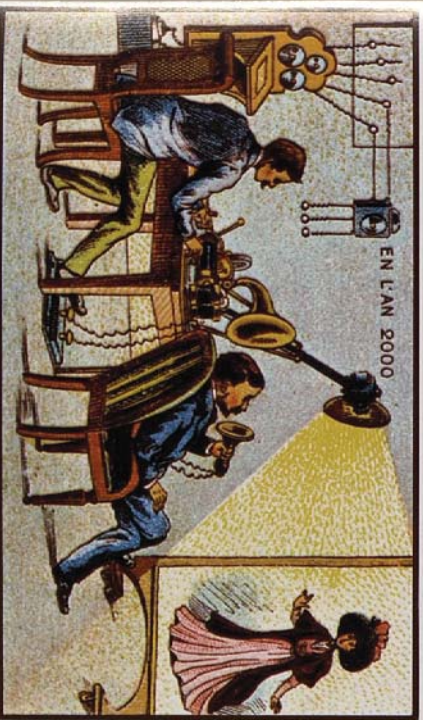
Machine à calculer de Pascal, 1642



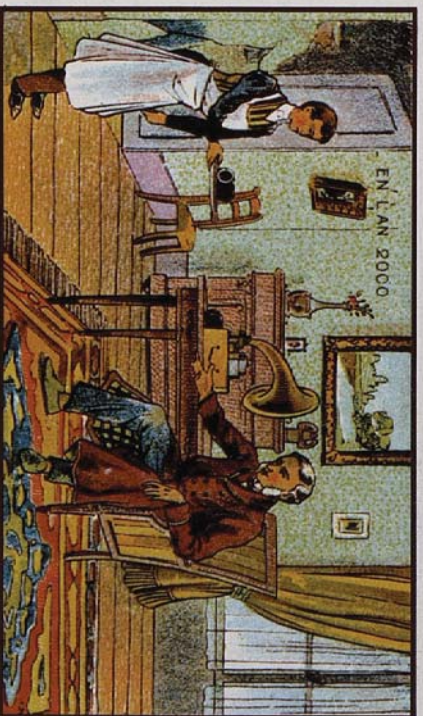
Audition du Journal.



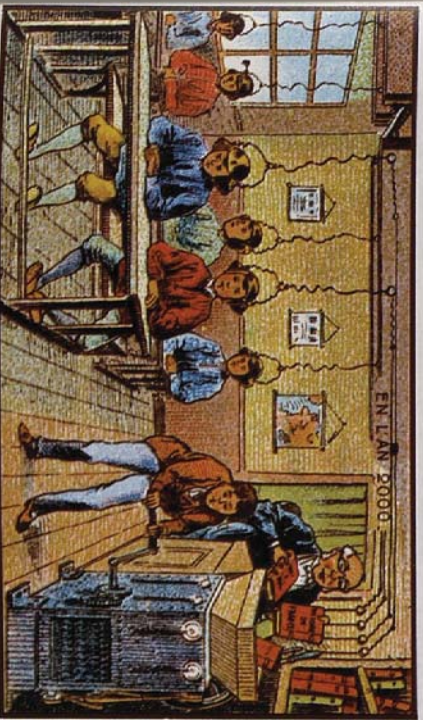
Dicant son Courrier.



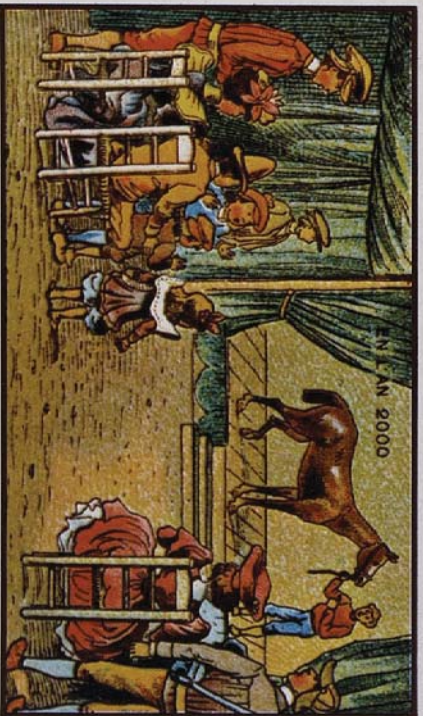
Correspondance Cinema-Phono-Télégraphique



Miasive phonographique.



A l'Ecole.



Une Curiosité

En l'an 2000, collection de 78 images de 1910
documentation C.F. Labarre, Paris

L'alphabet et la technique de l'imprimerie avaient développé et favorisé un processus de fragmentation, de spécialisation et de détachement. La technologie électrique, au contraire, développe et favorise l'unification et l'engagemment. Il est impossible de comprendre les transformations sociales et culturelles sans une connaissance du fonctionnement des moyens d'expression.

L'ancien mode d'observation est tout à fait erroné actuellement, car il est basé sur des réactions psychologiques et des concepts conditionnés par la technologie de la période précédente : la mécanisation.

La jeunesse comprend d'instinct l'environnement présent — le drame électrique. Elle vit en profondeur et à un niveau mythique. C'est la raison de la grande désaffection entre les générations. Les guerres, les révolutions, les insurrections civiles sont les faces interférentes des nouveaux environnements créés par les moyens d'information électriques.

Le cercle de famille s'est élargi. Le trust mondial d'information engendré par les moyens de communications électriques — films, Teletar — l'emporte de loin sur toute influence que papa et maman peuvent tenter d'exercer.

Il y a une énorme différence entre l'environnement familial moderne de l'information électrique intégrée et la salle de classe...

L'enfant actuel devient absurde parce qu'il vit dans deux mondes, dont aucun ne l'incite à grandir. Grandir — telle est notre nouvelle activité et elle est TOTALE. La simple instruction ne saurait suffire.

La vitesse électrique fait que nous ne pouvons plus attendre pour voir.

George Washington remarquait un jour : " Nous n'avons pas eu de nouvelles de Benj. Franklin à Paris, cette année. Il faudrait lui écrire ".

Avec la vitesse accélérée des communications électriques, les moyens purement visuels d'appréhension du monde ne sont plus possibles, ils sont simplement trop

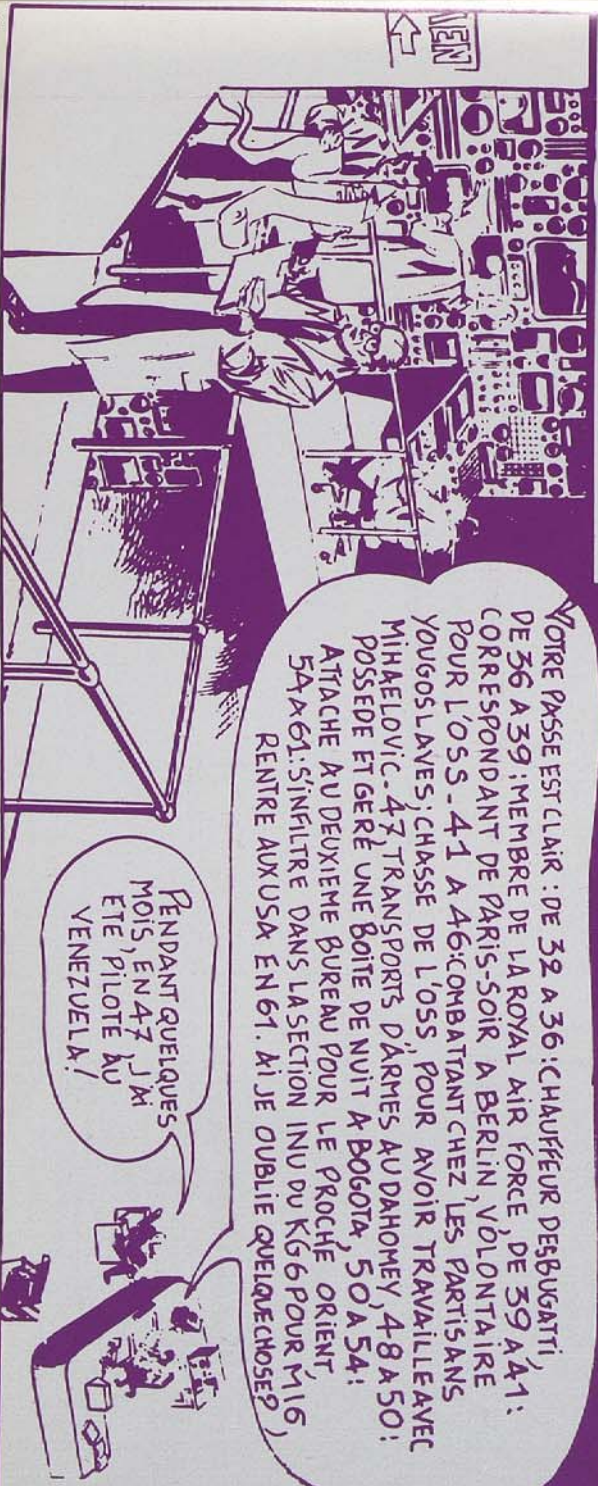
lents pour être utiles ou effroces. Malheureusement, nous affrontons cette situation nouvelle avec un énorme fatras de réactions mentales et psychologiques dépassées. Nous sommes restés en s-u-s-p-e-n-s. Nos paroles, nos pensées les plus graves nous trahissent — elles se contentent de nous relier au passé, non au présent.

Les textes présentés aux pages 62, 63, 64, 65, 68 sont extraits de *Message et Massage* - Un inventaire des effets - de Marshall Mc Luhan paru aux éditions Jean-Jacques Pauvert

Autres ouvrages de Mc Luhan :
La galaxie Gutenberg - éd. Mame - 1967
Pour comprendre les média - éd. Mame-Seuil - 1968
Mutations 1990 - éd. Mame - 1969
Gerald Emmanuel Stearn a publié
Pour ou contre Mc Luhan
aux éditions du Seuil - 1969

Extrait de *Phoebé Zeit-Geist*
bande dessinée de M. O'Donoghne et F. Springer
éditions E. Losfeld

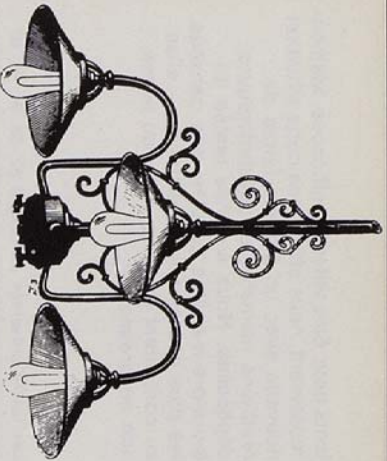
PLUS LOIN, DES BOBINES DÉBRITRICES DE BANDES MAGNÉTIQUES À HAUTE SENSIBILITÉ DÉCLENCHENT DES BATTERIES DE LAMPES ROUGES CLIGNOTANTES, PENDANT QUE DES RAMES DE FEUILLES DE TRAITEMENT DE L'INFORMATION SONT INTRODUITES DANS DES ORDINATEURS PÉRECTIONNÉS



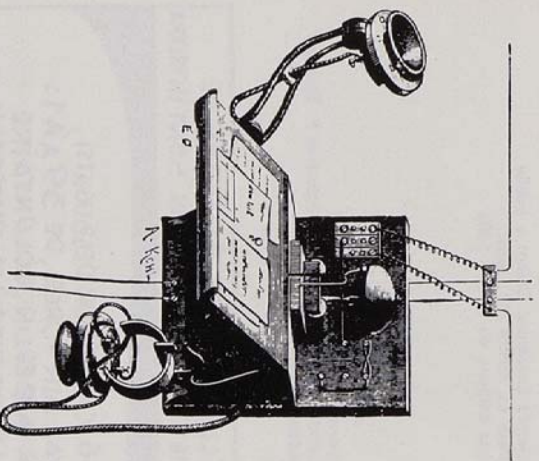
VOTRE PASSE EST CLAIR : DE 32 A 36 : CHAUFFEUR DE BUGATTI, DE 36 A 39 : MEMBRE DE LA ROYAL AIR FORCE, DE 39 A 41 : CORRESPONDANT DE PARIS-SOIR A BERLIN, VOLONTAIRE POUR L'OSS - 41 A 46 : COMBATTANT CHEZ LES PARTISANS YUGOSLAVES, CHASSE DE L'OSS, POUR AVOIR TRAVAILLÉ AVEC MIHAELOVIC - 47 : TRANSPORTS D'ARMES AU DAHOMEY, 48 A 50 : POSSEDE ET GERE UNE BOITE DE NUIT A BOGOTA, 50 A 54 : ATTACHE AU DEUXIEME BUREAU POUR LE PROCHE ORIENT 54 A 61 : S'INFILTRE DANS LA SECTION INU DU K66 POUR M16, RENTRE AUX USA EN 61. AI JE OUBLIE QUELQUE CHOSE ?

PENDANT QUELQUES MOIS, EN 47, J'AI ETE PILOTE AU VENEZUELA !

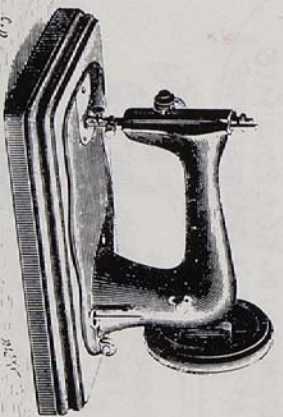
demain chez soi...



photographie
cinéma muet
cinéma parlant
cinéma en couleurs
cinéma en relief



télévision une chaîne deux chaînes trois chaînes
chaîne couleur
audiovision mondovision
magnétophone magnétoscope vidéophone
minicassette télécassette
téléimprimeur
demain chez soi en 1975 en 1980
le mur images
la télévision dix chaînes nationales privées
internationales
un programme extérieur
un programme intérieur demandé à l'ordinateur du
service des abonnements
la recette du lapin moutarde dans la cuisine
l'intégrale de Zola
J.S. Bach en haute fidélité dans le salon
un classique du cinéma muet
le musée de l'Ermitage en couleurs
à la demande
la bibliothèque le musée la culture le laboratoire
à domicile



le progrès
la consommation culturelle
la vie
ou la mort de l'intelligence
la liberté
ou l'aliénation
réfléchir

...et à l'école



Cet écolier de 1980
écrit sur son écran
de télévision.

Son crayon magnétique
lui permet de dessiner
ou d'effacer à volonté
ses traits.

De plus, il est relié
à un ordinateur qui
le renseigne, le corrige,
lui pose des problèmes,
enregistre ses progrès,
lui élabore un programme.
Tous ceux qui auront besoin
d'apprendre, enfants ou adultes
pourront travailler
au tableau blanc.

Le maître électronique
ne remplacera cependant jamais
les anciens professeurs mais
il leur apportera une aide
indispensable.



.. Mon éducation, qu'on peut décrire comme fort commune, n'excede guere les rudiments de lecture, d'écriture et d'arithmétique appris dans une école primaire ordinaire. Les heures en dehors de l'école étaient passées dans la maison ou dans la rue.. Michael Faraday, qui étudia peu les mathématiques et dont l'instruction formelle ne dépasse pas le niveau primaire, est connu comme l'expérimentateur qui découvrit l'induction en électricité. Il fut l'un des grands fondateurs de la physique moderne. Il est reconnu généralement que l'ignorance qu'avait Faraday des mathématiques contribua à son inspiration, l'obligeant à développer un concept simple et non mathématique quand il chercha l'explication de son phénomène électrique et magnétique. Mais Faraday possédait deux qualités qui compensèrent son manque d'instruction : une extraordinaire intuition et un esprit original et libre.

Mc Luhan
Message et Massage

Faraday 1791-1867

“ Ces enfants qui jouent dans la rue pourraient résoudre certains de mes grands problèmes de physique, parce qu'ils possèdent des modes de perception sensorielle que j'ai perdus il y a longtemps ”.

J. Robert Oppenheimer

aux jeunes expérimentateurs

La fée électricité nous est tellement familière que nous oublions la qualité de ses services.

Lorsque nous tournons un commutateur ou branchons une prise de courant, lorsque nous allumons une lampe de poche, réglons notre poste de radio, téléphonons à nos amis, elle intervient, mystérieuse, et répond à nos ordres.

Mais nous pouvons percevoir son secret en réfléchissant à ces explications et en réalisant quelques expériences.

atome

La matière, et plus particulièrement le métal est formé d'un assemblage d'atomes.

L'atome est donc le plus petit morceau de matière pouvant exister. L'atome est infiniment petit puisqu'il faudrait le grossir 10 millions de fois pour l'observer à l'œil nu.

Cet atome est lui-même formé de plusieurs éléments.

électrons

Une cerise est formée d'un noyau entouré de pulpe, l'atome est formé lui aussi d'un noyau entouré d'un ensemble d'électrons. Les électrons tournent autour du noyau, comme la lune autour de la terre. Les électrons ne touchent pas le noyau, ils en sont très éloignés : si l'atome était grand comme les jardins de l'Hôtel de Ville et le Parc Paul-Mistral, son noyau pourrait être représenté par une orange posée sur la Tour d'orientation. Certains de ces électrons peuvent se déplacer, leur déplacement dans un sens bien déterminé produit le courant électrique.

courant électrique

Ce déplacement des électrons ne nous servirait à rien si nous ne pouvions pas le diriger, c'est-à-dire le conduire là où nous en avons besoin.

conducteurs

Certains corps conduisent mieux que d'autres les électrons en mouvement, les métaux par exemple.
Les fils de cuivre sont d'excellents conducteurs.
La terre, l'eau, le corps humain sont aussi de bons conducteurs.

isolants

D'autres corps au contraire ne transportent pas les électrons, ils les arrêtent, ils les isolent.

alternateurs piles dynamos accumulateurs

Pour fabriquer le courant électrique, on utilise des machines de toutes les tailles, de toutes les forces, depuis les énormes alternateurs des centrales électriques qui produisent l'électricité des villes jusqu'à la petite pile de notre lampe de poche ou la dynamo de notre bicyclette. L'accumulateur de notre voiture ne fabrique pas de l'électricité, il distribue ce qu'il a stocké, accumulé jusqu'à son épuisement.

tension volts

L'électricité est à notre service, mais nous devons respecter certaines règles dans l'intérêt de notre sécurité.

Lorsque le courant a une tension et une intensité relativement élevées, il peut être très dangereux.

Si nous comparons le courant électrique à un courant d'eau, nous comprenons que plus le réservoir d'eau est élevé par rapport au sol, plus la force de l'eau est grande lorsqu'elle tombe sur ce sol.
La différence de hauteur entre le haut et le bas de la chute d'eau détermine cette force.

Cette différence se mesure en mètres.

Aristide Bergès, le pionnier de la houille blanche, disposa d'abord d'une chute de 200 mètres, puis d'une autre de 500 mètres pour alimenter sa papeterie de Lancey.

Dans le cas du courant électrique, on ne dira plus différence de hauteur, mais différence de potentiel, on ne l'exprimera plus en mètres

mais en volts. On dira par exemple :
" entre les lames de notre pile de poche il y a une différence de potentiel de 4,5 V".
La tension électrique est cette différence de potentiel (fig. 1).

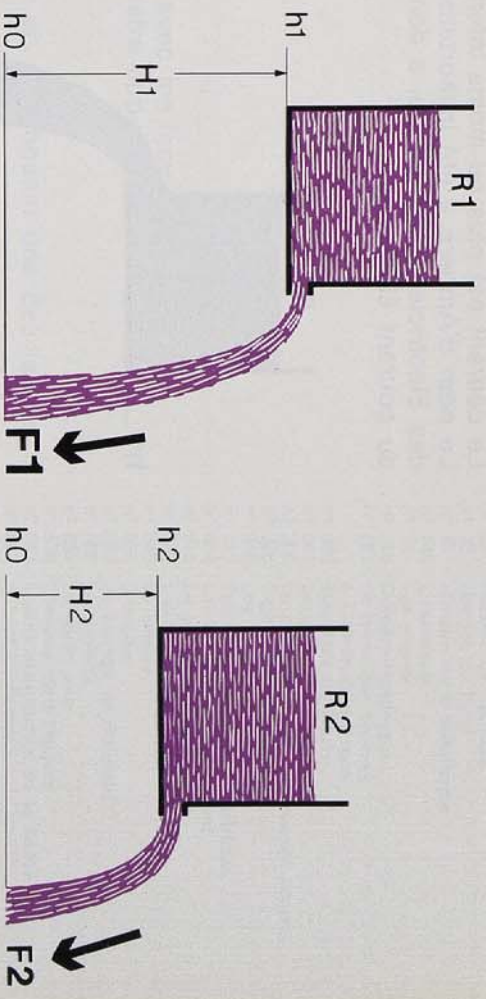


Fig. 1
La force $F1$ est plus grande que la force $F2$ puisque la hauteur $H1$ est plus grande que la hauteur $H2$

La tension peut être comparée à l'altitude, qui diminue quand on descend le cours de l'eau. Sans la différence des altitudes, le fleuve resterait lac ; sans la différence des tensions, l'électricité resterait statique. Le danger des inondations dépend du niveau des eaux, le danger du choc électrique dépend de la tension. Le choc qui foudroie est une inondation d'électricité. C'est la différence des tensions extrêmes, qui, semblable à une hauteur de chute, détermine la naissance du courant ; elle se nomme force électromotrice.

Un torrent impétueux, pour continuer le rapprochement, qui, avec un faible débit, balaye tout sur son passage, en tombant de la montagne à la plaine, présente l'image d'un courant de grande tension. Un fleuve large et profond qui, dans un lit presque horizontal, roule lentement d'immenses eaux, représente au contraire un courant de grande intensité.

Joseph Bertrand,
Des progrès de la mécanique,
Marcel Deprez, " La lumière électrique " 13 octobre 1883

intensité ampères

Imaginons toujours le même réservoir qui déverse son eau.

Si son ouverture est grande, il se vide très rapidement, si elle est petite, il se vide lentement.

La force de l'eau n'a pas varié puisque le réservoir est resté à la même hauteur, mais pendant le même temps il en a coulé beaucoup plus dans le cas d'une grande ouverture que dans le cas d'une petite. Le débit est plus ou moins important selon la taille de l'ouverture.

Le courant est plus ou moins intense (fig. 2).

Le nom d'Ampère a été immortalisé par le Congrès International des Electriciens de 1881 qui a donné ce nom à l'unité d'intensité du courant électrique.

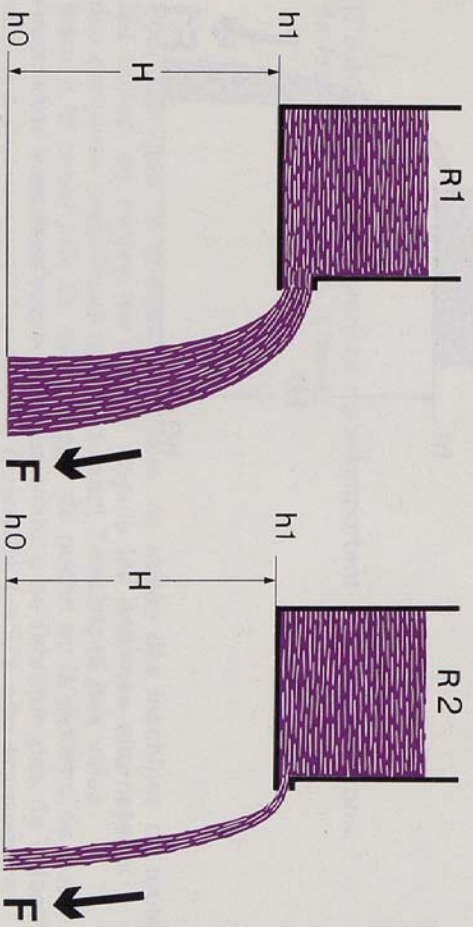


Fig. 2
Les 2 réservoirs sont à la même hauteur

puissance watts

Observons la batterie d'accumulateurs d'une voiture.

Si nous lisons 12 volts 60 ampères/heure, nous pouvons affirmer que cette batterie est capable de nous fournir un courant d'une intensité de 60 ampères, sous une tension de 12 volts pendant une heure.

La puissance de la batterie dépend de ces trois renseignements. Elle s'exprime en watts en faisant une multiplication.

12 volts x 60 ampères/heure = 720 watts/heure.

Nous pouvons brancher un moteur de 720 watts pendant une heure sur cette batterie. Au bout d'une heure, la batterie sera sans force.

observons, expérimentons

bibliothèque de travail

de la Coopérative de l'Enseignement Laïc
BP 282 - 06 Cannes
véritable encyclopédie de l'élève
et guide du jeune expérimentateur

I. un tournevis d'électricien

En quelle matière est le manche ?
En quelle matière est la lame ?

(fig. 3) plaçons l'ampoule en contact avec les lames de la pile.
L'une touche le fond de l'ampoule, l'autre appuie contre le culot de laiton. Qu'observons-nous ?

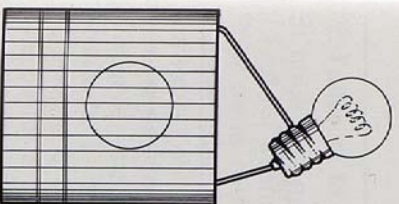


fig. 3

(fig. 4) refaisons la même expérience en prolongeant une des lames de la pile avec la lame du tournevis.
La lame du tournevis conduit-elle le courant jusqu'à l'ampoule ?
Si nous prolongeons une lame de la pile par le manche du tournevis, le manche conduit-il le courant jusqu'à l'ampoule ?

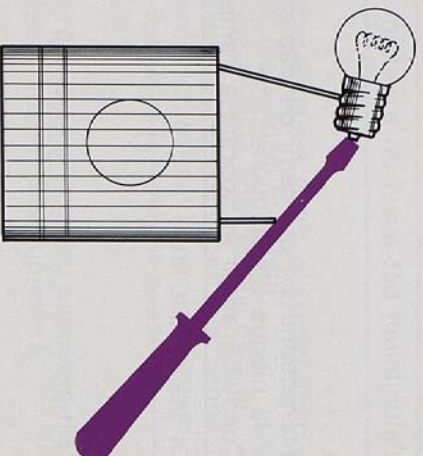


fig. 4

En relisant les explications des pages précédentes, tu peux conclure

la lame du tournevis qui est en
le manche du tournevis qui est en

est un
est un

BT

- n° 8 A. Bergès et la houille blanche
- n° 22 Histoire de l'écriture
- n° 23 Histoire du livre
- n° 85 Histoire de la métallurgie
- n° 145 L'aluminium
- n° 151 Les phares
- n° 166 Donzère-Mondragon
- n° 167 La peine des hommes à Donzère-Mondragon
- n° 205 Electricité de France
- n° 241 Le trage d'un quotidien
- n° 300 Le petit électricien - le courant continu
- n° 326 Expériences d'électricité
- n° 399 Les satellites artificiels
- n° 417 Fabrication d'une pile électrique
- n° 444 La radio et l'enregistrement
- n° 518 Le paquebot France
- n° 529 L'aérogare d'Orly
- n° 545 La lumière
- n° 588 Grenoble
- n° 593 Le barrage de Roselend
- n° 608 La publicité
- n° 635 Le rayon laser
- n° 639 L'homme dans l'espace
- n° 643 L'usine mère-matrice de la France
- n° 647 A bord du France
- n° 703 Réalisation d'un dessin animé

BTJ

- n° 18 La maison de la radio à Paris
- n° 26 Papa est gardien de phare

BTZ

- n° 9 La publicité
- n° 14 Pièges à soleil

SBT

- n° 42 La force de l'eau
- n° 53 Le son
- n° 132 Electrolyses
- n° 207 Merveilles de l'électronique
- n° 189 Construis une machine à calculer
- n° 263 Le moteur électrique

Des jouets éducatifs comme ceux de la collection
" Jouets Educatifs Universels " te permettront
de nombreuses expériences sans danger.
Coffret ELEC 2000.

II. et le papier à chocolat ?

Prends un papier d'aluminium qui protège une plaque de chocolat, lisse-le avec la main et réalise le montage suivant (fig. 5) en utilisant des pinces d'électricien.

Un des fils venant d'une lame de la pile est collé avec un morceau de ruban adhésif contre la feuille d'aluminium.

L'autre fil est enroulé autour du culot de la lampe.

Posons le fond de l'ampoule sur la plaque d'aluminium, que constatons-nous ?

La plaque conduit-elle le courant jusqu'à l'ampoule ?

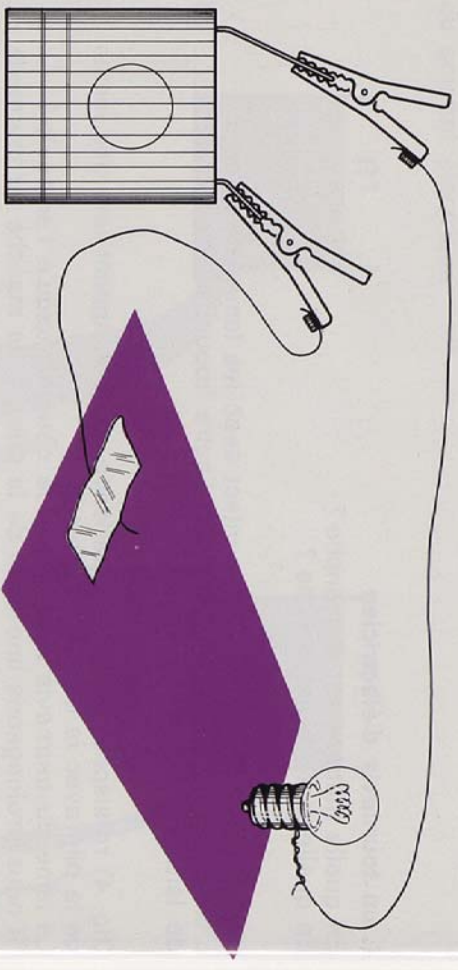


fig. 5

L'aluminium est aussi un excellent

Interposons un morceau de papier entre le fond de l'ampoule et la plaque d'aluminium.

Conduit-il aussi le courant à l'ampoule ?

Le papier est un

III. un circuit imprimé

peut être réalisé à partir de l'expérience précédente.

Découpons dans la feuille d'aluminium deux bandes de 5 mm que nous collons sur un carton selon le tracé de la figure 6.

Montons la lampe de façon que son fond soit relié à une bande et son culot à une autre.

On peut les fixer aisément avec du ruban adhésif.

Si nous appliquons les lames de la pile en A et en B, que fait l'ampoule ?

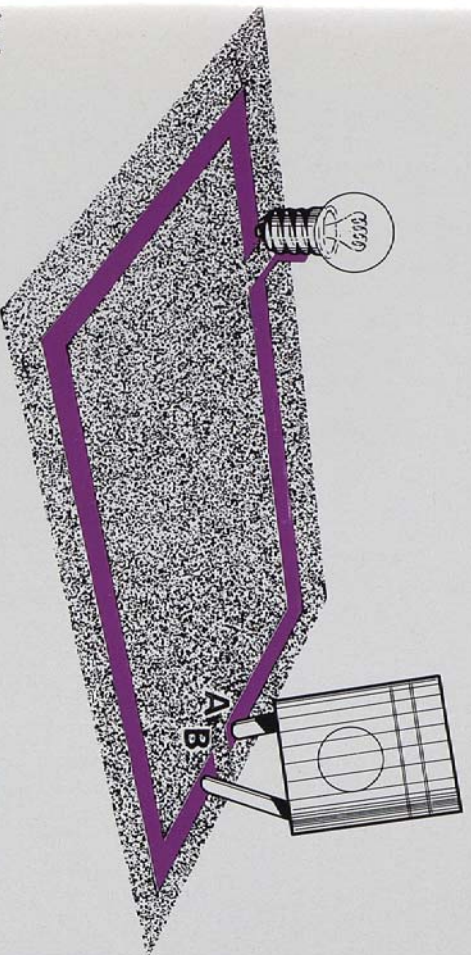


fig. 6

livres pour enfants sur l'électricité

L'électricité - Alain Grete
Casterman 1969

7 formules suffisent à l'électricité
tome I, tome II - Gurber
Dunod 1970

Comment ça marche ?
Dunod 1969

Physique dans la vie quotidienne - Aisberg
Editions Radio 1967

La conquête de l'énergie de la fronde à l'atome
L. Sprague de Camp
Flammarion 1962

Dis, comment ça marche ?
Hachette 1969

Les merveilles du XXe siècle
Bernard Domeyrat 1968

Les merveilles de la science
Bernard Domeyrat 1968

Encyclopédie des enfants
Larousse

La grande aventure des machines
Guillot 1960

Ma première encyclopédie
Guillot 1961

L'énergie
LIFE 1969

Electronique et robots
RST Denoël

IV. l'aller et le retour

Si nous voulons que le courant électrique passe dans le conducteur, il faut lui assurer non seulement l'aller mais aussi le retour.

Pour cette raison, tous les appareils électriques sont munis d'un fil à deux conducteurs, chaque conducteur se terminant par une fiche.

Lorsque l'on branche la prise, le courant entre par l'une des fiches et sort par l'autre, ainsi le circuit est fermé et le courant passe.

Observe une "fiche banane".

Monte-la à l'extrémité d'un fil.

Apprends à faire une épissure (raccordement de deux ou plusieurs fils).

Exerce-toi à monter les deux conducteurs sur un interrupteur à bornes et un interrupteur à cosses.

Avec un peu d'habileté et en te documentant dans des ouvrages écrits pour toi, tu sauras très rapidement réaliser des circuits plus compliqués, des montages en série ou en parallèle.

Tu expérimenteras toi-même les effets de l'électricité vérifiant ainsi les découvertes d'Oersted, de Volta, d'Ampère, de Faraday.

Si tu veux comprendre certaines expériences que tu viens de découvrir, si tu veux approfondir tes connaissances, nous te recommandons d'utiliser les brochures de la bibliothèque de travail.

quelques conseils pour les petits...

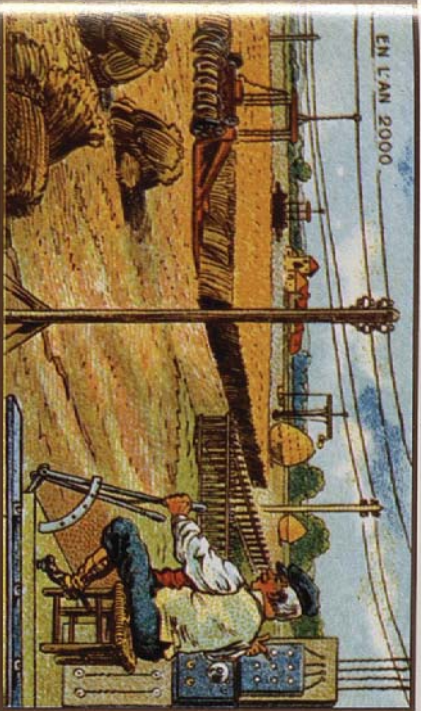
attention danger !

L'électricité est ton amie, mais elle peut être dangereuse si tu oublies ce qui précède.

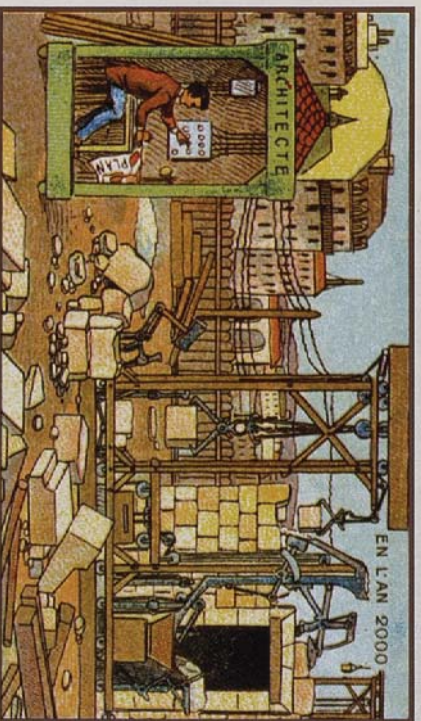
Une **tension** élevée (110 ou 220 volts à la maison) ou une grande **intensité** (plusieurs dizaines d'ampères) peut être la source d'un danger mortel.

- 1 Ne touche jamais aux fusibles de l'appartement
- 2 Ne branche jamais une fiche dans une prise de courant sans en avoir demandé l'autorisation...
- 3 Ne touche jamais un commutateur électrique, un fil, le téléphone, le récepteur de télévision si tu as les mains mouillées ou si tu es pieds nus sur le sol humide (ton corps conduirait le courant)
- 4 Ne laisse jamais une épissure sans l'isoler avec un ruban spécial
- 5 Ne travaille jamais sur un circuit sans avoir totalement interrompu le courant au compteur-disjoncteur d'arrivée à l'appartement. Fermer l'interrupteur ne suffit pas toujours en cas de mauvais contacts
- 6 Ne touche jamais un fil électrique qui traîne à terre, méfie-toi des lignes coupées qui pendent d'un poteau ou d'un poste
- 7 Ne touche jamais une personne électrocutée, tu pourrais également recevoir le courant qui l'a foudroyée. Préviens des grandes personnes
- 8 Ne joue jamais avec une perche ou avec un cerf-volant à proximité d'une ligne électrique. Tu pourrais recevoir le courant par leur intermédiaire
- 9 Et surtout ne cherche pas à entrer dans une installation défendue, le danger en est mortel.

Les expériences que nous t'avons proposées sont sans danger puisque l'alimentation est assurée par une pile de lampe de poche de très faible tension.



Un Agriculteur très occupé.



Chantier de Construction électrique.



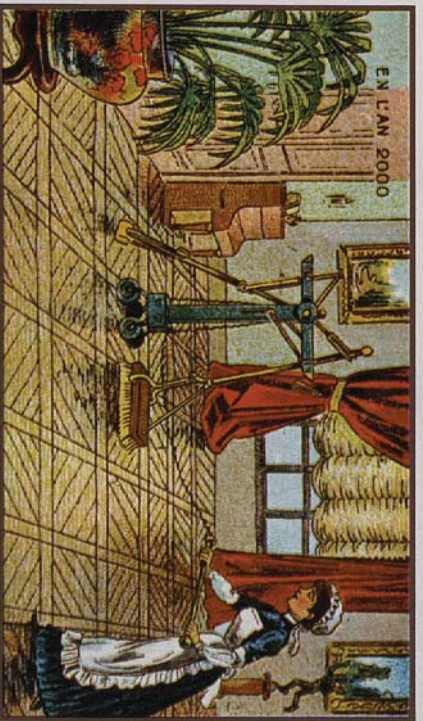
Auto-Patins à Roues.



Le Train électrique Paris-Pétin.



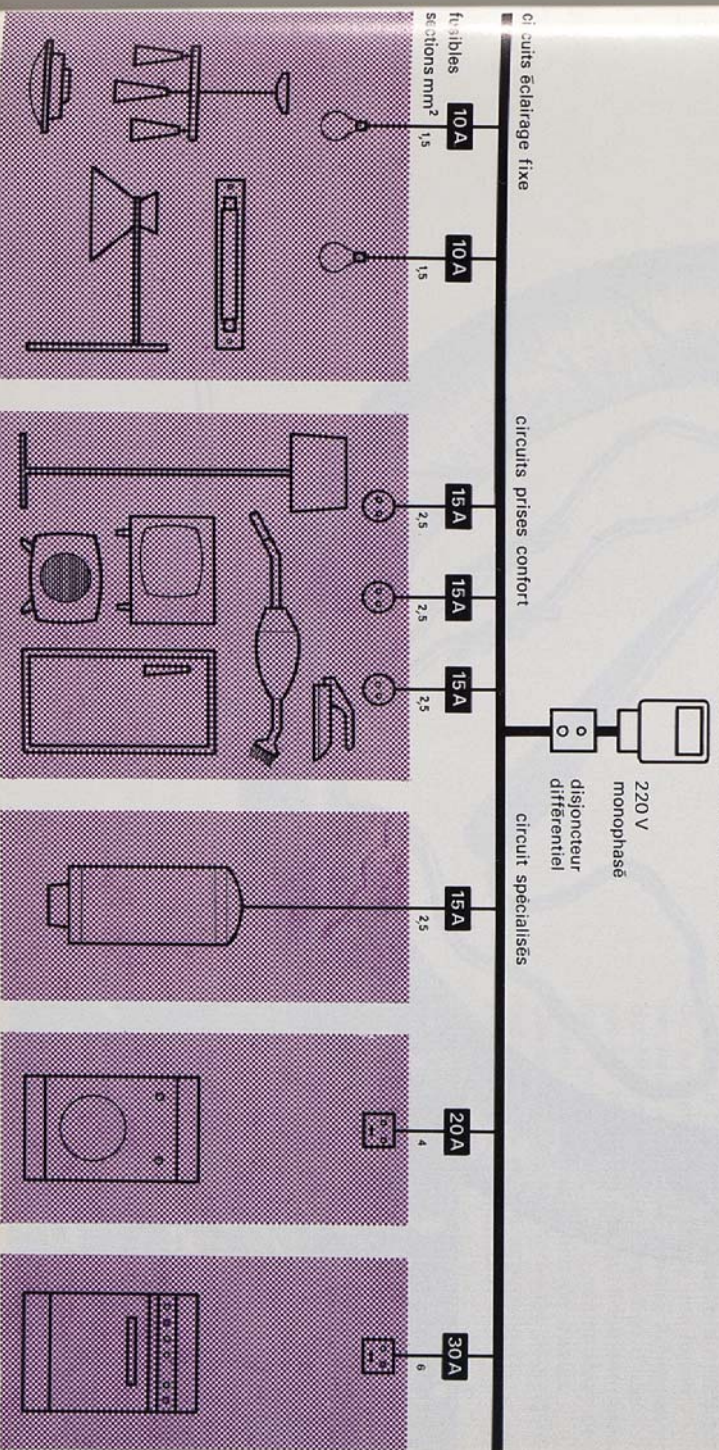
Madame à sa Toilette.

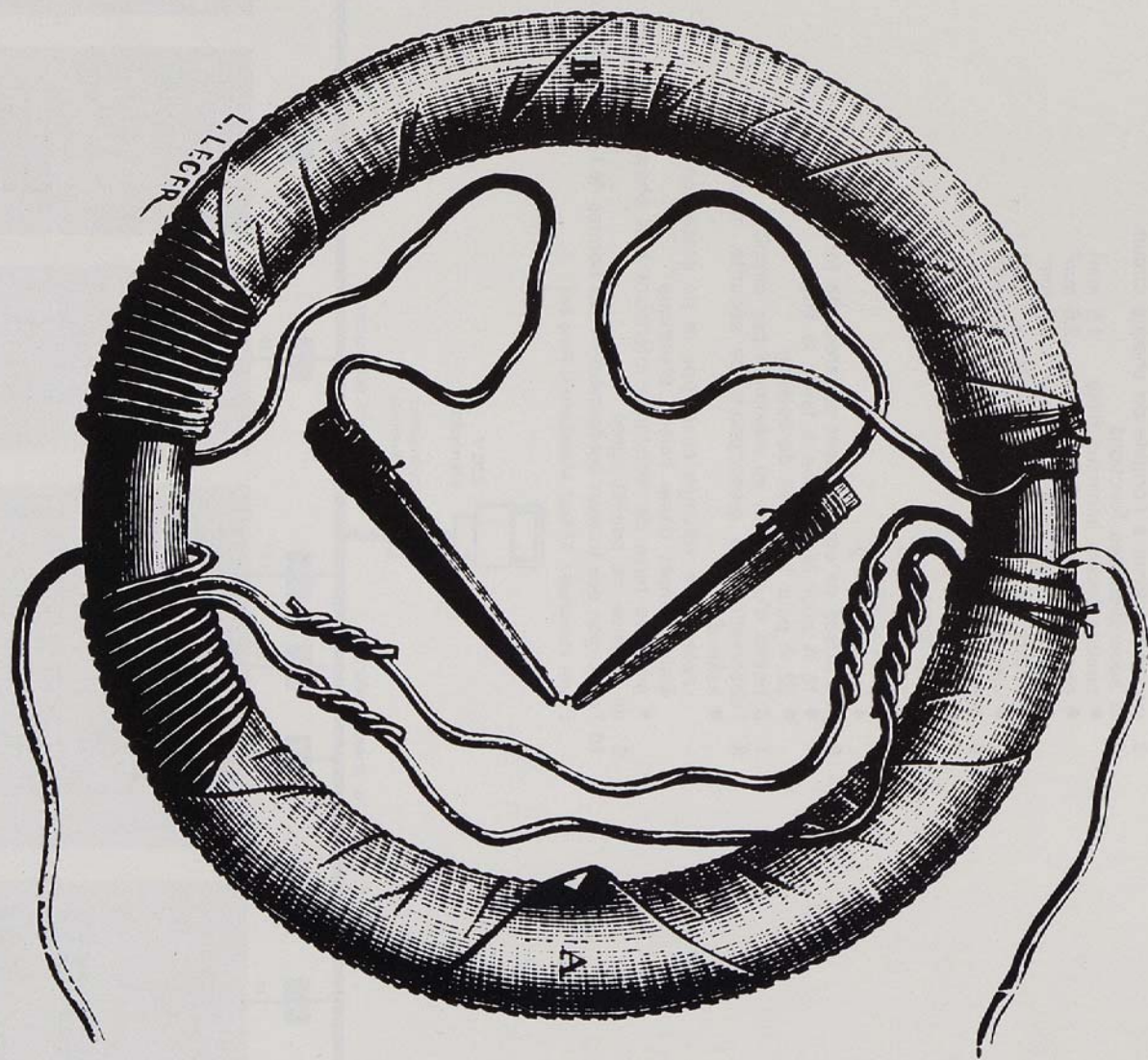


Un Frotteur électrique.

...et pour les grands

- 1 un compteur
- 2 un disjoncteur différentiel
- 3 un coupe-circuit à l'origine de chaque circuit
- 4 la séparation des fonctions
 - circuits foyers lumineux fixes 1,5 mm²
 - circuits prises confort 2,5 mm²
 - circuit chauffe-eau 2,5 mm²
 - circuit machine à laver le linge 4 mm²
 - circuit appareil de cuisson 6 mm²
- 5 des prises de courant agréées par l'EDF
 - séjour 5
 - chambres 4
 - cuisine 5
 - salle d'eau 3
 - entrée 2
- 6 des prises de courant pour appareils de forte puissance
 - 16 A pour la machine à laver le linge
 - 32 A pour l'appareil de cuisson
- 7 8 points d'utilisation au maximum par circuit
- 8 l'observation des prescriptions de sécurité, notamment :
 - salle d'eau
 - respect des volumes enveloppe et de protection
 - établissement d'une liaison électrique
 - prise de terre de résistance inférieure à 37 ohms
- 9 du matériel de qualité agréé
- 10 l'exécution des travaux conformément aux normes de l'union technique de l'électricité d'après Promotelec, 52 boul. Malesherbes, Paris 8e





L. LEGER

tout change même l'esthétique

Les découvertes scientifiques et les réussites technologiques remettent l'art en question.

Les circuits électriques lui permettent de se développer en spectacle, total, polysensoriel. Ils l'intègrent à l'espace visuel ou sonore, à l'architecture, à l'urbanisme, à l'environnement.

Ils contribuent à en faire un produit industriel, fabriqué en " multiples ", en séries — films, disques, reproductions — Ils poursuivent le mouvement amorcé par Aristide Berges qui voulait diffuser la littérature à un franc le kilo en portant l'information, l'émotion à des distances illimitées, en jetant des ponts instantanément entre les créateurs, les chercheurs et le public dans des conditions économiques inconnues des générations précédentes. Ils établissent de nouvelles relations entre les hommes.

De Raoul Dufy qui s'adresse au public de l'exposition 1937, dans une forme séculaire, la fresque murale, à Nicolas Schöffer c'est toute l'évolution d'une société technologique qui triomphe avec les " mass média ", la consommation de masse, la communication de masse. Ces conséquences imprévues dépendent des appareils et des appareilsleurs. Le futur est aussi leur œuvre.



la fée électricité

Raoul Dufy

Raoul Dufy a exécuté sa fresque à l'occasion de l'exposition internationale de 1937, pour le Pavillon de la Lumière. Ce pavillon, conçu et réalisé pour la Compagnie Parisienne d'Electricité par l'architecte Mallet-Stevens, s'élevait à l'extrémité du Champ-de-Mars devant l'Ecole Militaire.

La décoration de Dufy ornait le mur du hall d'entrée sur une longueur de 60 mètres et sur une hauteur de 10 mètres. Elle est peinte sur 250 panneaux de contre-plaqué à l'aide d'un procédé au

vernis dû au chimiste Maroger.

Dufy raconte l'histoire de l'électricité après l'avoir étudiée lui-même de la façon la plus attentive, recherchant documents et archives concernant les savants, refaisant certaines de leurs expériences, visitant centrales et usines.

Après d'innombrables croquis, dessins et aquarelles il couvrit en quatre mois les 600 mètres carrés de la décoration.

Dans la partie centrale il a situé les symboles de l'énergie.

En haut, les dieux de l'Olympe dominant

l'univers. En bas, une centrale électrique, symbole moderne, évoque la maîtrise de la Science et de l'industrie. Entre es deux, la foudre de Jupiter déchire a mythologie, l'homme en ayant percé e mystère.

De part et d'autre de ce motif central se déroule l'histoire de l'électricité.

Dans la partie inférieure 110 personnages représentés chronologiquement de Thalès de Millet à Pierre Curie tracent l'itinéraire de la découverte.

Certains sont caractérisés par l'objet ou l'expérience qui les rendit célèbres.

Au-dessus de ce bandeau historique, Dufy a évoqué la transformation de l'univers par la découverte et l'utilisation de l'électricité.

Le paysage primitif, lentement dessiné par l'homme au rythme des saisons, s'évanouit derrière les hauts fourneaux, les aciéries, les chantiers et les villes tumultueuses.

Mais à la chaleur et au charme des anciens temps a succédé la gaieté du paysage électrique. La Fée Electricité traverse alors la nuit et rassemble autour d'elle les grandes villes, tissant ce réseau

d'informations électroniques qui prolonge l'homme dans le temps et dans l'espace. New York est à portée de Paris ; Rome, Londres sont la banlieue de Pékin... ou pourraient l'être.

Les tours de contrôle guident les avions-paquebots, les ondes diffusent la parole et les sons par-delà les frontières.

De " La Fée Electricité " de Raoul Dufy au " village global " de Mc Luhan, la même conscience exprime la fin d'une civilisation et la naissance d'un nouvel âge : l'âge électronique.

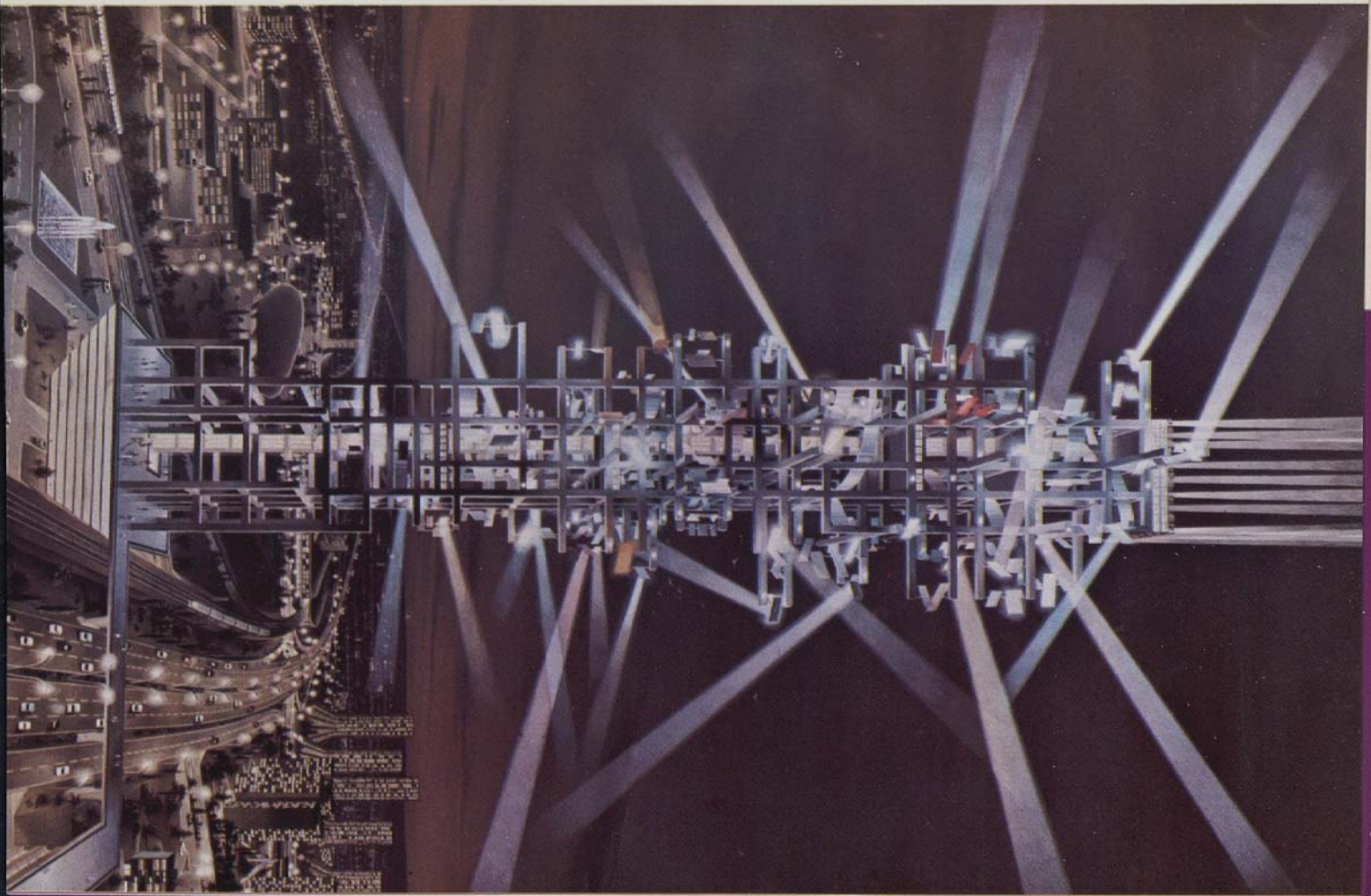
la cybernétique

Les relations de peuple à peuple, étudiées dans les sciences précédentes, ne sont que la moindre partie des objets sur lesquels doit veiller un gouvernement, tout ce qui peut contribuer à l'amélioration de l'état social réclame à chaque instant son attention. Je nomme cette science " Cybernétique ", d'un mot grec qui, pris d'abord dans une acception restreinte pour l'art de gouverner un vaisseau, reçut de l'usage, chez les Grecs même, la signification tout autrement étendue de l'art de gouverner en général.

André-Marie Ampère

La cybernétique est un phénomène indispensable au contrôle et à la régulation de la vie et de tous les phénomènes qui se déroulent dans l'univers... En fait, c'est purement et simplement une organisation dans laquelle on traite et on capte toutes les informations.

Nicolas Schöffer



Tour cybernétique du Rond-Point de la Défense
(Paris) de Nicolas Schöffer
documentation Phillips

terminaux d'ordinateurs P et T

au sommet de la tour 15 projecteurs de 2000 m de faisceau

363 miroirs, 2085 flashes électroniques, 2950 projecteurs, la plupart colorés

programme spécial pour automobilistes aux heures de pointe

Une forme et une fonction
En 1973 elle dominera
Paris de ses 340 m,
59 m d'envergure,

faite de tubes d'acier carrés de 2 m recouverts de feuilles d'acier inoxydable, sup-

porte 14 miroirs cour-

bes articulés à des hauteurs
différentes entre les quelques

200 bras parallèles
organisés en 4 direc-

tions orthogona-
les: 114 axes tour-

nants actionnés par des moteurs électri-
ques à des vitesses variables. Au centre

de la tour un cerveau,
cellules photo-électri-

ques, thermomètres, hygromètres
mouvements, rythmes,

intensité, colo-
ration détermin-

nés par le cerveau cyber-
netique. Une forme une

fonction et un
langage : si le

temps varie au beau la tour
s'habille de bleu, si le temps

devient mauvais elle s'habille
de rouge. Un programme

spécial est émis pour
les automobilistes. Un

objet d'art, un
lieu public, une

forme, une fonction
et un langage, 7 plates-

formes intérieures,
3 ascenseurs, 2 restaurants dont

1 tournant, des bureaux, des
boutiques, des salles de confé-
rences, des salles de projections

ordinateur RATP relié au cerveau cybernétique

au rond-point de la
défense

mouvements rythmes intensité coloration

terminaux d'ordinateurs SNCF

située dans le complexe futur du ministère de l'éducation nationale
renseignements sur le trafic urbain

Le mouvement dans l'art ou l'art du mouvement

Le mouvement en tant que thème, ou plus secrètement en tant que dimension plastique, a été assez souvent au centre des préoccupations artistiques à d'autres moments de l'histoire. Mais, à partir de l'impressionnisme, il nous semble que l'importance donnée à l'élément mouvement par des artistes de plusieurs générations successives, a joué un rôle important dans sa libération à travers une dialectique qui allait de pair avec la disparition du sujet et la manipulation des images en art...

Le mouvement objectif des impressionnistes a été opposé au mouvement subjectif de Redon et de Rodin ; le mouvement objectif, influencé en partie par la photographie et les théories scientifiques chez les néo-impressionnistes, a été opposé au mouvement subjectif dans l'œuvre de Van Gogh, Gauguin, Ensor, Munch, Holder et Bourdelle à l'époque de la génération tragique.

Simultanément, les premiers signes de l'abstraction se ressentent dans le mouvement graphique du modern style. Autour de 1912, à la génération suivante, prodigieusement inventive, un mouvement intellectuel s'est intercalé entre les mouvements objectif et subjectif. C'est la dernière fois que la thématique du mouvement revêt une importance égale à l'expression plastique du mouvement.

Le mouvement objectif des cubistes et de Delaunay coexiste avec le mouvement d'origine intellectuelle chez les futuristes Picabia, Duchamp, les vorticistes, rayonnistes, suprématistes et constructivistes, ainsi qu'avec le mouvement subjectif et senti des fauves, des expressionnistes, de Kandinsky et de Klee.

A la génération active autour de 1930, le mouvement objectif, surtout au moyen d'incitations visuelles abstraites, se relie aux préoccupations psychophysologiques, tandis que le mouvement intellectuel du surréalisme a des rapports étroits avec la psychanalyse, le monde onirique et l'écriture automatique. Le mouvement subjectif des expressionnistes figuratifs et abstraits mènera à une mise en valeur du geste et à l'animation de la peinture par des rythmes libres chez les Actions Painters. A cette génération, la sculpture s'anime également grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux, le plexiglas et le fil de fer.

A travers ces quatre générations on pourrait apercevoir, comme en filigrane,

la naissance d'un nouvel art, basé sur l'utilisation du mouvement en tant qu'élément indépendant et réel.

Les origines de ce qu'on peut appeler l'art cinétique ont été d'ordre plastique, intellectuel, naturel et technologique. L'influence d'autres arts s'y fait aussi sentir. Des constructions mi-artistiques, mi-techniques, comme les machines hydrauliques, les automates et le cinématographe y occupent une place privilégiée.

L'art cinétique actuel se compose d'œuvres en mouvement virtuel et mouvement réel, à deux ou trois dimensions...

La source du mouvement virtuel remonte aux pratiques contraignantes du trompe-l'œil et des anamorphoses de l'Antiquité, de la Renaissance et du Baroque. Ce courant s'est scindé en plusieurs groupes de recherches plastiques fondées sur des incitations visuelles abstraites, selon chaque élément plastique (graphisme, couleur, valeur, luminosité, relief, volume). Delaunay ainsi qu'Herbin, Albers et les autres maîtres du Bauhaus ont pris une part importante dans cette évolution.

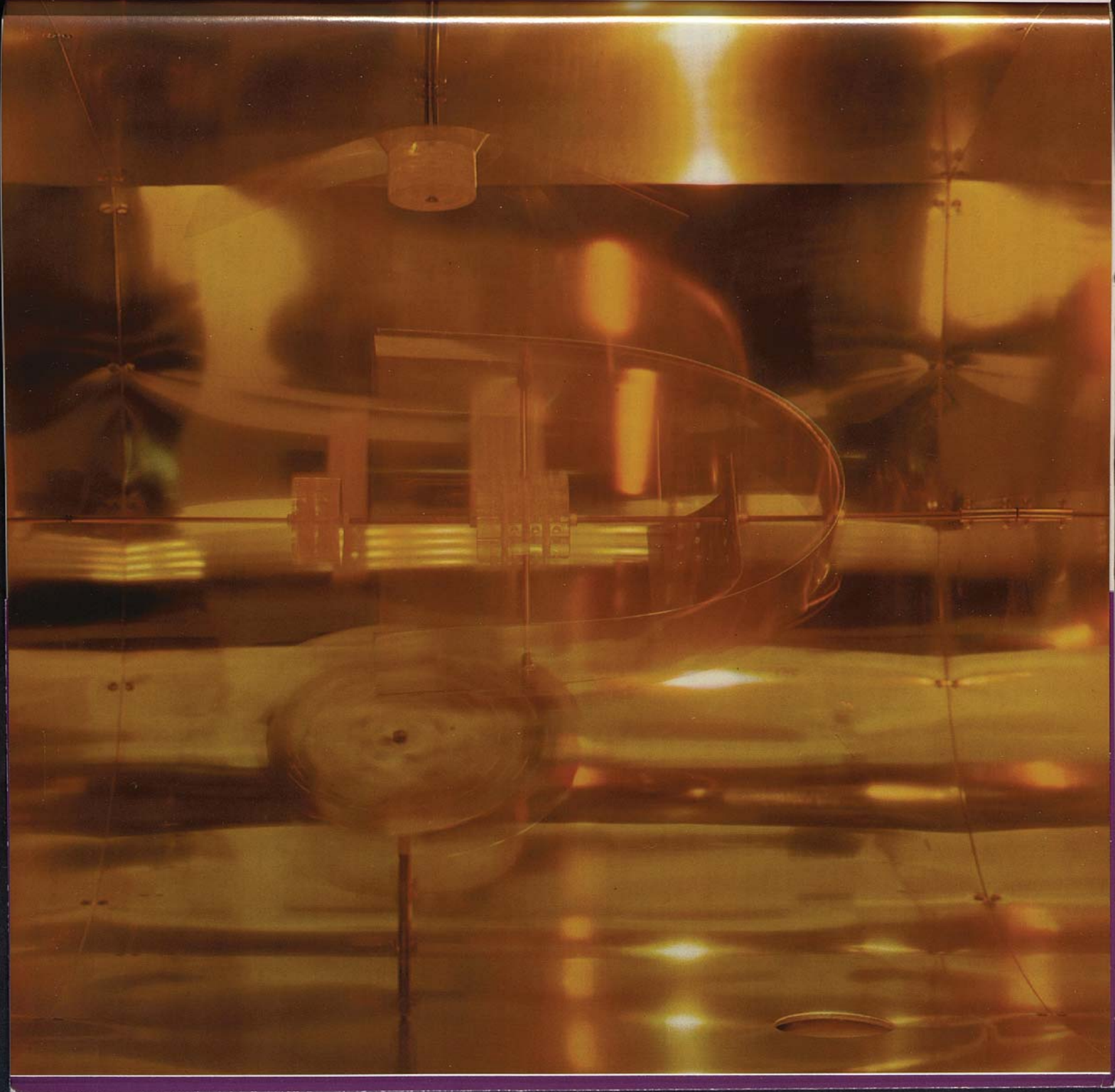
Nous avons pu suivre les péripéties de cette démarche à travers les œuvres de plusieurs artistes contemporains dont les chefs de file sont Vasarely, Agam et Soto... Ainsi les sensations de mouvement ont été provoquées par la participation active du spectateur, c'est-à-dire surtout par son déplacement devant l'œuvre ou par la manipulation des éléments de ces œuvres. Une dimension ludique et pédagogique a pu être introduite et une nouvelle relation entre l'artiste, l'œuvre d'art et le spectateur a pu naître.

Quant aux œuvres tri-dimensionnelles en mouvement réel, on peut les diviser, selon leur degré de visibilité, en machines et en mobiles.

Ce courant est passé par ce qu'on appelle l'esthétique de la machine qui l'a marqué de sa problématique : une antinomie entre constructivisme et dadaïsme propre aux années 1910-1920. La modernisation des futuristes s'est muée en œuvres réalistes ou surréalistes signées Duchamp, Tatlin, Gabo, Archipenko et Moholy-Nagy...

Un appareil théorique accompagne la naissance de ce courant : manifestes de Gabo et Pevsner, Moholy-Nagy et Kéményy...

La plupart des machines sont mues par



Microtemps 19 (1965) de Nicolas Schöffer
galerie Denise René

des forces électro-mécaniques, mais les forces humaines, les mouvements hydrauliques et magnétiques voire les forces solaires et les machines cybernétiques, / trouvent également leur place...

es mouvements des mobiles n'ont généralement pas retenu longtemps l'attention des artistes. Cependant, ils ont joué un rôle important dans l'affirmation de l'art cinématique en général.

À la suite des contre-reliefs, des constructions et objets dadaïstes suspendus, Calder a conféré des valeurs esthétiques durables à ses constructions mobiles. Des matériaux légers comme le bois, le fil de fer et le plexiglas ont été exploités pour construire des mobiles à partir d'éléments géométriques simples ou pour susciter des effets de transparence lumineuse. Les forces des univers physiques et chimiques ont été mises au service de la recherche artistique du mouvement imprévisible : l'eau, le feu et les acides entrent ainsi d'une manière parfois inattendue dans le domaine du mouvement dans l'art.

Un dernier groupe d'œuvres important le l'art cinétique met en valeur les mouvements lumineux. L'origine de ces œuvres remonte à trois sources bien distinctes : les orgues à couleurs, le cinéma et les décors de théâtre mobiles. Les mouvements lumineux se manifestent, en principe, sur une surface — écran ou mur — et peuvent être accompagnés de musique. Ces changements de formes colorées dans des œuvres et spectacles divers deviennent la base d'un véritable art vers 1920...

Un renouvellement de ce moyen d'expression s'opère autour de 1950 et des œuvres importantes voient le jour, qui se distinguent les unes des autres particulièrement par l'échelle à laquelle elles sont conçues.

Ainsi, à une échelle réduite, les appareils cinéchromatiques, les tableaux lumineux, les œuvres chromocinétiques et les mobiles lumineux sont en réalité des peintures mouvantes.

À l'échelle des signes, l'invention des formes en mouvements projetés frise le domaine de l'application utilitaire.

Certaines œuvres luminodynamiques de Schöffer et le Cosmorama de Darie, sont conçus sur une échelle encore plus grande et nous font entrer dans le

domaine du spectacle, tandis que la Cinépeinture de Valensi se situe à la frontière des arts plastiques et du cinéma...

Des mouvements synchronisés semblent ainsi préparer l'avènement de nouvelles formes d'art du spectacle. L'application, l'intégration et le parallélisme dans l'architecture, dans l'urbanisme et dans l'industrie, des œuvres plastiques en mouvement ont été également mis en évidence.

Mais un fait nous paraît sûrement acquis, c'est qu'à travers des étapes bien précises depuis le milieu du siècle dernier, les inventeurs plastiques ont exploité une gamme toujours croissante de techniques et de matériaux nouveaux, et qu'en poussant leurs recherches esthétiques jusqu'aux catégories les plus élevées, ils ont transformé l'image du mouvement dans l'art en un véritable art du mouvement.

Frank Popper
Docteur de l'Université de Paris
Institut d'Esthétique et
des Sciences de l'Art
Extraits de l'Art Cinétique
éditions Gauthier-Villars

Nicolas Schöffer

1912	Né en Hongrie
1936	Beaux-Arts de Budapest - installation en France
1948	Théories sur le " spatio-dynamisme "
1950-1954	Sculptures - expositions - une tour au Salon des Travaux Publics (Paris)
1955	Dessine une maison aux cloisons invisibles avec des zones de température, de lumière, de couleur et de sonorité différenciées (Paris)
1956	Première sculpture cybernétique CVSP I création d'un ballet avec Maurice Béjart
1957-1959	Théorie sur le " luminodynamisme " sculptures en mouvement avec projections
1959-1960	Théorie sur le " chronodynamisme "
1961	Tour Spatio-dynamique et Cybernétique de Liège de 52 m avec jeux de lumière
1963	Première présentation de la maquette de la " Tour Lumière Cybernétique " destinée au Rond-Point de la Défense (Paris)
1963-1968	Expositions Internationales
1968	Premier grand prix à la Biennale de Venise Sortie du " Lumino " première œuvre d'art luminodynamique conçue et fabriquée industriellement en grande série par la Société Philips
1969	Expositions - spectacles audio-visuels - parution de " La Ville Cybernétique " (Tchou)
1970	Exposition Internationale Osaka, Japon

musique du XXI^e siècle

Depuis que les compositeurs puisent dans les mathématiques et dans les sciences physiques, les ingénieurs électroniciens sont devenus musiciens.

Des magnétophones aux modulateurs, l'intervention de l'électronique modifie profondément l'expression musicale, aussi ne devons-nous pas nous étonner de voir figurer une présentation de la musique électroacoustique dans une exposition sur l'électrotechnique.

Depuis les premiers travaux de Pierre Schaeffer en 1948 qui réalisa des "concerts de bruits", la musique expérimentale s'est imposée. Musique concrète lorsqu'elle est réalisée à partir de bruits, ou musique électronique lorsqu'elle est réalisée à partir de sons artificiels, elle a bénéficié du progrès technique. De plus en plus musique et technique interfèrent, la réussite dépendant de l'exigence et de la maîtrise de l'artiste, "le progrès réel, dit Schaeffer, n'est pas celui des machines, mais celui des hommes".

Le Groupe de Recherches Musicales, issu du studio d'essai de l'O.R.T.F., auquel s'est joint un Groupe de Recherches Images, tente de forger une écriture nouvelle, totale, empruntant aux autres arts leurs ressources. Les concerts-spectacles rassemblent des éléments sonores et visuels (projections de diapositives, de films, effets cinématiques).

G.C.

La musique concrète, découverte en 1948 par Pierre Schaeffer, utilise tous les sons, de préférence les sons naturels, les enregistre et les "compose expérimentalement par une construction directe, aboutissant à réaliser une volonté de composition sans le secours, devenu impossible, d'une notation musicale ordinaire" (P. Schaeffer). Le compositeur n'écrit pas une partition pour la faire ensuite exécuter par des instrumentistes (ou des machines), mais travaille directement sa matière sonore, comme le sculpteur sa glaise, en manipulant, montant et mixant des sons inscrits sur la bande magnétique, et, dans la plupart des cas, préalablement suscités et enregistrés par lui-même.

La musique électronique proposée en 1950 par Herbert Eimert, utilisait des sons fournis exclusivement par des générateurs de fréquence (de sons sinusoïdaux, de bruits blancs, d'impulsions, etc.) et les combinait selon les lois généralement sérielles, d'après une partition écrite avec la plus grande précision. Plus encore qu'une simple différence de matériau, il y avait là deux façons opposées de faire de la musique, musique concrète ou musique électronique, électroacoustique. Après des années de concurrence et de polémique, les "frères ennemis" se réconciliaient dans la musique électro-acoustique, terme non encore consacré par l'usage courant, parce que trop long.

Aujourd'hui, la musique électro-acoustique est entrée sournoisement dans les mœurs, par le biais de la musique pop, de la musique de film, des spots publicitaires, etc. Le seul compositeur d'avant-garde dont l'audience a dépassé les festivals et les concerts spécialisés, est un compositeur de musique pour bande, Pierre Henry. Mais les équivoques, les ignorances et les parti-pris sont restés les mêmes.

Quelle est la révolution apportée dans la musique par l'électricité ? Certains la situent dans les timbres nouveaux rendus par les générateurs de fréquence ou les instruments électroniques. En fait, ces timbres sont pauvres, raides et stéréotypés, et si des dispositifs d'invention récente comme le Moog (utilisé par Walter Carlos pour Switched on Bach) permettent d'en enrichir et d'en assouplir l'emploi, c'est en prenant les sons naturels comme modèles. Précisons à ce propos que les sons naturels ne se limi-

tent pas aux bruits mécaniques et industriels, très rarement utilisés dans les œuvres de musique concrète, bien que beaucoup d'auditeurs non accoutumés croient les y reconnaître. Le musicien tire plus souvent ses matériaux sonores de tôles, de tringles, d'instruments traditionnels, de "bidules" divers, plus ou moins burlesques d'aspect, qu'il émeut, chatouille, excite, explore avec des percuteurs, des archets, etc.

La véritable révolution apportée par l'électricité réside dans la possibilité d'enregistrer, de reproduire et de manipuler tous les sons quels qu'ils soient, sur ce support neutre qu'est la bande magnétique.

Cette révolution ne se borne donc pas à l'invention d'une musique nouvelle, elle affecte l'ensemble des musiques traditionnelles ou contemporaines, dans leur contenu, leur interprétation, leur fonction, leur diffusion. Un disque de variétés, pop ou non, contient parfois autant de manipulations, propose un univers sonore aussi artificiel qu'une œuvre de musique pour bande. Il est réalisé par montage et mixage d'enregistrements faits indépendamment, éventuellement agrémente de "réverbération" artificielle, et la plupart du temps il s'achève sur un "shuntage" réalisé progressivement au potentiomètre. Même en direct, il faut au chanteur de variétés, pour se donner tout cru en pâture à son public, l'intermédiaire d'une sonorisation qui permet au plus éloigné de ses admirateurs d'entendre ses susurrements comme s'il était blotti au fond de sa gorge.

Ainsi se rejoignent Sylvie Vartan et Karl Stockhausen. Mais, si Sylvie Vartan s'exprime dans un langage constitué, codé, assimilé, Stockhausen balbutie une musique perfectionnée, coûteux et encombrants employés par les compositeurs ne doivent pas faire illusion : la musique électro-acoustique est primitive. Si les moyens de production et de manipulation des sons ont considérablement progressé depuis vingt ans, on ne sait pas mieux comment assembler et faire parler les matériaux que l'on sait si bien fabriquer. Les dernières œuvres électro-acoustiques ne marquent aucun progrès de langage par rapport à la vénérable "Symphonie pour un homme seul" de Pierre Schaeffer et Pierre Henry, composée en 1950. Beaucoup sont un agrégat confus d'effets de "trucs", de procédés empruntés à la

des disques

Francis Bayle
Espaces inhabitables, l'Oiseau chanteur, Lignes et points, l'Archipel
Philips - Prospective XXIe siècle 836 895

Luciano Berio
Momenti et Omaggio a Joyce
Philips - Prospective XXIe siècle 836 897

Luc Ferrari
Heterozygote, J'ai été coupé
Philips - Prospective XXIe siècle 836 885
Und so weiter, Music promenade
Wergo 75.70

Pierre Henry
Le voyage 836.899, Variations pour une porte et un soupir 836.898, L'apocalypse 837.923 à 837.925,
Ceremony 849.512
Philips - Prospective XXIe siècle

Pierre Henry et Pierre Schaeffer
Symphonie pour un homme seul (à paraitre)
Philips - Prospective XXIe siècle

Ivo Malec
Danori, Miniatures pour Lewis Carroll, Sigma,
Cantate pour elle
Philips - Prospective XXIe siècle 836 891
Oral

Erato - STV 70.431
Bernard Parmegiani
Violostries, Capture éphémère, Bidule en ré
Philips - Prospective XXIe siècle 836.889

Karl Heinz Stockhausen
Chant de la Jeunesse 138.811, Hymnes pour sons électroniques et concrets, coffret, de 2 disques
Deutsche Grammophon 139.421.22
Mikrophonie, 1 coffret de 2 disques
Deutsche Grammophon S.77.230

Edgar Varese
Poème électronique S.75.695
Arcana, Déserts, Offrandes 75.106
C.B.S.

Iannis Xenakis
Orient Occident
Philips - Prospective XXIe siècle 836 897

24 compositeurs
Electronic panorama, coffret 4 disques réunissant les plus grands compositeurs
Philips - Prospective XXIe siècle 6740.001

Maeché, Vandelle, Philippot, Ferrari, Boucourchilev, Malec, Brown, Bayle, Carson
Musique expérimentale I et II
B.A.M. - LD.071 (I) - LD.072 (II)

Solal et Rouxel
Les Shadoks - livre disque
Barclay - 80.380

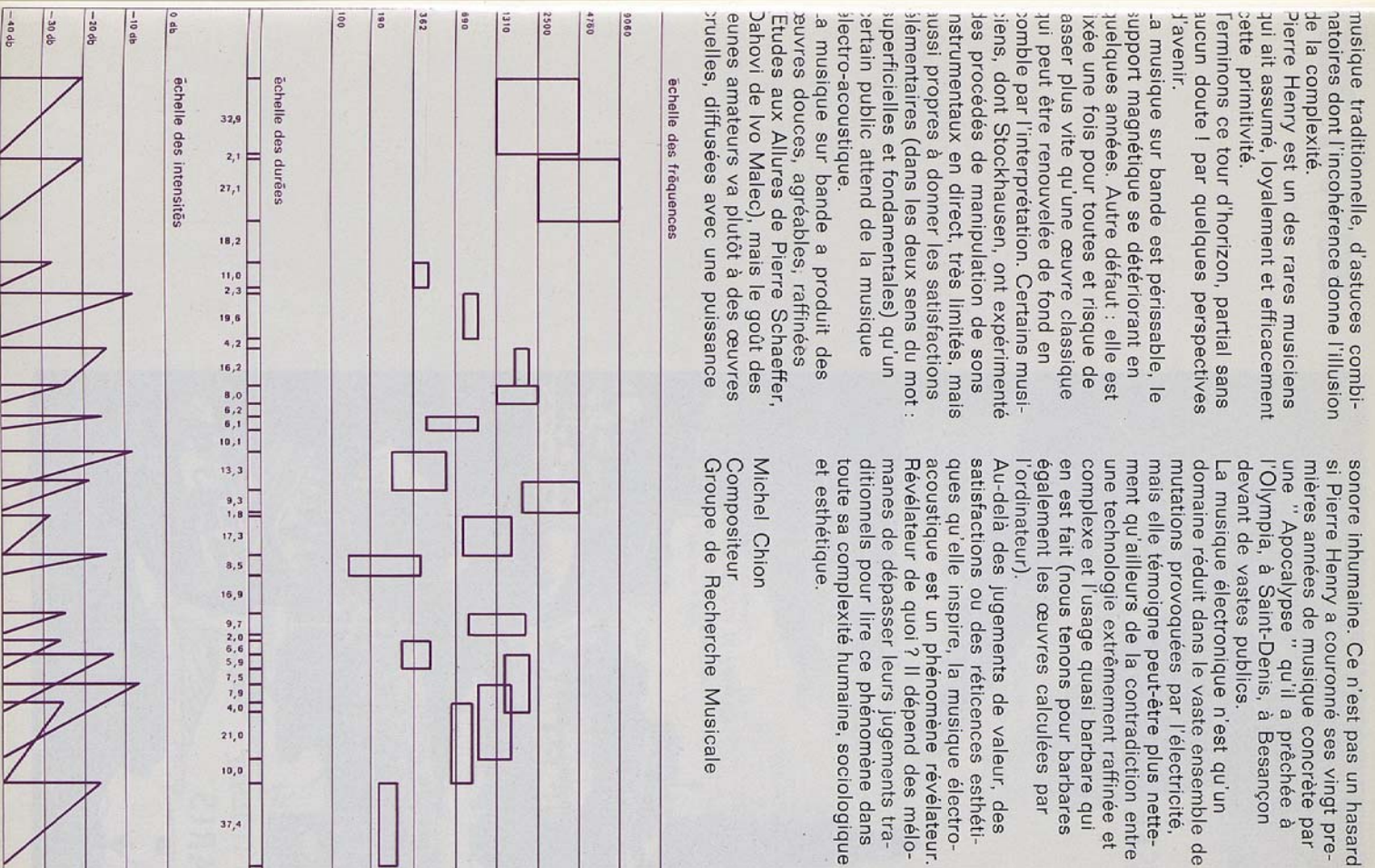
Nombreux disques de groupes pop, tels que les Mothers of Inventions, Soft machine, Pink Floyd

quelques livres

Pierre Schaeffer
Traité des objets musicaux
Editions du Seuil

La musique concrète
P.U.F., collection Que sais-je ?
A la recherche d'une musique concrète
Editions du Seuil

Exemple de notation de musique électronique



musique traditionnelle, d'astuces combinatoires dont l'incohérence donne l'illusion de la complexité.
Pierre Henry est un des rares musiciens qui ait assumé, loyalement et efficacement cette primitivité.
Terminons ce tour d'horizon, partiel sans aucun doute ! par quelques perspectives d'avenir.

La musique sur bande est périssable, le support magnétique se détériorant en quelques années. Autre défaut : elle est l'exécutée une fois pour toutes et risque de passer plus vite qu'une œuvre classique qui peut être renouvelée de fond en comble par l'interprétation. Certains musiciens, dont Stockhausen, ont expérimenté des procédés de manipulation de sons instrumentaux en direct, très limités, mais aussi propres à donner les satisfactions élémentaires (dans les deux sens du mot : superficielles et fondamentales) qu'un certain public attend de la musique électro-acoustique.

La musique sur bande a produit des œuvres douces, agréables, raffinées. Etudes aux Allures de Pierre Schaeffer, Dahovi de Ivo Malec), mais le goût des jeunes amateurs va plutôt à des œuvres brutelles, diffusées avec une puissance

sonore inhumaine. Ce n'est pas un hasard si Pierre Henry a couronné ses vingt premières années de musique concrète par une " Apocalypse " qu'il a prêchée à l'Olympia, à Saint-Denis, à Besançon devant de vastes publics.

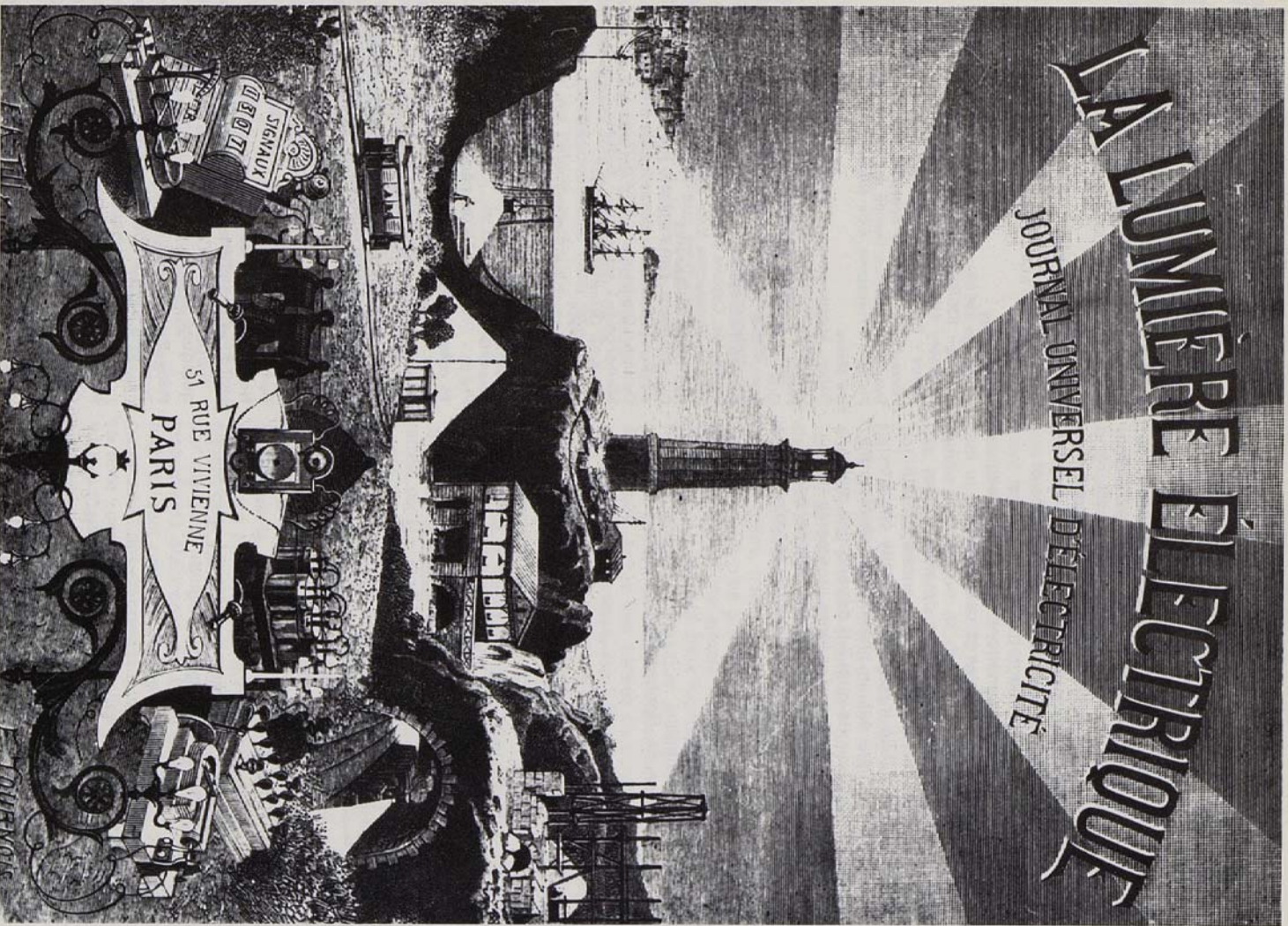
La musique électronique n'est qu'un domaine réduit dans le vaste ensemble de mutations provoquées par l'électricité, mais elle témoigne peut-être plus nettement qu'ailleurs de la contradiction entre une technologie extrêmement raffinée et complexe et l'usage quasi barbare qui en est fait (nous tenons pour barbares également les œuvres calculées par l'ordinateur).

Au-delà des jugements de valeur, des satisfactions ou des réticences esthétiques qu'elle inspire, la musique électro-acoustique est un phénomène révélateur. Révélateur de quoi ? Il dépend des manes de dépasser leurs jugements traditionnels pour lire ce phénomène dans toute sa complexité humaine, sociologique et esthétique.

Michel Chion

Compositeur

Groupe de Recherche Musicale



LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

JOURNAL UNIVERSEL D'ÉLECTRICITÉ

des livres

- Les centrales thermiques - M. Chasseloup et L. Le Maître
Collection "Que sais-je ?" 1961
- La houille blanche - M. Mary et Janod
Collection "Que sais-je ?" 1967
- L'aménagement des cours d'eau - J. Larras
Collection "Que sais-je ?" 1965
- L'hydraulique - J. Larras
Collection "Que sais-je ?" 1965
- Les barrages - M. Mary
Collection "Que sais-je ?" 1965
- Les turbomachines - P. Lefort
Collection "Que sais-je ?" 1969
- Les piles électriques - J. Hladik
Collection "Que sais-je ?" 1965
- Histoire de l'électricité - P. Devaux
Collection "Que sais-je ?" 1969
- Les centrales nucléaires - G. Parreins
Collection "Que sais-je ?" 1963
- L'électricité en France - H. Rousseau
Collection "Que sais-je ?"
- Electricité magnétisme - M. Boll
Collection "Que sais-je ?"
- Electricité (6 volumes)
Principes d'électricité (4 volumes)
Enseignement programmé
Editions Gamma 1968
- Faraday - G. Hirtz
Ed. Gauthier-Villars
- Ampère - L. Poudensan
Ed. Gauthier-Villars
- Coll. Savants du monde entier - Branly
Ed. Seghers
- Coll. Savants du monde entier - Franklin
Ed. Seghers
- La houille blanche - V. Sylvestre
Ed. Rey (Grenoble)
- Histoire de la houille blanche - L. Barbillon
- Les pionniers de la houille blanche et de l'électricité
F. Bouchayer
Dalloz 1954 (Paris)
- Encyclopédie de l'électricité
Ed. Larousse
- Encyclopédie Bordas n° 7
- La science contemporaine sous la direction
de L. Leprince-Ringuet
Ed. Larousse
- Clefs pour la cybernétique
Ed. Seghers
- Clefs pour la technique
Ed. Seghers
- L'électricité - livre d'images des sciences
et des inventions
Ed. Rencontre (bibliovision)
- La communication livre d'images des sciences
et des inventions
Ed. Rencontre (bibliovision)
- Energétique - les besoins d'énergie
P. Allieret
Ed. Eyrolles 1963
- Ondes et messages - science/poche
J.-R. Pierce
Ed. Dunod
- Dictionnaire de l'électronique
Larousse
- Aide-mémoire d'électricité appliquée
L.-D. Fourcaut et P. Margrain
Ed. Dunod 1969
- Installez et réparez vous-même votre électricité
Collection Eyrolles n° 4
- Toute l'électricité (Principe de base - Applications
à tous les domaines) - Massin
Ed. Radio (Paris)
- L'électricité (Je fais tout moi-même)
Marabout-Flash
- La communication (presse - cinéma - télévision)
O. Burgein
Ed. Le point de la question
- Mythologies - R. Barthes
Ed. Seuil

des films 16 mm



Cinémathèque EDF - 25 rue Cambon - Paris-1er 75286-71

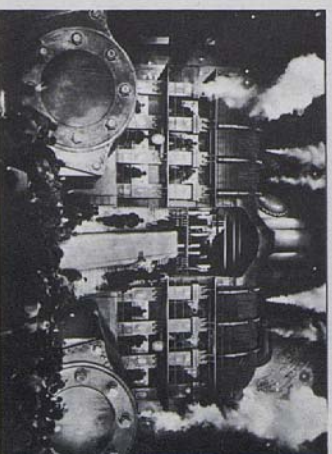
- LE MONT-CENIS
couleur 21 mn 1970
- LE L'EAU, DE L'ENERGIE, LA DURANCE
couleur 22 mn 1969
- BERTHEIM
couleur 20 mn 1970
- L'USINE MAREMOTRICE DE LA RANCE
couleur 15 mn 1967
- LE CŒUR DE LA SAVOIE
couleur 18 mn 1960
- CENTRALES THERMIQUES
couleur 18 mn 1970
- LE PROGRAMME NUCLEAIRE FRANÇAIS
couleur 10 mn 1968
- LES PREMIERES CENTRALES NUCLEAIRES D'EDF
couleur 20 mn 1964
- MOOZ
couleur 18 mn 1966
- UN REACTEUR NUCLEAIRE
couleur-animation 10 mn 1963
- NOUVEMENTS
couleur 20 mn 1970
- LESEAU 70
couleur 18 mn 1966
- LIASON FRANCE-ANGLETERRE
couleur 20 mn 1962
- LE POSTE DE VILLEUST
couleur 33 mn 1962
- PARTOUT L'ELECTRICITE
couleur 10 mn 1970
- KILOWATTS-HEURE ET CALORIES
couleur 25 mn 1963
- ETINCELLES
couleur 11 mn 1959
- FELIX ET FONTAINE
N.B. 10 mn 1962
- LE PLUS GRAND TABLEAU DU MONDE
couleur 13 mn 1963

Cinémathèque
"Service du Film de Recherches Scientifiques"
96 boulevard Raspail - Paris-6e - 548.95.25
INTRODUCTION A L'ELECTROSTATIQUE
couleur 33 mn 1963



Cinémathèque des P & T
56 rue Cler - Paris-8e - 566.22.22
LE CHAMP DU POSSIBLE
couleur 22 mn 1962
POUR TROIS MILLIARDS D'HOMMES
N.B. 28 mn 1965

Cinémathèque SNCF
9 quai de Seine - 93 Saint-Ouen - 254.13.60
IMPRESSIONS DE VITESSE
couleur 10 mn 1960
LE TOUR DU MONDE EN 50 PERIODES
couleur 33 mn 1960
LE CAPITOLE
couleur 4 mn 1969



Cinémathèque du Consulat général du Canada
24 avenue du Prado - 13 Marseille-6e
ENERGIE ET SON HISTOIRE
couleur 8 mn 1966
LA PREVENTION DES INCENDIES
couleur 19 mn 1962
COMMENT SAVOIR
N.B. 1 h 12



Cinémathèque MERLIN GERIN
cedex 83 - 38 Grenoble
E = —
M —
G —
couleur 28 mn 1968
LE MOTEUR LINEAIRE
couleur 6 mn 1967

THÉÂTRE DES MENUS - PLAISIRS
EX-COMÉDIE PARISIENNE (Bd de Strasbourg, 14)

TOUS LES SOIRS A 8 H 1/2

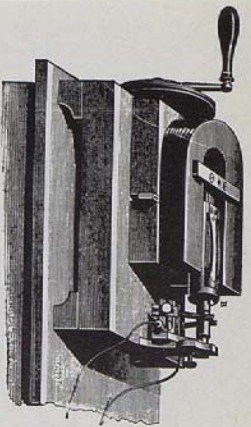
LES INVISIBLES



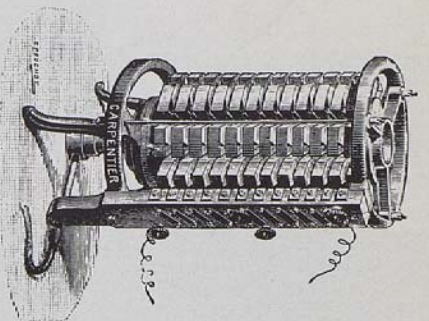
VOYAGE AU MONDE DES INFINIMENT PETITS
VUS AU MICROSCOPE GÉANT ÉLECTRIQUE

Musée des Arts Décoratifs, Paris

des musées



Exposition n° 21



n° 74

Musée de l'Électricité - Maison d'Ampère
Polemieux 69

tél. 47.30.57

visites : 9 à 17 h, sauf mardi

Musée des Arts Décoratifs - Paris-8e

107, rue de Rivoli

tél. 742.22.94

visites : 10 à 12 h - 14 à 17 h

sauf lundi, mardi et jours fériés

Musée d'Art Moderne de la Ville de Paris

Paris-16e

9, rue Gaston-de-Saint-Paul

tél. 553.48.10

visites : 10 à 17 h 45

sauf lundi, mardi et jours fériés

Musée Berçes / Lancey 38

tél. 89.43.13

visites : sur rendez-vous

Musée Dauphinois / Grenoble

30, rue Maurice-Gignoux

tél. 44.05.98

visites : 10 à 12 h - 14 à 18 h

sauf mardi, mercredi, jours fériés

Palais de la Découverte / Paris-8e

Avenue Franklin-Roosevelt

tél. 225.17.24

visites : 10 à 18 h

sauf lundi et jours fériés

Conservatoire National des Arts et Métiers

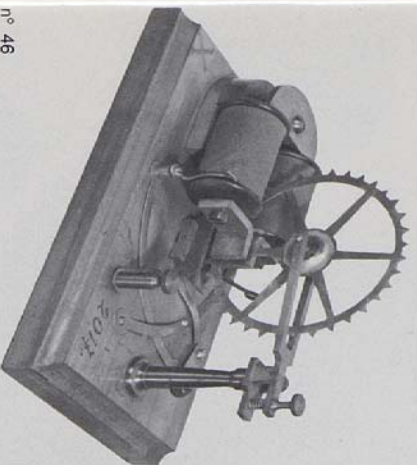
Paris-3e - 292, rue Saint-Martin

tél. 867.37.38

visites : 13 h 30 à 17 h 30

sauf lundi et jours fériés

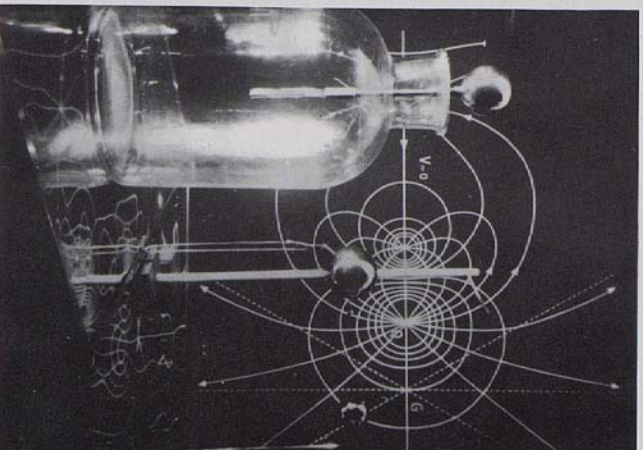
n° 46

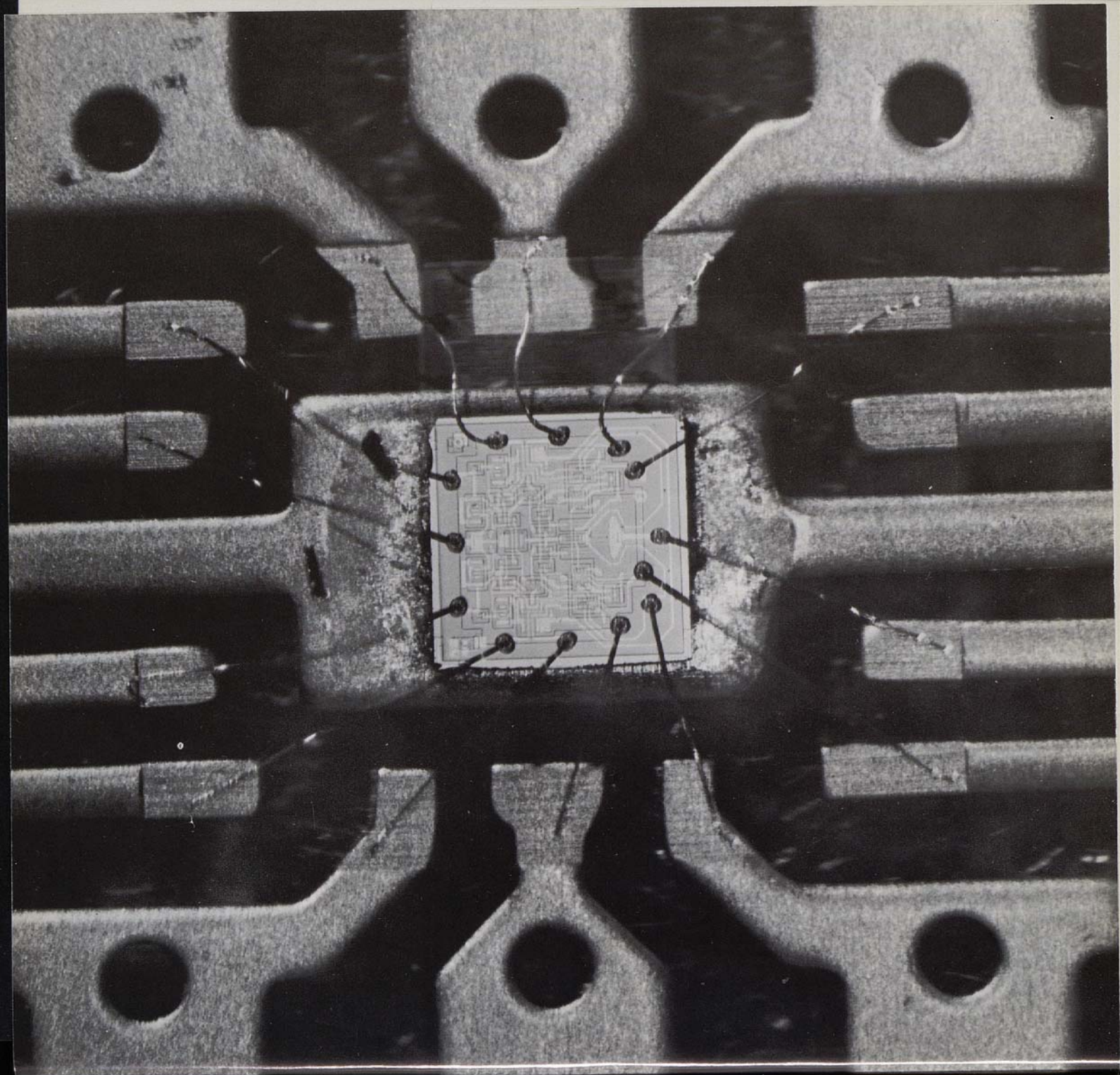


n° 8

n° 36

Expérience du Palais de la Découverte





documentation photo

- Aisthom, Paris, page 16 (n° 1)
- Bibliothèque Universitaire des Sciences, St-Martin-d'Hères, pages 19 (n° 42), 25, 36, 48, 49, 56, 66, 78, 88, 93 (n° 21, 74)
- Cinémathèque Française, Paris, page 91
- Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, pages 17 (n° 22, 23, 24, 25, 26), 18 (n° 27, 28, 29, 30, 31, 33)
- EDF, Paris, pages 8, 38
- Galerie Denise René, Paris, page 79
- Guillard, photographe, Saint-Egrève, page 2
- Institut Polytechnique, Grenoble, pages 22 (n° 69, 70), 23 (n° 71, 72, 73, 75, 76), 24 (n° 78, 79, 80, 81)
- Losfeld, éditeur, Paris, page 65
- Merlin Gerin, Grenoble, pages 6, 19 (n° 44, 45, 47, 48, 49), 20 (n° 50, 52, 53, 54, 55), 21 (n° 56, 58, 62), 42, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 93 (n° 46)
- Musée des Arts Décoratifs, Paris, pages 16 (n° 5, 6, 12), 18 (n° 32), 90, 92, 93 (n° 8)
- Musée Bergès, Lancey, pages 17 (n° 16), 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35
- Musée Dauphinois, Vernotte, photographe, Grenoble, pages 18 (n° 35, 37), 19 (n° 38, 39), 93 (n° 36)
- Neyrpic, Grenoble, page 22 (n° 66, 67, 68)
- Palais de la Découverte, Paris, pages 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 58, 64, 68, 93
- Régie Gaz Electricité de la Ville de Grenoble, pages 24 (n° 84), 44, 45
- Thomson CSF, Roger Violet, page 94

(les références entre parenthèses correspondent aux pièces exposées)

électr'71
a été réalisé à l'occasion
du cinquantième
anniversaire de merlin gerin

production

merlin gerin
service information
maison de la culture

réalisation graphique

merlin gerin
studio

maison de la culture
philippe nahoum

conseiller scientifique
maison de la culture
pierre bintz

catalogue
studio merlin gerin

conseil en communications
claude pécuria
secrétariat général
éllane richard

