

Centenaire de l'expérience de Heinrich Hertz

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de Palud 4, 1800 Vevey

C'est en 1888 que le grand physicien Heinrich Hertz fit sa célèbre expérience de production et de mise en évidence des ondes électromagnétiques. Lorsqu'on se penche sur les différentes étapes du développement de la connaissance de l'électricité, on est ému de constater avec quels faibles moyens, les anciens ont procédé à la découverte des premières lois et principes fondamentaux. A notre époque où l'on se gausse volontiers de l'importance de nos connaissances actuelles, il est extrêmement salutaire de redécouvrir le patrimoine du savoir légué par nos savants, jusqu'à cette célèbre expérience qui fut de première importance pour l'humanité toute entière. Reportons nous à l'aube de l'histoire de l'électricité car c'est bien d'elle qu'il s'agit, toutes autres dénominations telles qu'électronique, informatique et autres ne font qu'utiliser les propriétés et lois fondamentales de l'électricité, chapitre important de la physique.



Les premières manifestations de l'électricité constatées par l'homme furent probablement les éclairs suivis de la décharge brutale contre la terre ce qui ne manqua pas de terrifier l'humanité pendant plusieurs millénaires. Mais en ces temps re-

culés, personne n'était à même de comprendre même d'une façon très approximative, l'évènement fugace de l'éclair.

Les Egyptiens avaient, d'autre part, certainement remarqué les crépitements produits lorsqu'ils caressaient les chats, et la vénération qu'ils éprouvaient pour cet animal n'est pas étrangère à ce fait. On sait qu'à peu près à la même époque, les chinois connaissaient déjà la boussole, ce qui leurs permettait de naviguer sur l'Océan Indien, et le petit barreau aimanté parvint aux arabes, qui nous le transmirent.

Thalès de Milet fut très intrigué par les substances magnétiques et pensait qu'elles avaient une âme ... pouvant se repousser ou au contraire s'attirer. (-600 Av. J.C.). Pour la première fois, des essais d'explication étaient tentés, qui témoignaient d'un début de curiosité scientifique. Pendant deux mille ans, on en reste là, et aucun élément nouveau ne vit le jour.

Ni la civilisation grecque à son apogée, ni l'empire romain dans sa grandeur, ni le moyen âge européen ne contribuèrent de façon notable à la compréhension de l'électricité et du magnétisme.

En 1214, à peu près à l'époque de la naissance de notre confédération, on en était encore à l'expérience de l'ambre frottée qui attirait des petites particules, et à l'oxyde de fer, bien que comme nous l'avons vu, la boussole était utilisée depuis longtemps par les navigateurs chinois dans l'Océan Indien, au VII^e siècle déjà.

Les arabes apprirent d'eux à se servir de la boussole et nous transmirent ces connaissances au XIII^e siècle.

Jusqu'en 1576 rien de bien nouveau, il est toujours question d'oxyde de fer, de barreaux aimantés et personne n'imaginait qu'en quatre siècles il y aurait un tel feu d'artifices de connaissances nouvelles.

En 1600 Gilbert suggéra que la terre elle-même devait être un gigantesque aimant, il trouva beaucoup de substances frottées capables d'attirer des corps. On put ainsi expliquer l'orientation vers le nord de la boussole magnétique. Le rapport entre la gravité et le magnétisme est encore aujourd'hui une zone obscure de la science.

Gilbert en grand savant de l'époque, fut le premier à effectuer des mesures scientifiques. Il créa le premier instrument de mesure électrique qu'il appela le «versorium» composé d'une petite barre d'une matière non magnétique pouvant pivoter sur elle-même comme une boussole. Gilbert pouvait ainsi évaluer le pouvoir d'attraction des différentes substances frottées, et établit ainsi une liste complète. Et c'est ainsi que ce petit phénomène électrique retint enfin l'attention de l'homme,

partout des chercheurs se mirent à frotter des substances.

On voyait bien que les substances attirées se détachaient de nouveau, mais à l'époque, on était encore bien incapable de déceler, et surtout de comprendre le phénomène de conduction électrique.

La conduction électrique fut découverte en 1730 par Stephen Gray qui put transmettre des charges à l'aide de conducteurs fabriqués avec des morceaux de roseaux. Les hauts voltages facilitaient les déplacements d'électrons même sur de mauvais conducteurs.

Le spectre de la loi d'Ohm planait déjà sur cette expérience. Stephen Gray en bon esprit scientifique établit lui aussi une liste entre les conducteurs et les isolants.

Puisqu'on parvenait à faire circuler un courant électrique pourquoi ne pas songer à stocker une charge. On pensa alors à une bouteille remplie d'eau et Kleist put ainsi accumuler de l'électricité en 1745 à un endroit. Ainsi fut née la bouteille de Leyde qui n'est autre qu'un condensateur, composant d'utilisation courante dans notre électronique contemporaine. Ce fut une expérience extraordinaire et chacun voulut recevoir «sa» décharge.

On commence à entrevoir le lien de parenté existant entre les étincelles produites par les décharges électrostatiques et les décharges bruyantes de la foudre.

En 1746 Benjamin Franklin entendit parler des théories de l'électricité et se plongea entièrement dans la recherche expérimentale. Il reprit et étudia attentivement toutes les expériences et théories, ce qui lui constitua une excellente base de départ pour progresser. Il se trouva ainsi à la pointe des connaissances de l'époque. Après avoir abandonné la théorie des deux fluides (électricité résineuse et électricité vitreuse) qu'il jugea trop compliquée, il proposa plutôt un excès et une déficience du fluide électrique, qu'il nomma électricité positive et négative. Il ne se trompa que sur le fait que ce qu'il présumait être un excès de charges positives était en fait, un manque.

Depuis qu'Edison construisit et expérimenta sa célèbre valve ou tube redresseur, on connut enfin le vrai sens du courant électrique.

Il fallait démontrer le lien existant entre la foudre et l'électricité. Ayant remarqué qu'une plus grande charge d'électricité se concentre dans la partie pointue d'un corps, il eut l'idée de diriger une pointe vers le ciel pour vérifier le lien de parenté existant.

Franklin démontra qu'une charge électrique se répartit uniformément sur une sphère; il n'en va pas de même pour un corps quelconque où une plus grande charge se concentre à l'extrémité la plus mince.

Le paratonnerre éveilla rapidement l'intérêt et une description détaillée en fut donnée dans son fameux almanach de 1753.

Le premier paratonnerre fut installé en 1760 à Philadelphie. Ainsi, la preuve fut faite que l'éclair était de l'électricité.

À l'époque, on ignorait tout de la formidable énergie déployée lors d'un coup de foudre. Le curé de Marly, en 1753, installa un paratonnerre sur son église, reçut une grosse décharge et eut le bras roussi.

À la même époque, le Professeur Reichman de St Petersburg établit un paratonnerre relié à une grosse sphère de métal isolée de la terre. Au cours d'un orage, il en approcha sa tête par inadvertance et fut foudroyé.

Ce fut la première victime de l'électricité.

Winskurst construisit sa machine qui, par frottement sur des disques, permettait d'obtenir des tensions de 100 kV en 1800.

Avant que l'on découvre le courant électrique, on était donc capable d'accumuler des charges énormes. On parvint ainsi à déclencher des arcs électriques de 10 m.

L'électrostatique entra dans sa phase finale.

Période de transition avec le savant italien, professeur d'anatomie Luigi Galvani qui, en 1786 déjà, avait remarqué l'étrange comportement des cuisses de grenouilles qui s'agitaient convulsivement sous l'influence des charges électriques, comme si elles étaient vivantes. Il fit le rapprochement avec sa machine électrique qui était en marche. Il accrocha des pattes de grenouilles enroulées de fil de cuivre à une balustrade de fer. Les pattes s'agitaient à nouveau lorsque la cuisse entra en contact avec du fer mais, cette fois, il n'y avait aucune machine statique à proximité. D'où provenait donc la décharge électrique?

Deux métaux étaient en présence: le cuivre et le fer.

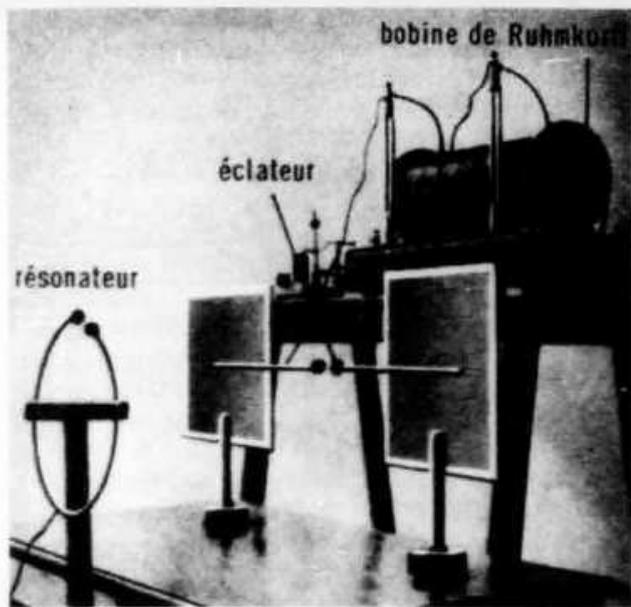
Luigi Galvani crut que la charge provenait de l'animal, publia sa théorie et les savants dressèrent l'oreille.

Volta commença par admettre cette théorie, mais il se sentit troublé en tant que physicien. Selon lui, une charge électrique extérieure causait ce phénomène, provoquée par le contact de 2 métaux différents.

Il engagea ses recherches dans cette voie et commença par accoler des disques de métaux divers en les humectant pour un meilleur contact. Il fit une batterie en empilant ces couplages les uns aux autres et ainsi naquit, en 1791, la célèbre pile de Volta.

Ainsi naquit, également, après bien des tâtonnements, l'électrodynamique car, pour la première fois, un courant électrique était créé, avec d'autres causes que la différence de potentiel électrostatique entre deux sphères, ou armatures.

Ce fut la plus grande de toutes les découvertes en matière d'électricité. Volta ne concevait pas la va-



leur pratique d'un flux continu d'électricité. Mais la voie était dégagée et les grands principes sur lesquels reposent toute l'électricité furent découverts. **En particulier, on peut enfin établir l'association de l'électricité et du magnétisme.**

Il n'y a pas de rapports directs entre une charge électrique inerte et le magnétisme.

L'association du courant électrique et du magnétisme fut observée par Oersted en plein cours, alors qu'il était en train de démontrer l'action calorifique d'un courant électrique sur un fil métallique. Une boussole se trouvait par hasard à proximité. Il observa que, à chaque enclenchement de courant, la boussole déviait pour revenir à sa position au déclenchement. Ce fut une découverte très importante. Ampère formula sa règle pour déterminer le sens de la force:

C'était donc le mouvement, la clé du mystère...

Ampère démontre l'attraction et la répulsion de deux conducteurs parallèles parcourus par un courant. De plus, il découvre qu'une bobine parcourue par un courant se comporte exactement comme un aimant avec un Pôle Nord et un Pôle Sud.

Ohm formula sa fameuse loi.

Joseph Henry construisit un électro aimant.

Restait à découvrir l'induction.

Cette découverte fut faite simultanément par Henry et Faraday.

L'idée fut que, puisqu'un courant électrique produisait une force sur un aimant, une force sur un aimant doit induire un courant.

On peut alors mettre en évidence, à l'aide de limaille de fer posée sur un carton traversé par le fil, l'étroit lien existant entre le courant électrique et le champ magnétique.

En Allemagne, le physicien Georg Ohm découvrit sa fameuse loi.

Ampère eut l'idée de bobiner quelques spires et vit que ce solénoïde s'orientait comme une boussole quand il était alimenté. On arriva à l'électro-aimant.

Joseph Henry réalisa un électroaimant capable de soulever une tonne.

L'idée fut que si l'électricité possédait du magnétisme, le magnétisme devait produire de l'électricité. Le phénomène demeurait insaisissable.

De nombreux savants, entre autre Faraday, plaçaient des fils près d'autres fils, des bobines sur d'autres bobines. Rien ne semblait se passer.

Les chercheurs avaient négligé de tenir compte du fugace instant crucial: **l'important était le mouvement.** Il fallait **une variation** du champ magnétique. Ce fut Henry qui, le premier, découvrit l'existence d'une tension induite et vit la tension induite à l'enclenchement et au déclenchement seulement.

Il découvrit le phénomène de self-induction, d'où la notion très importante de coefficient de self-induction: exprimé en Henry pour rendre hommage à ce très grand savant.

$$e = \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{avec } e: \text{ tension induite en volts}$$

$d\Phi$: variation de flux magnétique
dt: temps nécessaire pour l'obtenir

On réalisa des transformateurs et bobines de Ruhmkorff qui permirent d'atteindre des très hautes tensions. Faraday fit des travaux semblables en 1831. L'induction fut donc découverte en 1832.

- 1832: A cette date, les grandes notions fondamentales étaient découvertes, à savoir:
- La notion de différence de potentiel
 - La notion de charge électrique
 - La notion de courant électrique
 - La notion de résistance ou de conductance des fils
 - La notion d'induction et de self-induction

Depuis cette date, l'électricité entra dans sa phase de création et de mise en application, ainsi:

1840- Le télégraphe (Samuel Morse)

1850: On retient ce nom, mais plusieurs systèmes similaires existent.

1865: Equation de maxwells (pré des ondes Hertiennes)

1870: Werner Siemens réalise la première machine tournante (musée de Munich)

1875: La lampe à incandescence (Edison), ainsi que la diode redresseuse Accumulation 1906

1876: Graham Bell, le téléphone (1ère apparition de l'électronique analogique)

1887: Rudolf Hertz production d'ondes électromagnétiques amorties

...Ainsi, depuis 1832 les grands principes étaient donc connus, il restait maintenant à les mettre en

pratique, ce qui ne manqua pas de poser de gros problèmes étant donné les moyens technologiques limités de l'époque.

Après avoir évoqué ces noms célèbres, il serait injuste de ne pas rendre hommage à la multitude de personnes qui de près ou de loin apportèrent leur contribution aussi modeste soit elle, aux réalisations. Comment ne pas être ému devant la première dynamo de Werner Siemens (exposée au musée technique de Munich), ou devant la première valve d'Edison ou tout simplement devant la première clef de Morse digne de ce nom confectionnée par un artisan anonyme. Et beaucoup d'autres personnes dont les noms resteront à jamais dans l'ombre.

Car si la pensée a ses subtilités, la pratique a ses exigences, et combien de belles idées sont restées sans lendemain enfouies dans les tiroirs, faute d'avoir trouvé les moyens pratiques de les réaliser. Les théories du moteur à réaction sont connues depuis très longtemps, mais il a fallu beaucoup de temps pour qu'une fusée quitte son air de lancement bien droite depuis la vitesse 0 sans s'écraser au sol.

Ainsi ne sous-estimons pas la somme d'acharnement de découragement et de persévérance qu'il a fallu pour arriver à construire, ne serait-ce que la première triode.

Comment l'homme a-t-il eu l'intuition des ondes électromagnétiques? Car encore aujourd'hui malgré toutes les équations écrites pour décrire leurs effets, elles gardent leur part de fascination. Bien sur le magnétisme l'avait déjà habitué à faire des abstractions et à considérer un phénomène par les effets qu'il produit. On peut bien sûr penser que ce sont les équations de Maxwell qui lui montrèrent la direction ou alors l'intuition pure, cette improvisation de l'esprit, qui fit faire tellement de découvertes dans d'autres domaines.

Ce qui étonne dans l'expérience de HERTZ, surtout si l'on observe le montage utilisé pour produire les premières ondes électromagnétiques consciemment, c'est le lien de parenté existant entre une simple étincelle ou un arc électrique, et de la haute fréquence au sens où on l'entend aujourd'hui. Et on se surprend à penser aux efforts jadis de Benjamin Franklin qui voulait établir le lien de parenté entre la foudre et l'électricité. La similitude est frappante avec pour élément central l'arc électrique.

Les éclairs sillonnant le ciel nous rappellent par leurs crachements dans le haut-parleur, qu'ils sont eux aussi de la haute fréquence. Il s'agit là, bien sûr d'ondes amorties à large spectre de fréquences.

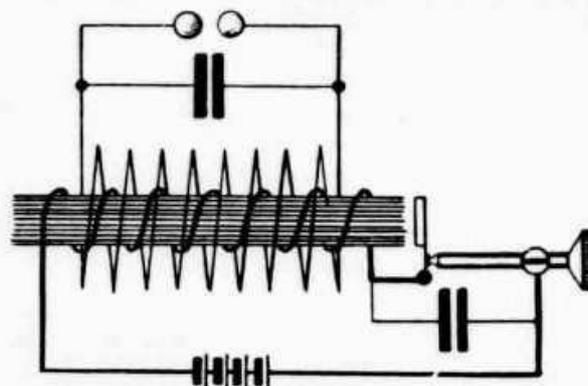
Ainsi, les grosses décharges produites jadis entre deux sphères entre lesquelles existait une différence de potentiel, au temps de l'électrostatique, produisaient déjà des ondes électromagnétiques amorties, mais, à l'insu de tous, puisque personne n'était capable de soupçonner leur existence.

Ainsi, comment Hertz a-t-il procédé pour produire les premières ondes électromagnétiques consciemment? Pour ce savant de génie, la difficulté était double. Il fallait d'une part produire les ondes alors que la technologie de l'époque était nous l'avons vu des plus sommaire. D'autre part, il fallait mettre en évidence l'existence de ces ondes, le cohéreur de Branly ne faisant son apparition que deux ans plus tard soit en 1890.

Rappelons que ce dispositif permet précisément de mettre en évidence les ondes électromagnétiques grâce à un tube de verre rempli de limaille de fer. Hertz a résolu cette double difficulté en réalisant son émetteur à l'aide d'un arc électrique et son récepteur à l'aide d'un éclateur. On distingue très bien ces deux dispositifs sur la photographie. A chaque déclenchement de l'arc électrique d'émission, correspondait également un arc électrique sur l'éclateur de réception placé à proximité. La preuve de la présence d'ondes électromagnétiques allant de l'émetteur (arc électrique) au récepteur (éclateur) fut ainsi établie.

On peut penser que Heinrich Hertz eut lui-même l'idée de renforcer le phénomène en branchant un fil de chaque côté des électrodes tant à l'éclateur d'émission qu'à celui de réception ces fils jouant les rôles respectifs d'antenne et de contre-poids.

Schéma du premier émetteur de Heinrich Hertz



Ondes amorties

Train d'ondes amorties

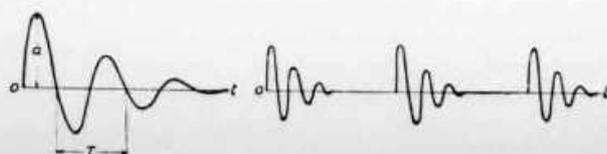
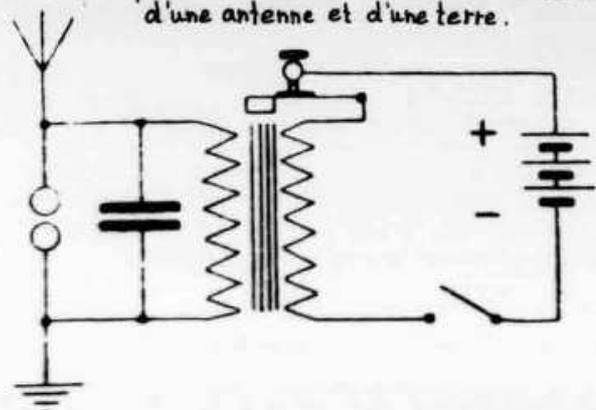


Schéma du premier émetteur de Heinrich Hertz muni d'une antenne et d'une terre.



Conclusions

Nous espérons avoir montré que l'état actuel de nos connaissances, qui autorise des réalisations remarquables n'est dû qu'à la transmission d'un patrimoine nous reppelant des concepts souvent anciens qu'il faut conserver et développer car les découvertes ne s'arrêteront jamais.



INTERNATIONAL

Erste Kurzwellen-Fachtagung im Distrikt Bayern-Süd

Der Distrikt Bayern-Süd lädt ein zur ersten KW-Vortragstagung am 11./12. März 1989 in die Fachhochschule München, Dachauer Str. 98B, 8000 München 2, Hörsaal E 0103; Strassenbahnlinie 15 und 20, Haltestelle Lothstrasse. Leitstation DLØPY auf 145,500 MHz.

PROGRAMM

Samstag, 11. März 1989

- 9.00- 9.30 Eröffnung und Grusswort
- 9.30-10.15 1.) OM Thomas Moliere, DL7AV
Zum CQ-Worldwide-Contest nach Galappagos
- 10.15-10.30 Pause
- 10.30-11.15 2.) OM Walter Geyrhalter, DL3RK
DX und was dazu gehört
Tips und Kniffe von einem Top-DXer und dipl. Manager
- 11.15-11.30 Pause
- 11.30-12.15 3.) OM Hansjoachim Brandt, DJ1ZB
Ist CW noch zeitgemäss?
- 12.30-14.00 Mittagspause
- 14.00-14.45 4.) OM Gerlach, DL2SAX
Funkwellen «wie - wann - wohin»

- 14.45-15.00 Pause
- 15.00-15.45 5.) OM Peter Banzer, DK3GK
Blitz- und Überspannungsschutz
- 15.45-16.00 Pause
- 16.00-16.45 6.) OM Konrad Hupfer, DJ1EE
FET-KW-Endstufen
- 16.45-17.00 Pause
- 17.00-17.45 7.) OM Wickenhäuser, DK1OP
Rauschen, auch im KW-Amateurfunk ein ergiebiges Thema

Sonntag, 12. März 1989

- 9.00- 9.45 8.) OM Lebrecht von Necker, DJ4CT
Funkentstörung
 - 9.45-10.00 Pause
 - 10.00-10.45 9.) OM Alois Krischke, DJØTR
Symmetrierglieder
 - 10.45-11.00 Pause
 - 11.00-11.45 10.) OM Dr. Rohner, DL7TZ
Kriterien für die Auswahl von KW-Antennen
 - 12.00-13.30 Mittagspause
 - 13.30-14.15 11.) OM Alfred Popodi, OE2APM
Die Rauschmessbrücke und ihre Anwendung
 - 14.30 Schlusswort
- Änderungen vorbehalten!

Wir bemühen uns, namhafte Firmen für eine Ausstellung, speziell auf dem Kurzwellensektor, zu gewinnen.

Ferner ist vorgesehen, ein Skriptum über die Vorträge zu erstellen. Dieses wird während der Fachtagung zu erwerben sein. Für das leibliche Wohl steht den Tagungsbesuchern ein bayerisches Brotzeitstüberl zur Verfügung.

Bernhard Sturma, DJ9MF, DV Bayern-Süd



USKA

Mutationen Januar 1989

Neue Rufzeichen

HB9DLP, Guggisberg Beatrice, Unterdorfstrasse 41, 3072 Ostermundigen (ex HB9RGH); **HB9FAD**, Walder Konrad, Via S. Martino, 6943 Vezia; **HB9FMJ**, Hohler Kurt, Vogelherdstrasse 19, 4500 Solothurn (ex HB9SHN); **HB9KAH**, Lüscher Rolf, Bergstrasse 18, 5000 Aarau (ex HB9XAE); **HB9SKJ**, Gassner Josef, Schwertzgrubstrasse 8, 8903 Birmensdorf ZH (ex HB9SKJ); **HB9LAW**, Meili Rolf, Obstgartenweg 8, 8810 Horgen (ex HE9QBR); **HB9WAM**, Thörisch Norbert, Pilatusblick 2, 6232 Geuensee (ex HE9SMC); **HB9XAK**, Henchoz Marcel, Hardstrasse 310, 4656 Starr-