



PAUL LANGEVIN ET LES ULTRA-SONS

Bernadette Bensaude Vincent

Mardi 5 février 1991

Mardi 5 février 1991, Bernadette Bensaude Vincent est venue nous parler de Paul Langevin, père du sonar et de l'échographie.

* * *

Paul Langevin n'est sans doute pas aussi célèbre que Marie Curie ou Einstein, ses amis. Il n'a pas reçu de Prix Nobel, il n'a pas donné son nom à une théorie. A peine se rappelle-t-on aujourd'hui un drôle de voyageur en boulet, dit "voyageur de Langevin" destiné à illustrer les paradoxes de la théorie de la relativité. Pourtant Langevin a eu un rayonnement et une autorité considérables sur la physique française pendant près d'un demi-siècle. Par son enseignement, ses recherches et ses activités de diffusion scientifique, il s'est efforcé d'introduire et de développer en France les nouvelles théories physiques : l'atomistique, au début du siècle, puis la théorie de la relativité dans les années 1910 et 1920, enfin la théorie quantique entre les deux guerres.

Au moment où commence la physique atomique, dans les années 1890, Langevin est étudiant : il fréquente d'abord l'Ecole de Physique et de Chimie Industrielle, puis l'Ecole Normale Supérieure, enfin le célèbre Cavendish Laboratory à Cambridge où furent découverts les électrons. Mais pendant ces années cruciales, en France, l'enseignement de la physique reste très attaché à la tradition et toujours centré sur la mécanique rationnelle.



Langevin a la chance de fréquenter les pionniers de la physique atomiste et de se trouver dans les lieux de la créativité. A l'Ecole de Physique et de Chimie Industrielle d'abord, où un célèbre hangar abritera la découverte du radium, Pierre Curie initie l'élève Langevin à la recherche en lui offrant une modeste collaboration à ses travaux. A la Sorbonne, Langevin suit les cours de Poincaré, qui lui enseigne l'électromagnétisme, les théories moléculaire, cinétique et l'interprétation statistique du principe de Carnot... A l'Ecole Normale Supérieure, Langevin collabore, dès 1896, aux expériences du préparateur à l'agrégation, Jean Perrin, qui venait d'établir, un an plus tôt, la charge négative des rayons cathodiques. Ainsi Langevin noue avec Perrin une amitié durable. En même temps, il décide l'orientation de ses recherches. Il part d'abord faire un stage à l'étranger, ce qui était plutôt rare à l'époque. Il choisit un laboratoire dynamique, réputé pour sa tradition expérimentale et pour la hardiesse des spéculations théoriques. Langevin se lie d'amitié avec les jeunes chercheurs du Cavendish Laboratory dont Rutherford qui restera en contact avec lui pendant toute sa carrière. Il se trouve auprès de J.J.Thomson l'année même où celui-ci travaille sur la mesure de la vitesse des électrons. "Recherches sur les gaz ionisés" tel est le sujet de la thèse que Langevin soutient en 1902. Non seulement elle apporte une confirmation expérimentale aux vues de Thomson sur la mobilité et la recombinaison des ions, mais elle situe ces recherches dans le développement de la théorie électromagnétique depuis Faraday et Maxwell jusqu'à Lorentz et Larmor.

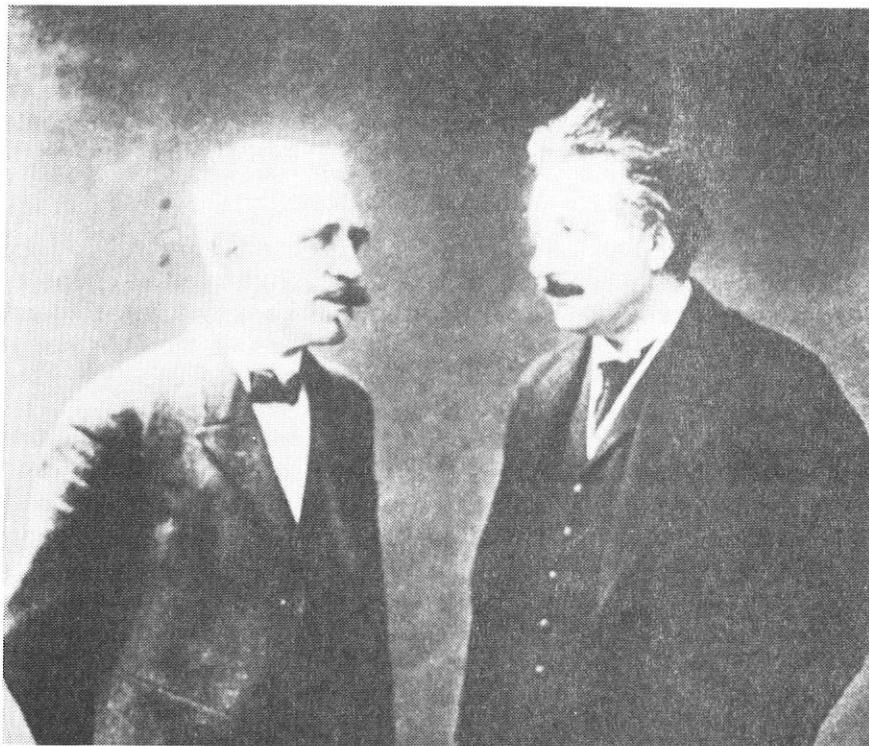
Il poursuit ses recherches de thèse, en haut de la Tour Eiffel, en les appliquant à l'étude des ions de l'atmosphère. Il identifie deux catégories d'ions nettement distincts : des ions ordinaires produits par l'action d'un rayonnement et des "gros" ions, mille fois plus lourds, produits par la fixation des ions ordinaires sur les particules en suspension dans l'air. Les résultats de cette recherche rejaillissent sur plusieurs domaines, notamment l'explication de phénomènes météorologiques, étudiés par les étudiants de Langevin.

La contribution la plus décisive de Langevin est son interprétation théorique du magnétisme en 1905, qui introduit la notion-clé de "moment magnétique". Comme en 1902, Langevin aborde ce nouveau sujet en se plaçant au carrefour de deux courants : d'un côté la théorie électronique de Lorentz et, de l'autre, les travaux de Pierre Curie ; en 1895, ce dernier avait défini trois types de substances : diamagnétiques, faiblement magnétiques et ferromagnétiques, puis énoncé une loi expérimentale d'après laquelle le coefficient d'aimantation spécifique des substances faiblement magnétiques varie en raison inverse de la température absolue. Langevin propose une interprétation électronique des phénomènes diamagnétiques. Cette entreprise, très hardie à l'époque, étant donné les incertitudes sur la structure électronique des atomes, puise son inspiration dans l'histoire de la physique. Langevin reprend une idée d'Ampère et traite le mouvement des électrons comme des circuits fermés formant de petits aimants, auxquels il applique les lois d'induction de Faraday.

Ses travaux sont importants dans l'histoire de la physique, car ils ont été le point de départ de ce que l'on a coutume d'appeler l'école française du magnétisme.

Dès 1906, il démontre dans son cours au Collège de France que toute émission ou absorption de rayonnement par un système matériel se traduit par une variation de son inertie. D'après le témoignage de son assistant, Edmond Bauer, Langevin aurait même été en possession, dès 1904, de la fameuse équation $E = MC^2$. En tout cas, il est certain que Langevin avait aperçu l'inertie de l'énergie. Einstein lui-même le suggère en 1947 : "Il me paraît certain qu'il aurait développé la théorie spéciale de la relativité si cela n'avait été fait ailleurs; car il en avait clairement reconnu les points essentiels".

Loin d'entrer en rivalité avec Einstein, Langevin adopte avec enthousiasme son principe de relativité. Il l'interprète en le situant dans l'histoire de la physique, il en développe les conséquences et se lance dans une grande campagne pour diffuser la physique relative en France.



La campagne en faveur de la théorie de la relativité culmine, en 1922, dans l'invitation d'Einstein à Paris. C'est un geste très spectaculaire car depuis la guerre de 1914-1918 les relations scientifiques entre la France et l'Allemagne étaient coupées et toutes les sociétés savantes avaient adopté la consigne de "boycott" de la science allemande. Du coup le bref séjour d'Einstein, en avril 1922 a un grand retentissement. C'est un succès politique indéniable, une victoire des pacifistes sur les nationalistes français et allemands. C'est aussi un succès personnel car dans la presse, dans les milieux intellectuels et mondains, tout le monde en parle. C'est enfin et surtout le succès de la relativité : même si beaucoup de physiciens restent indifférents ou sceptiques, certains savants influents, comme Paul Painlevé, se sont ralliés et dès lors Langevin ne sera plus seul à enseigner la théorie de la relativité en France.

Physique et société -

Malgré l'intérêt et le succès de ses recherches de guerre, Langevin a vécu la première guerre mondiale comme une crise de civilisation. Pour lui, comme pour beaucoup d'intellectuels de sa génération, c'est la faillite des idéaux : la science sans frontière, universaliste, pacificatrice s'est révélée nationaliste, destructrice, au service de la guerre et de la mort.

Non jamais plus, la vie des savants ne sera comme avant! Beaucoup comme Einstein et Langevin, vont s'engager dans le combat pacifiste. Pendant des années, ils luttent côte à côte, avec ardeur, dans les comités internationaux, à la Société des Nations, exhortant les gouvernements ou lançant des appels répétés à la responsabilité scientifique.

Du coup, Langevin a perdu son extraordinaire créativité scientifique d'avant-guerre. Dans les années 1920 et 1930, il publie moins de résultats de recherches et surtout ne se lance plus sur de nouveaux sujets.

Les heures passées à militer, en comités ou réunions, réduisent fatalement le temps consacré à la physique. La pensée souffre un peu des débordements de l'action, bien que Langevin ait toujours refusé cette alternative.

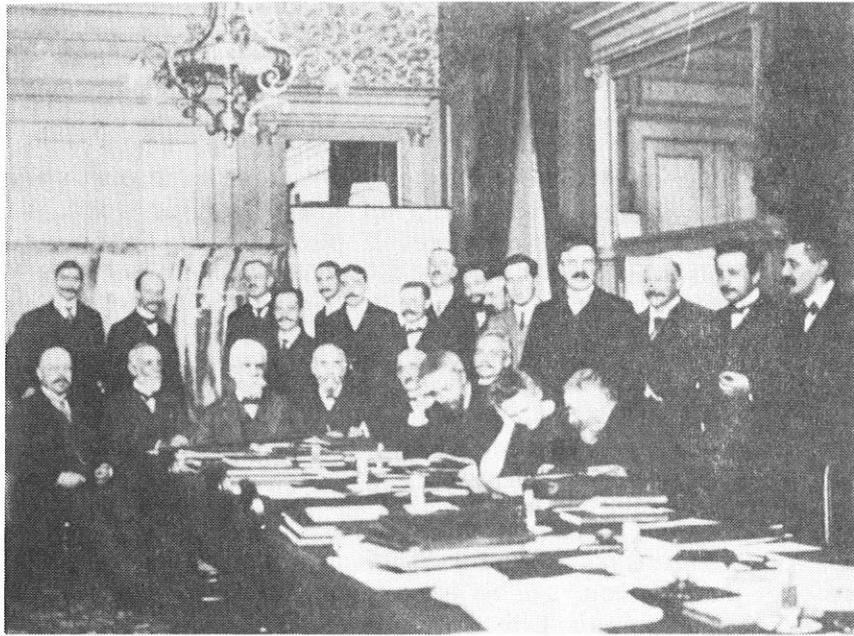
En fait, ce sont surtout les recherches personnelles qui souffrent, car Langevin conserve une activité scientifique intense. D'abord il n'a jamais interrompu ses divers enseignements, sauf quelques mois en 1931-1932 pour une mission en Chine et lorsqu'il a été suspendu de ses fonctions sous le gouvernement de Vichy.

Or ses cours au Collège de France gardent toujours un caractère novateur : alors que l'université reste obstinément repliée sur les valeurs sûres du passé, Langevin développe la théorie de la relativité générale et ses conséquences pour l'astrophysique, puis la mécanique quantique.

En outre, Langevin assure la direction de l'Ecole de Physique et de Chimie Industrielle et dirige deux laboratoires – au Collège de France et à l'Ecole de Physique et de Chimie Industrielle.

Le trait dominant des laboratoires de Langevin, à nos yeux, est la dispersion des recherches. Elle contraste avec le laboratoire Curie où l'unité des thèmes est très forte. Il est indéniable que cet éclatement ne favorise guère la compétitivité, surtout en ces années où commencent à se constituer de grosses équipes sur des programmes de recherche bien définis.

Mais l'influence de Langevin déborde le périmètre de ses laboratoires car il cumule directions et présidences : Sociétés des Electriciens, Journal de Physique et surtout Comité Scientifique des Conseils de Physique Solvay.



Conseil de physique Solvay à Bruxelles en 1911

(à l'extrême droite)
Debout : Langevin et Einstein
Assis : Pierre et Marie Curie)

Pour comprendre l'importance d'une telle fonction, il faut rappeler que les Conseils Solvay, réunis périodiquement depuis 1911, ont joué un rôle capital dans la physique de la première moitié du XX^{ème} siècle.

Chaque nouveauté introduite dans le physique atomique – quantum, électron, photon, principe d'indétermination – est le thème d'un Conseil. Dans ces rencontres d'un élitisme très marqué, Langevin occupe toujours une place importante.

Le rayonnement de Langevin s'étend même au-delà de la communauté physicienne, car il consacre une bonne part de ses activités à la diffusion des nouvelles théories physiques. Ce choix révèle les convictions humanistes de ce physicien. Diffuser la science, la rendre accessible au plus grand nombre, c'est un devoir pour les savants.

C'est ainsi que Langevin participe au grand élan de vulgarisation qui se développe en France dans les années trente et se traduit par de grandes entreprises encyclopédiques ou muséographiques. Langevin est partout, dans tous les projets, dans tous les médias. Langevin contribue en outre à l'essor d'un type particulier de vulgarisation : la diffusion inter-disciplinaire.

Langevin incarne un style scientifique bien particulier. Il n'a guère le profil du scientifique moderne, chercheur de fond, hautement spécialisé, compétitif, gestionnaire. Il paraît plus proche du savant classique, à la fois patron et maître à penser, qui forme des disciples, éveille des vocations. Au lieu de suivre l'évolution vers une recherche collective, organisée et concurrentielle, qui sera développée en France par son ancien élève, F. Joliot-Curie, il reste attaché à un mode de recherche individualiste et dispersif.

Langevin a développé un souci de communication, une volonté de dialogue et d'ouverture qui tend à inscrire la science dans l'ensemble de la culture. Jamais pour lui, la physique ne sera une structure de production gérée par une politique et régie par la concurrence internationale. Elle reste une recherche désintéressée, une pratique culturelle, une valeur humaine à partager.

* * *

Les Ultra-sons -

Peu avant la première Guerre Mondiale, un célèbre paquebot, Le Titanic, coulait corps et biens après avoir percuté un iceberg dans la brume. A la suite de ce tragique naufrage, un ingénieur, Constantin Chilowski, avait eu l'idée d'utiliser les ultras-sons pour parer à ce genre d'accident. Puisque, à la manière d'un rayon lumineux sur un miroir, le son réfléchit quand il frappe une surface, on pourrait, lorsque la visibilité est réduite, utiliser l'écho sonore pour repérer des obstacles à la navigation.

A la fin de 1914, animé par l'élan patriotique, Chilowski propose son idée au gouvernement. En octobre 1915, Paul Painlevé, mathématicien et professeur à la Sorbonne, devient Ministre de l'Instruction et des Inventions. Son objectif est de mobiliser toutes les ressources scientifiques du pays pour la défense. L'idée de Chilowski lui plaît, mais il reste à voir si elle est applicable.

Un matin, il convoque un physicien de ses amis, Paul Langevin, 43 ans, Professeur au Collège de France. Depuis un an, Langevin, mobilisé dans une caserne, rongait son frein, comme ses collègues et amis, pressé de mettre toute sa science au service du pays. Marie Curie s'était déjà lancée sur les routes avec ses voitures radiologiques pour assister les blessés sur le front.

Début 1915, Jean Perrin et Marie Curie adressent à Langevin une carte postale de Dunkerque : "Nous traversons une période si dure, qu'un homme tel que toi doit avoir hâte de rendre les services que seul il peut rendre. Tu peux et dois faire beaucoup... En employant ton intelligence de physicien... tu peux rendre plus de services que mille sergents, malgré toute l'estime que j'ai pour ce grade honorable".

A dire vrai, malgré le sentiment d'utilité, la physique pratiquée jusqu'ici par Langevin ne le prédispose guère à participer à un effort de guerre. Sa réputation, issue de ses travaux sur les gaz ionisés, sur les électrons, sur la théorie du magnétisme, et, plus récemment, sur la théorie de la relativité, est celle d'un théoricien. Langevin est le premier Français à se rallier aux idées d'Einstein, qu'il s'efforce d'introduire en France, notamment auprès de ses collègues comme Painlevé.

En cette fin de 1915, les deux hommes n'ont cependant pas le loisir de discuter de physique relativiste. Peut-on utiliser les ultra-sons pour la détection sous-marine ? Telle est la question, pressante que Painlevé soumet à Langevin. La réponse est urgente car les sous-marins allemands contrôlent l'espace maritime et les ondes radio ne sont d'aucun secours pour les repérer. Vite, au travail!

Avec Chilowski et l'aide de deux anciens élèves, Tournier et Holweck, Langevin commence les recherches dans un laboratoire de l'Ecole de Physique et de Chimie. En quelques semaines, ils fabriquent un dispositif, joliment appelé "condensateur chantant" qui permet d'émettre un son de très haute fréquence. Sans perdre de temps, Langevin et Chilowski déposent un brevet en mai 1916.

Mais les batailles navales ne se livrent pas dans un évier de laboratoire. Dès les premiers tests dans l'eau de la Seine, il apparaît nécessaire d'ajouter un microphone à charbon pour amplifier le signal. C'est un premier pas. Toutefois pour que le dispositif soit opérationnel à grande échelle, sur les mers et océans où sévissent les sous-marins allemands, il faut trouver mieux.

C'est alors que Langevin a l'idée de recourir à la piézo-électricité du quartz, découverte en 1880 par Jacques et Pierre Curie. Langevin a pu les voir vingt ans auparavant utiliser la piézo-électricité pour des mesures dans leurs recherches sur la radioactivité. Cependant, depuis, la piézo-électricité n'avait connu aucune application hors laboratoire.

Langevin songe à l'utiliser pour la réception des signaux : le système consiste en un cristal de quartz taillé en lame mince, dont les deux faces, recouvertes de feuilles métalliques sont réunies par un fil électrique. En comprimant la lame de quartz on provoque un courant électrique dans le circuit et un courant en sens inverse en supprimant la pression. Si des ondes acoustiques frappent périodiquement la lame de quartz, il se produit un courant électrique périodique. En février-mars 1917, Langevin construit un émetteur-récepteur avec des lampes triodes pour amplifier les signaux. On se transporte à Toulon, en avril 1917 : premiers essais sur mer, en grandeur nature. Un succès.

Jusqu'ici Langevin et ses proches collaborateurs ont travaillé seuls. Mais à Washington et à Londres, on cherche aussi à fabriquer un détecteur à ultra-sons. Rutherford, que Langevin connaît bien car il a passé un an à Cambridge avec lui en 1897, au Cavendish Laboratory, et qu'ils sont depuis restés amis, semble avoir eu aussi l'idée d'exploiter la piézo-électricité dès 1916. Cependant, comme il le soulignera plus tard, il l'utilise seulement pour l'émission de signaux et non pour la réception. Langevin, en tout cas, n'en savait rien début 1917, si l'on en juge par les mises au point qu'exigeront les démêlés ultérieurs.

Les premiers échanges de résultats entre pays alliés commencent en mai 1917. Rutherford passe à Paris et discute avec Langevin de son procédé, avant de se rendre à Washington pour une rencontre au sommet, avec Charles Fabry représentant de la France. En juin-juillet, un autre Anglais, Boyle, rend visite à Langevin et passe six semaines avec lui. On décide d'entreprendre des essais concomitants à Toulon et à la station expérimentale de Harwich en Grande-Bretagne avec du matériel fourni en partie par Langevin. En novembre 1917, Langevin se rend à son tour à Londres apportant des lames de Quartz et divers accessoires. Apparemment la collaboration interalliée fonctionne à merveille!

En France, l'effort se poursuit sans relâche. Le système mis au point par Langevin pose, en effet, une nouvelle difficulté : la fréquence trop faible de l'oscillateur. Langevin imagine alors un dispositif-sandwich pour résoudre le problème : il place la lame de quartz entre deux lames d'acier. Ce "triplet" transforme un courant alternatif et haute fréquence en une vibration élastique, et permet donc d'émettre un ultra-son. Nouveaux essais à Toulon, en avril 1918 : ça marche, c'est l'enthousiasme ! Nouvelles visites de l'U.S. Navy et de l'Amirauté. Langevin donne complaisamment les explications pour la construction du triplet et va jusqu'à proposer à un officier américain l'une des trois lames de quartz de 15 mm qui lui ont été fournies pour les essais.

La guerre touche alors à sa fin. Les applications militaires deviennent moins urgentes. Il faut songer à l'exploitation des ultra-sons en temps de paix. Une conférence interalliée se tient au Ministère de la Marine à Paris du 19 au 23 octobre 1918 sur ce sujet. Après avoir fait l'historique des travaux effectués par chacune des marines et décrit les appareils et les recherches en cours, on projette de créer une Commission Permanente pour développer les méthodes de détection ultrasonores après la guerre, et on s'engage à ne garder aucun résultat secret.

Cette Commission aura son siège à Paris, décision qui semble entériner ce que suggère l'historique des travaux : à savoir que l'invention est attribuée à Langevin et qu'il n'existe aucun problème de priorité.

Le 26 novembre 1918, quelques jours après l'Armistice, Langevin reçoit une lettre du Ministre de l'Armement qui le remercie pour son dévouement et souhaite que la collaboration entre "savants, ingénieurs, industriels, inventeurs et militaires de tous grades" s'étende aux oeuvres de paix.

La guerre des brevets -

Curieusement, la guerre fut, pour les travaux sur les ultra-sons, le temps de la concorde et de la coopération. Avec la paix vint la discorde. Les alliés d'hier redevenant des nations souveraines, les rivalités renaissent. Et commence la guerre des brevets.

Dès 1918, l'Amirauté britannique ouvre les "hostilités" en soutenant que le brevet anglais demandé par Langevin doit être partagé avec Boyle et Rutherford. Langevin répond d'un ton ferme pour faire reconnaître ses droits et l'affaire semble réglée. Mais elle rebondit plus tard : en 1924, nouvelle contestation de l'Amirauté qui voudrait bien avoir des droits sur le détecteur ultrasonore. Langevin répond cette fois en envoyant un épais dossier assorti de 36 pièces justificatives, et revendique la propriété exclusive des brevets d'invention. Le litige se résout finalement grâce à l'intervention de Rutherford qui reconnaît lui-même la priorité de Langevin et se déclare peiné et déçu de l'attitude de l'Amirauté. L'entente des physiciens l'emporte sur les manoeuvres diplomatiques et les rivalités nationales.

Si la "Bataille d'Angleterre" connaît un dénouement heureux, l'affaire est plus embrouillée avec les Américains. Lorsque dans les années vingt, Langevin fait une demande au "Patent Office", le bureau américain des brevets, il est agréablement surpris d'apprendre qu'un brevet est déjà déposé par un certain Nicolson, travaillant à la Western Electric Company. Le brevet en question couramment appelé "brevet sur le quartz" a été demandé dès 1918. Il fait une brève allusion au "travail purement expérimental" des Curie mais oublie de mentionner Langevin. L'affaire s'annonce mal. Langevin a recours à un conseil juridique qui lui indique la marche à suivre. Il faut établir la preuve écrite que des informations sur son dispositif sont parvenues aux Etats-Unis avant la demande de brevet de Nicolson pour que le cas soit traité comme interférence et non comme antériorité. Le témoignage de Charles Fabry, membre de la délégation qui s'est rendue à Washington en juin 1917 est requis pour cela, ainsi que la date exacte d'arrivée du bateau... et bien d'autres informations encore. De requêtes et refus, l'affaire traîne et s'enlise pendant des années. Ce n'est qu'en 1946, quelques mois avant sa mort, que Langevin apprendra la reconnaissance par le Patent Office de ses droits sur les détecteurs ultrasonores construits aux Etats-Unis. Les prérogatives des Anglo-Saxons ne sont toutefois pas tout à fait éteintes car aujourd'hui encore les historiens des ultra-sons mentionnent rarement le nom de Langevin.

Entre temps, les applications des ultra-sons se sont multipliées. Car tout en retournant à la physique théorique, en relançant sa campagne pour la théorie de la relativité avec l'invitation d'Einstein à Paris en avril 1922, Langevin continue à travailler sur les ultra-sons.

Les oeuvres de paix -

Deuxième surprise dans cette histoire : tandis que, dans l'entre deux-guerres, Langevin s'affirme résolument comme un champion du pacifisme, milite dans divers mouvements nationaux et internationaux, harcèle le gouvernement français pour sa politique de défense contre la guerre chimique, c'est le même Langevin qui, tranquillement et selon le souhait du ministre de la Marine, poursuit la collaboration avec les militaires. Régulièrement, il se rend à l'Arsenal de Toulon. Ce qui ne l'empêche pas à l'occasion de défier publiquement le ministère pour lequel il travaille. Ainsi en 1921, après la mutinerie des équipages de la Mer Noire, prendra-t-il la défense des marins mutinés devant le Tribunal de guerre.

Langevin le pacifiste s'emploie aussi à développer les applications civiles de son invention guerrière. Il s'efforce d'améliorer et de diversifier le procédé avec divers collaborateurs dont le principal est Florisson. Dans les années 1920, il met au point plusieurs appareils : sondeur, basculeur, projecteur, toujours ultra-sonores, qui seront exploités par une société privée. Au total, une douzaine de brevets déposés en France avant d'être négociés en Angleterre, Allemagne, Italie, Hollande, Suède, Danemark, Etats-Unis, Japon et URSS. Sur chaque brevet, une petite partie, 5% revient à Jaques Curie et une autre est partagée entre Irène et Eve Curie.

Quant à l'exploitation militaire du détecteur de sous-marins, elle n'est pas perdue. L'appareil, prêt juste avant la fin de la Première Guerre Mondiale, a simplement attendu la deuxième pour être utilisé. Rebaptisé "asdic", le détecteur à ultra-sons joue un rôle important dans la Bataille d'Angleterre. Plus connu aujourd'hui sous le nom de "sonar", il continue à être le moyen par excellence de détection anti-sous-marine.

Enfin au plan des applications civiles, la technologie des ultra-sons, comme la piézo-électricité qu'elle utilise, connaît à l'heure actuelle un nouvel élan avec le développement de l'échographie.

*

* * *

ANNEXE

SON ET ULTRA-SON

Le son est un phénomène ondulatoire provoqué par une vibration dans un milieu capable de le transmettre. Il est caractérisé par son intensité et sa hauteur.

- l'intensité dépend de l'amplitude de l'onde, elle est mesurée en décibels (dB).

- la hauteur du son, grave ou aigu, dépend de sa fréquence déterminée par le nombre de vibrations à la seconde, mesuré en Hertz (Hz).

Plus l'amplitude est grande, plus le son est fort. Plus la fréquence est élevée, plus le son est aigu.

La vitesse dépend du milieu : 320 m/seconde dans l'air, 1325 m/seconde dans l'eau, beaucoup plus dans les corps solides. Les sons, comme la lumière, peuvent réfléchir, c'est l'écho.

L'oreille humaine est sensible aux vibrations comprises dans l'intervalle maximum de 20 à 20 000 Hz. Pour mémoire, le "la" du diapason a une fréquence de 435 Hz et la voix humaine une intensité moyenne de 55 dB.

Les ultra-sons sont des sons inaudibles pour nos oreilles parce que leur fréquence est supérieure à 20 000 Hz. Mais le seuil de perception du chien va jusqu'à 30 000 Hz, celui des papillons et des sauterelles à 50 000 Hz et certaines chauve-souris perçoivent des sons pouvant vibrer à 100 000 Hz, sons qu'elles émettent elle-mêmes par des cris brefs (quelques milli-secondes).

* * *

*

Selon leurs fréquences, les ultra-sons ont de multiples applications :

- traversant des corps, leur énergie se transforme en chaleur assurant un chauffage "à coeur".

- brassant les molécules, ils mixent des matériaux différents inassociables autrement, ils accélèrent certaines réactions, dégazent des liquides, nettoient les matériaux (cuves à ultra-sons), stérilisent des denrées (lait), etc...

- leurs impulsions peuvent discrètement commander des appareils à distance... et faire hurler les chiens!

- exploitant leur capacité à se réfléchir, Langevin a conçu la sonde acoustique, appelée désormais "sonar", qui permet de connaître sous l'eau la distance d'un obstacle (sous-marin, iceberg, banc de poissons, fond de mer...) en mesurant le temps mis par de très brèves impulsions à faire un "aller-retour"... comme font les chauve-souris dans les cavernes.

- en médecine, leur action sert à détruire des tissus en les brûlant ou en les désintégrant, leurs effets analgésiques soulagent des douleurs diverses (sciatiques, arthroses,...). Enfin, sur le principe de Langevin, ils permettent d'explorer sans douleur, ni risque lésionnel, les structures internes du corps : c'est l'échographie.

Claude Darras