

# L'ELECTRICITE

## Des simples intuitions, vers les avions électrique, que de chemins parcourus

De nos jours, elle est omniprésente.

Retour sur une découverte qui a changé, à jamais, notre façon de vivre, et dans cette évocation des origines, le cheminement, qui nous conduit, jusqu'à la propulsion électrique des aéronefs..

### LES ORIGINES

L'histoire débute sur les bords de la mer Égée en l'an 600av J.-C. Le philosophe Thalès de Milet constata qu'une fois frotté, l'ambre jaune (résine végétale fossilisée) Ἐlektron en Grec avait la curieuse particularité d'attirer des fragments de tissus, des brins de paille, de petits morceaux de bois.

Quelques découvertes des archéologes, peuvent laissé supposer, que dans un passé lointain, nos ancêtres avaient déjà eu l'intuition, et fait quelques tentatives.

Quelques découvertes archéologiques peuvent laisser penser que les Égyptiens réussirent à effectuer un dépôt électrolytique d'antimoine sur du cuivre il y a plus de 4300 ans.

D'autres que les Parthes qui régnaient sur Bagdad (vers les années 250 avant J-C) utilisaient les batteries pour plaquer l'argent.

Bien que les phénomènes électriques aient été observés dès l'Antiquité (par frottement d'un morceau d'ambre, elektron en grec, sur de la fourrure) ce n'est que vers 1800 que Alessandro Volta suite aux travaux de Luigi Galvani sur l'électricité animale réalisa ses premières piles à base de disques métalliques et de solutions salines.

L'égyptologue Arne Eggebrecht étaient convaincu que les piles électriques existaient 1800 ans environ avant leur présumée invention en 1799 par Alessandro Volta.

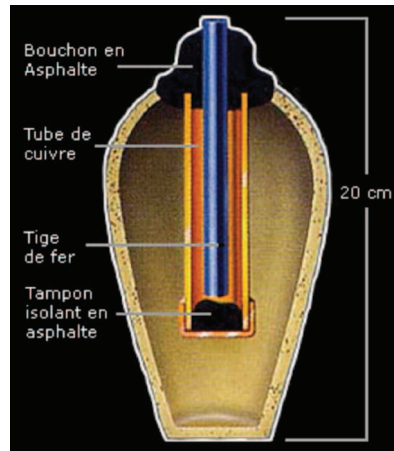
Pour d'autres scientifiques, le doute subsiste. La prétendue pile n'aurait pu contenir qu'un rouleau de parchemin ou tout autre objet.

A leurs yeux, rien ne prouve que la fonction de l'objet était d'engendrer du courant électrique.

La science de tous temps a toujours rencontré le septicisme, et l'incompréhension.

Après, les découvertes, il faut apporter les preuves.

## PILE DE BAGDAD



En 1936, dans les ruines d'un village datant du début de notre ère, non loin de Bagdad en Irak, des archéologues ont découvert un objet qui les laissa perplexes.

En 1938, un archéologue autrichien, le Dr Wilhelm König, s'est penché sur cet "objet cultuel" reposant au fond des caves du musée de Bagdad. Il s'agit d'un petit vase en terre cuite de 15 centimètres de hauteur sur environ 7,5 centimètres de diamètre

Emergeant du bouchon bitumineux, une tige en fer est insérée à l'intérieur d'un cylindre en cuivre et isolée de celui-ci à sa base par un tampon en bitume ; le cylindre de cuivre étant soudé avec son capuchon par un alliage plomb/étain.

Cet artefact ne semblait pas pouvoir être autre chose qu'une pile électrique.

Il ne manque que le fil conducteur, allant du cylindre de cuivre à l'extérieur, et qui s'est peut-être désagrégé au cours des siècles.

Plusieurs de ces piles ont été trouvées dans les ruines de Khujut Rabu, ville Parthe, aux alentours de Bagdad. Les Parthes, farouches guerriers, ont dominé la région entre 250 av. J.C. et 230 ap. J.C. Dix autres piles furent découvertes plus tard à Ctesiphon en Irak.

Différents spécialistes ont reproduit la pile en utilisant du jus de raisin comme électrolyte et ont effectivement obtenu un courant électrique, suivant les expérimentateurs, entre 0,5 et 1,5 volt

Puis pendant 2000 ans plus personne ne s'intéressa à l'ambre jaune et ce n'est qu'en 1600 que William Gilbert (médecin personnel de la reine Élisabeth 1<sup>ère</sup>) reprend les recherches.

Il découvre que d'autres matériaux tels que le verre, le diamant, attirent eux aussi des plumes, paille, poussière..., lorsqu'ils sont frottés.

William Gilbert nomme cette force d'attraction "Électricité " du Grec Êlektron.

La langue française hésita longtemps entre les termes : " Électricité ", " Ambricite " ou " Ambreite " .

1600 William Gilbert, les premières intuitions, il donne aussi les premières notions sur l'électricité,



Son premier ouvrage est *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (Du magnétisme et des corps magnétiques, et du Grand Aimant Terre) publié en 1600. Dans ce livre, que l'on peut considérer comme le premier livre de physique expérimentale publié en Angleterre, il fait le bilan de près de vingt années d'expériences sur le magnétisme des aimants naturels et artificiels et sur les boussoles.

Dans ce livre qui développe une théorie d'ensemble du magnétisme terrestre tout en puisant dans le vieux savoir des forgerons colchesteriens, le rédacteur remarque avec clarté et finesse :

les règles d'attraction et de répulsion des aimants par leurs pôles  
l'aimantation d'un barreau de fer doux dans un champ magnétique  
l'influence de la chaleur sur le magnétisme du fer.

Fondant son hypothèse sur des expériences précises, il propose d'assimiler la Terre à un aimant et conclut que cela est la raison pour laquelle la boussole indique le nord (jusqu'alors, on pensait que c'était l'étoile polaire, ou une grande île magnétique au pôle Nord qui attirait la boussole). Il façonne un gros aimant en forme de boule, la *terrella*, qui lui sert de modèle réduit de la terre. Les orientations que prend une petite aiguille aimantée à sa surface correspondent à celles que l'on peut observer sur le globe terrestre.

## PLUSIEURS ETAPES

**1760 Benjamin Franklin invente le paratonnerre, il démontre la nature électrique de la foudre**



**Expérience du cerf-volant pour capter la foudre**



**Il est connu pour ses travaux dans le domaine de l'électricité, et ses expériences sur l'électricité dans les nuages et son explication de la foudre.**

**En 1750, il rédige le protocole d'une expérience célèbre avec un cerf-volant. Afin de prouver que les éclairs étaient de simples décharges de nature électrique,**

**il propose de faire voler un cerf-volant dans le passage de nuage orageux. La corde du cerf-volant une fois humidifiée sera mise à distance d'une clef métallique, ainsi devront être libérées des étincelles.**

**L'expérience présente d'évidents risques d'être fatale aux deux expérimentateurs<sup>15</sup>. Elle connaît pourtant un grand intérêt en Europe et des expériences similaires sont menées, notamment par le Français Thomas-François Dalibard.**

**Ces recherches conduisent à l'invention du paratonnerre. Aux recherches sur la nature de l'électricité, on doit par exemple des termes aussi courants que « batterie », « positif », « négatif », « charge », condensateur » etc.**



**1799 Alessandro Volta invente la pile en empilant des disques de cuivre et de zinc séparés par des rondelles de tissu imbibées d'acide.**



**La pile de Volta est formée par un empilement, d'où son nom, de petits disques de cuivre et de zinc alternés.**

**Chaque disque de cuivre est séparé du disque de zinc sous-jacent par une surface de tissu ou de feutre imbibé de saumure, solution aqueuse de NaCl, alors que le disque de cuivre suivant est en contact direct avec le disque de zinc qu'il surplombe. De cette façon, on a un empilement : cuivre, saumure, zinc, cuivre, saumure, zinc, cuivre, saumure, zinc, cuivre, etc. Il se produit au niveau de chaque couche, qu'on appellera désormais une superposition d'un disque de cuivre et d'un disque de zinc, séparés par un tissu retenant la solution, une réaction d'oxydo-réduction.**

## En 1802, le Docteur William Cruickshank améliore la pile de VOLTA



Professeur de chimie à l'Académie royale militaire de Woolwich, il a découvert l'élément strontium avec Adair Crawford, Permettant à Humphry Davy d'isoler ce métal quelques années plus tard. Il a inventé la pile à auge, amélioration de la pile électrique de Volta en 1802 et a également mené des expériences en galvanoplastie.

Exerçant aussi comme chirurgien dans l'équipe de John Rollo, a découvert qu'il a décrit la protéinurie due au diabète.

Il est souvent confondu avec l'anatomiste William Cruikshank (1745–1800)

Il est mort électrocuté le 6 mars 1812

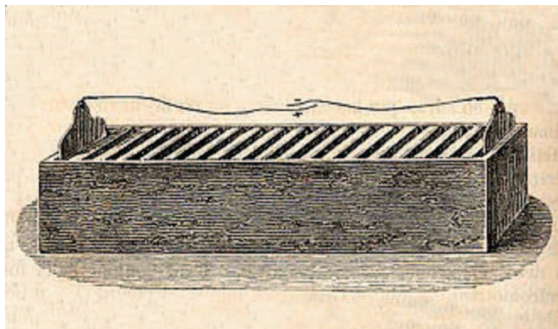
Il conçut la première batterie électrique capable d'être produite en série. Cruickshank arrangea des feuilles carrées de cuivre soudées à leurs extrémités et intercalées avec des feuilles de zinc de même taille. Ces feuilles étaient placées dans une longue boîte en bois rectangulaire qui était ensuite refermée étanchement à l'aide de ciment .

Des encoches à l'intérieur de la boîte permettaient de maintenir les plaques métalliques bien en place.

La boîte était remplie d'une solution aqueuse salée (saumure) ou d'acide dilué.

Jusqu'à une certaine époque toutes les batteries comportaient des éléments/accumulateurs primaires, ce qui voulait dire qu'elles n'étaient pas rechargeables.

### PILE A AUGES



**1803, Johann Ritter,**



Il fit d'importantes découvertes sur l'électrochimie et la lumière ultraviolette. On lui attribue la découverte du rayonnement ultraviolet du spectre électromagnétique (« rayons chimiques »), et la pile électrique sèche.

conjecture que la Terre doit avoir « des pôles électriques comme elle a des pôles magnétiques »<sup>1</sup>. On connaît depuis longtemps l'aimantation des paratonnerres et l'affolement des boussoles touchées par la foudre.

On a de lui :

Preuve que l'action de la vie est toujours accompagnée de galvanisme, Weimar, 1798

Contribution à la connaissance plus particulière du galvanisme, 1801-1802;

Mémoires physico-chimiques, 1806

Fragments posthumes tirés des papiers d'un jeune physicien, traduit de l'allemand par Claude Maillard, Premières Pierres, 2001.

(Titre original : Fragmente aus dem Nachlasse eines jungen Physikers, Heidelberg, 1810.)

**1809, François Arago observation des effets de la foudre**

Il a observé lors d'un voyage forcé en Algérie, rapporte « qu'un bâtiment génois, qui faisait route pour Marseille, fut frappé par la foudre à peu de distance d'Alger ; que les aiguilles de boussole firent toutes une demi-révolution, quoique ces aiguilles ne parussent pas endommagées. »<sup>2</sup>

**1813 Sir Humphrey Davy invente la lampe à arc électrique qui sera ensuite perfectionnée par Jean Bernard Léon Foucault et Paul Nicolaïewitch Jablochkoff.**

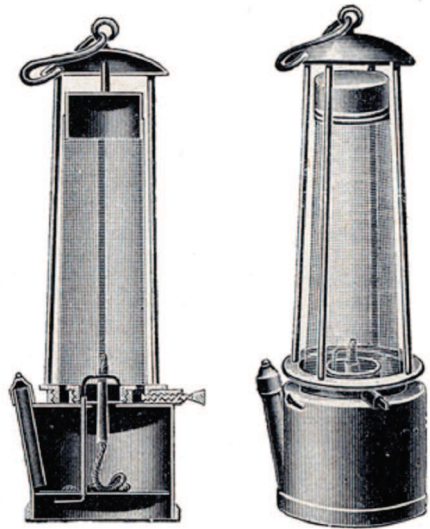


Fig. 192. Davy'sche Sicherheitslampe

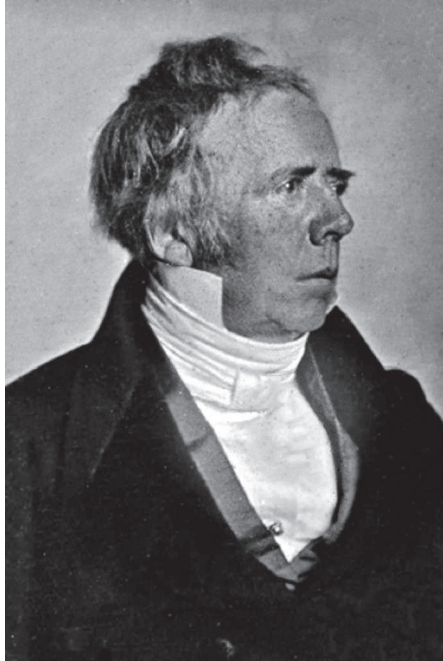


**La lampe Davy est une lampe à combustible dont la flamme est entourée d'un grillage fin. Sans ce grillage, la flamme aurait pu enflammer les gaz de la mine, ou les poussières (coup de grisou). Les flammes ne traversent pas les grillages fins.**

**Le métal absorbe la chaleur de la flamme refroidie à proximité du grillage, la flamme ne peut pas le traverser. En cas de présence de gaz combustible, la flamme se contentait de grandir, conduisant ainsi à un signal d'alerte. On lui doit aussi les premières expérimentations sur l'éclairage électrique mises au point en 1808 dans les sous-sols de la Royal Institution où il a fabriqué une pile électrique géante composée de plus de 800 piles voltaïques reliées à deux bâtonnets de charbon de bois. En rapprochant les bâtonnets, le flux continu de charges électriques provoque un arc électrique à l'origine d'une étincelle continue et aveuglante, la lampe à arc.**



**1819 le danois Hans Christian Orsted découvre l'électromagnétisme.**



**En avril 1820, lors d'un cours sur l'électricité qu'il faisait à ses étudiants, il découvrit la relation entre l'électricité et le magnétisme dans une expérience qui nous apparaît aujourd'hui comme très simple.**

**Il démontra, par l'expérience, qu'un fil transportant du courant était capable de faire bouger l'aiguille aimantée d'une boussole.**

**Il pouvait donc y avoir interaction entre les forces électriques d'une part et les forces magnétiques d'autre part, ce qui était révolutionnaire pour l'époque.**

**Il publia le 21 juillet 1820 ses résultats expérimentaux dans un article de pages en latin intitulé : Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam.**

**Ses écrits furent traduits et diffusés dans l'ensemble des communautés scientifiques ses résultats vivement critiqués.**

**1820 André-Marie AMPERE reprend les travaux de Hans Christian Ørsted, et les interprète.**



**En 1820, à partir de l'expérience de Hans Christian Oersted, il étudie la relation entre magnétisme et électricité.**

**Il découvre que la direction dans laquelle se déplace l'aiguille d'une boussole dépend de la direction du courant électrique qui circule à proximité et en déduit la règle dite du « bonhomme d'Ampère » : le bonhomme est couché sur le conducteur ; le courant, qui va par convention du plus vers le moins, le parcourt des pieds vers la tête ; il a les yeux dirigés vers l'aiguille aimantée.**

**Le pôle nord de cette aiguille se déplace alors vers sa gauche.**

**Cette règle se représente aussi par la règle de la main droite : si l'on écarte les trois premiers doigts de la main droite de sorte que le majeur indique la direction du champ magnétique et le pouce celle du mouvement, le courant circule alors dans la direction indiquée par l'index.**

**La loi d'Ampère la plus connue est celle de l'électrodynamique.**

**Elle décrit les forces que deux conducteurs parallèles parcourus par des courants électriques exercent l'un sur l'autre. Si le sens du courant est le même dans les deux conducteurs, ceux-ci s'attirent ; si le courant se déplace dans des sens opposés, les conducteurs se repoussent.**

**Il décrit également la relation qui existe entre la force du courant et celle du champ magnétique correspondant.**

**Ces travaux fondent l'électrodynamique et influencent considérablement la physique du xixe siècle.**

**Ampère interprète le phénomène du magnétisme par la théorie du courant moléculaire, selon laquelle d'innombrables particules minuscules, chargées électriquement, seraient en mouvement dans le conducteur.**

**Cette théorie est rejetée par les scientifiques de son époque et ne parvient à s'imposer que soixante ans plus tard avec la découverte des électrons.**

## 1821-1831 Expériences de FARADAY



Ses plus grands travaux concernent l'électricité.

En 1821, après la découverte du phénomène de l'électromagnétisme par le Orsted, Faraday inverse l'expérience du danois en construisant deux appareils pour produire ce qu'il appelle une rotation électromagnétique : lorsqu'un câble électrique, trempant dans un bain de mercure au milieu duquel est placé un aimant statique, est traversé par un courant électrique, le câble se met alors à tourner autour de l'aimant.

Par ce mouvement circulaire continu d'une force magnétique autour d'un fil, Faraday fait la démonstration du moteur électrique<sup>4</sup>.

Dix ans plus tard, en 1831, il commence une longue série d'expériences durant lesquelles il découvre l'induction électromagnétique.

Ces expériences forment la base de la technologie électromagnétique moderne. Dans son travail sur le courant continu, Faraday démontre que la charge se situe seulement à l'extérieur d'un conducteur chargé, et que celle-ci n'a aucun effet sur ce qui peut être situé à l'intérieur : C'est l'effet de "blindage", utilisé dans la cage de Faraday.

Il a été l'un des principaux fondateurs de l'électrochimie en tant que discipline scientifique.

En 1833, il introduit les termes d'anode, de cathode, d'anion, de cation et d'ion (sans pour autant connaître la notion de courant électrique, découverte plus tard par André Marie Ampère).

Il a donné son nom au farad, l'unité SI de capacité électrique, ainsi qu'à une charge électrique, la constante de Faraday.

**1835 James Bowman Lindsay fait la démonstration d'une lumière fournie par une ampoule électrique. Découvreur, ou inventeur oublié, il n'a pas probablement pas été le seul**



**James Bowman Lindsay**

**James Bowman Lindsay (8 septembre 1799 - 29 juin 1862) est né au village de Carmyllie dans la région d'Angus en Écosse.**

**Il fut responsable de plusieurs inventions, qui ne furent développées que bien longtemps après sa mort, comme l'ampoule électrique, la télégraphie sous-marine et le soudage à l'arc électrique.**

**Les revendications sur ses découvertes sont mal documentées.**

**Une partie de son travail sur les expériences liées aux phénomènes électriques fut découverte par ses amis ;**

**il avait découvert seul et sans aide le principe du système actuel de télégraphie sous-marine, au moins en même temps que Samuel Morse ou Charles Wheatstone, sinon avant.**

**Ses parents étaient John Lindsay (ouvrier agricole) et Elizabeth Bowman.**

**En prenant sur son temps de loisir pour lire, il acquit une connaissance alors jugée considérable, appliquait avec toute sa passion pour le savoir. Une partie de son travail sur les expériences liées aux phénomènes électriques fut découverte par ses amis ;**



**Immédiatement après l'adoption du télégraphe, Lindsay s'intéressa à envoyer des messages de l'autre côté des eaux en utilisant des câbles isolés.**

**Après plusieurs essais sur les mares et étendues d'eau de son voisinage, il réussit à établir les principes de communication électrique avec des câbles isolés submergés. Il ne s'arrête pas là : ses expériences lui insufflèrent l'espoir de transmettre des messages au-delà des mers sans câble.**

**Après ses achats de base, toutes ses économies étaient dirigées à l'acquisition d'ouvrages philologiques, scientifiques et philosophiques.**

**Cependant, il fut assisté plusieurs fois par des amis intéressés par sa démarche, en particulier le Comte de Lindsay ;. James Lindsay publia ce qui peut être vu comme le prélude à la grande œuvre pour laquelle il s'était dévoué:**

**En juillet 1835, il fit la démonstration d'une lumière constante fournie par une ampoule électrique lors d'une assemblée publique à Dundee (Écosse). Il aurait déclaré pouvoir "lire un livre à presque un demi-mètre"**

**Son corps repose au Western Cemetary à Dundee, où un monument fut érigé en forme d'obélisque en 1901 grâce aux souscriptions publiques. Il ne se maria jamais.**

**Cet inventeur, n'a pas eu la notoriété, et la célébrité, mais , il ne doit pour autant être oublié.**

**Il n'avait simplement pas publier ses découvertes, mais ces découvertes n'ont pas été perdues**

## 1836 John Frederic Daniell invente une la pile DANIELL



Il était un chimiste et physicien britannique. Sa famille le définissait comme un artiste. Daniell naît à Londres en 1790.

En 1831, il devient le premier professeur de chimie du King's College de Londres qui vient d'être créé.

Il invente un hygromètre à condensation l'hygromètre Daniell en 1820

Un pyromètre enregistreur (en 1830).

Toujours en 1830 il construit un baromètre à eau dans le hall de la Royal Society qu'il utilise pour faire de nombreuses observations

Une méthode de production de gaz d'éclairage à partir d'essence de térébenthine et de résine est utilisé pendant quelque temps à New York.

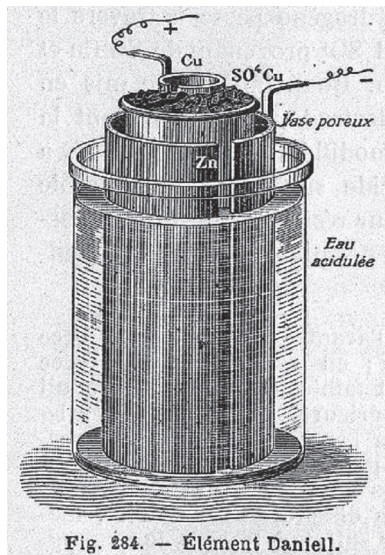
C'est pour l'invention de la pile Daniell, un nouveau type de pile électrique que l'on se souvient de lui le plus fréquemment de nos jours. Elle a été inventée au moment où le développement du télégraphe faisait apparaître un besoin urgent de sources de courant sûres et constantes.

La pile électrique Daniell est constituée d'une anode (lame de zinc plongée dans une solution contenant du sulfate de zinc) et d'une cathode (lame de cuivre plongée dans une solution contenant du sulfate de cuivre).

Les deux solutions sont reliées par un pont salin (solution de chlorure de potassium (KCl)) qui sert à équilibrer les charges.

Ses publications comptent également Meteorological Essays en 1823, il démontre la nécessité d'une atmosphère humide dans les serres utilisées pour les plantes tropicales.

Il meurt soudainement d'une crise d'apoplexie à Londres durant une réunion du conseil de la Royal Society en 1845.



## 1839 Découverte de l'effet photovoltaïque par Edmond Becquerel,

Physicien français, il découvre que l'on peut fabriquer de l'électricité à partir de matériaux exposés à la lumière du soleil.

Il invente alors la pile photovoltaïque et représentait désormais une réalité scientifique.

Cependant, il existait déjà à cette époque de nombreuses formes de production d'énergie.

50 ans avant la première cellule photovoltaïque, la dynamo et les turbines produisaient déjà de l'électricité.

En 1820, poursuivant le travail de René Just Haüy, il découvre que la pression peut induire de l'électricité dans tous matériaux.

En 1829, il invente une pile à courant continu précurseur de la pile de Daniell.

Au cours de la même année, travaillant avec son fils Alexandre Edmond Becquerel, il découvre l'effet photovoltaïque qui correspond à l'apparition d'une tension aux bornes d'un matériau semi-conducteur exposé à la lumière..

L'expérience permettant cette découverte est constituée d'une chaîne d'éléments conducteurs (dans ce cas-ci une électrode plongée dans un liquide conducteur) qui lorsqu'il est éclairé, un courant électrique est spontanément produit.

Il a également travaillé dans de nombreux autres domaines; la physiologie, la climatologie et la biochimie) et publié de nombreux mémoires;

Traité de l'électricité et du magnétisme (1834–1840),

Traité de physique dans ses rapports avec la chimie (1842), Éléments d'électrochimie (1843), Traité complet du magnétisme (1845),

Éléments de physique terrestre et de météorologie (1847), et Des climats et de l'influence qu'exercent les sols boisés et non boisés .



**1839 Première application de propulsion électrique, Le savant russe Jacobi fait naviguer un bateau propulsé par un moteur électrique.**



**La renommée scientifique de Jacobi vient surtout de sa découverte de la galvanoplastie (1837) et des applications qu'il fit de l'électromagnétisme à l'alimentation des machines et des véhicules.**

**Il conçut son premier moteur fonctionnel en 1834.**

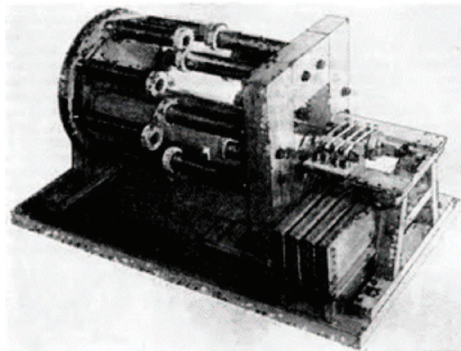
**Le 13 septembre 1838 il pilota un navire mû par un « moteur électrique Jacobi » d'une puissance de 220 W sur la Néva à Saint-Pétersbourg : il a ainsi parcourir 7,5 km à une vitesse d'environ 2,5 km/h.**

**Il était aussi professeur à l'école supérieure du Génie de Saint-Pétersbourg.**

**À partir de 1850, il se consacra à de nombreux essais sur les tubes à gaz.**

**Il proposa une unité de mesure de l'intensité du courant électrique fondée sur l'électrolyse de l'eau : le jacobi, utilisé dans les pays de langue allemande au début du xxe siècle, correspond à l'intensité qui électrolyse un centimètre cube de dioxygène en une minute dans les conditions normales de température et de pression.**

**Maintenant l'intensité est mesurée en ampère.**



**Moteur de JACOBI**



## 1839 découverte du principe de la pile à combustible



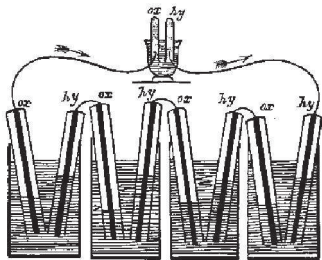
Le principe de la pile à combustible a été découvert en 1839 par l'Anglais Sir William Grove. Cependant, son développement ne commencera que dans les années 1950 pour des projets d'exploration spatiale. Les piles à combustible fonctionnent sur le même principe qu'une pile classique, à l'aide d'une réaction d'oxydo-réduction.

1839: Découverte de l'effet de la pile à combustible par Christian Schönbein.

Sir William Robert Grove était un avocat britannique.

Également chimiste amateur, il inventa une des premières piles électrique à deux liquides, ancêtres des piles modernes.

Il découvrit en 1839 la pile à combustible, en s'appuyant notamment sur les travaux de son ami Christian Friedrich Schoenbein, avec qui il correspondait depuis leur rencontre lors d'un meeting à Birmingham.



Première expérience de William Grove en 1839 où l'on voit quatre cellules de pile à combustible

1839-1842: Premier modèle produit en laboratoire par William Robert Grove. Celui-ci réalise l'expérience avec un pile à combustible: il s'agissait d'une cellule d'hydrogène-oxygène avec des électrodes en platine et de l'acide sulfurique utilisé comme électrolyte.

Le réducteur utilisé, appelé combustible, est généralement l'hydrogène et l'oxydant le dioxygène présent dans l'air.

Le platine peut également être utilisé comme catalyseur pour augmenter la vitesse de la réaction, mais celui-ci coûte très cher

La pile à combustible est très écologique car il n'y a aucun dégagement de gaz à effet de serre, seulement de l'eau. Malheureusement, elle coûte très cher à produire car elles nécessitent du platine, un métal très rare. La recherche sur ce type d'énergie continue, dans l'espoir de pouvoir développer ces piles à un coût plus réduit.

## 1859 Le français Gaston Planté



Il met au point une pile réversible ou accumulateur, c'est la première batterie de l'histoire.

Son premier modèle se compose d'un rouleau spiralé de deux feuilles de plomb pur séparées par un tissu en lin, plongé dans un récipient en verre contenant une solution d'acide sulfurique. L'année suivante, il présente une batterie au plomb de neuf cellules à l'Académie des science,

Planté s'intéresse ensuite à de nombreuses applications de l'électricité, comme la galvanoplastie ou la production d'ozone.

Pour étudier les différences entre l'électricité statique et le courant électrique, il met au point en 1877 un appareil mécanique qu'il appelle la machine rhéostatique.

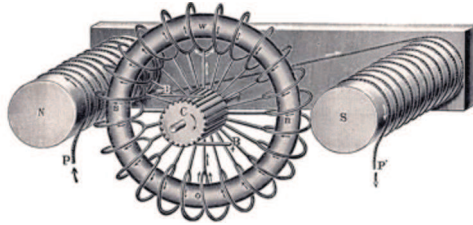
Cette machine utilise un ensemble de condensateurs au mica, un commutateur tournant et une série de contacts pour alternativement charger l'ensemble des condensateurs en parallèle (à partir d'une batterie de forte tension) puis les connecter en série.

Ce système permet de multiplier la tension de la batterie par le nombre de condensateurs pour obtenir de très hautes tensions, de l'ordre de 100 000 V.

En faisant tourner l'axe rapidement, on peut créer une succession rapide d'étincelles de plusieurs centimètres de long. Cette machine était un précurseur mécanique du générateur de Marx actuel.

En utilisant cette technique, Planté étudie le claquage électrique de l'air, la formation des figures de Lichtenberg et le comportement des fils fins parcourus par un courant électrique intense.

## 1864 Travaux du professeur Pacinotti (1841-1912)



Anneau de Pacinotti-Gramme

Il construit dès 1859 un prototype de machine à courant continu à induit en anneau et collecteur radial dont le fonctionnement s'est très amélioré et est connu sous le nom d'Anneau de Pacinotti.

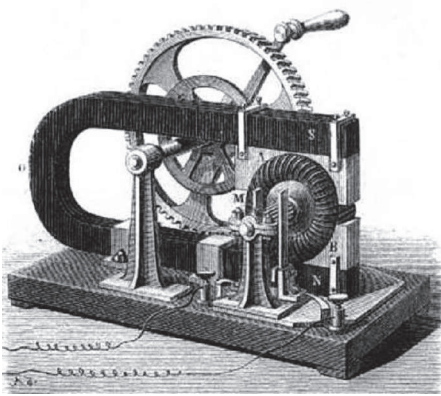
En 1859, ses recherches sont interrompues par la guerre à laquelle il prit part comme sergent de la 2e Compagnie de la Division toscane du Génie militaire.

En 1865 il publie, dans le n°19 de la revue Nuovo Cimento, une communication sur cet anneau tournant dans un champ magnétique, qui préfigure l'induit des machines électriques et dont il envisage l'utilisation aussi bien en génératrice qu'en moteur.

Zénobe Gramme y apporte un certain nombre d'améliorations et réussit à construire un modèle capable de fournir un courant continu d'une puissance relativement importante pour un usage dans les laboratoires.

La paternité de l'invention ne sera reconnue à Pacinotti que 50 ans après sa découverte, soit en 1911, à Paris où il est accueilli et décoré

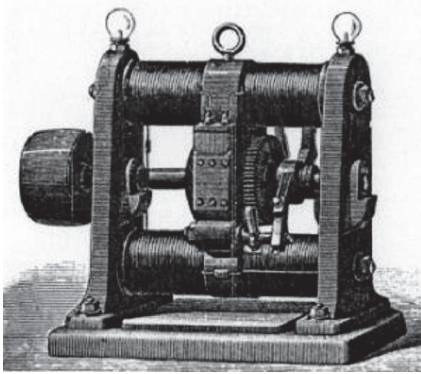
**1868 L'anglais Wilde réalise la première machine dynamoélectrique ou dynamo.**



**Il remplace, à la suite des travaux de Ernst Siemens, l'aimant permanent par un électro-aimant alimenté par une machine auxiliaire.  
En 1868, l'anglais Wilde réalise une première machine dynamoélectrique, mais c'est à l'inventeur belge Zénobe Gramme que l'on doit l'invention de la dynamo industrielle en 1869.**



## 1869 ZENOBE GRAMME



Il améliore les premières versions archaïques d'alternateurs (1867) et devient célèbre en retrouvant le principe de l'induit en anneau de Pacinotti.

Le génie de Gramme est d'avoir exploité sa machine quand il le fallait.

Il n'était pas un homme de science.

C'était un technicien, un expérimentateur, un bricoleur de génie.

Il a des idées et construit une machine que la science expliquera par la suite.

Le 26 février 1867, il prend un brevet pour plusieurs dispositifs destinés à perfectionner les machines à courant alternatif et, en 1868, construit la première dynamo à courant continu, point de départ de l'industrie électrique moderne. rend possible la réalisation des génératrices à courant continu en imaginant le collecteur. découvre un système permettant de résoudre les problèmes de pertes puissance des premiers moteurs électriques : "l'anneau de Gramme".

L'alliance entre cet inventeur de génie et l'industriel avisé Hippolyte Fontaine sera très féconde.

En 1873, Fontaine montre la réversibilité de la dynamo permettant d'obtenir un travail mécanique à partir de l'électricité.

Le "moteur" est ainsi découvert fortuitement à la suite d'une erreur de branchement. Il peut fournir de l'énergie mécanique à partir d'énergie électrique.

Cette réversibilité constitue son principal intérêt et fonde sa popularité. La machine de Gramme devient le premier moteur électrique puissant ayant connu une grande utilisation dans l'industrie.

La dynamo, le moteur électrique associé à d'autres développements relevant de la production et du transport de l'électricité, inaugure l'utilisation de cette nouvelle forme d'énergie et lui donne toute sa valeur industrielle. Lorsqu'en 1881, un physicien met la dynamo en équation, Gramme déclare « s'il m'avait fallu savoir tout cela, je ne l'aurais jamais inventé ».

1877 Machine dynamo électrique à courant continu | Zénobe Gramme

**1871,** il présentera à l'Académie des Sciences de Paris la première génératrice industrielle de courant continu, que l'on appela machine de Gramme et qui était en fait une magnéto.

**1873** Hypolyte fontaine découvre, suite à une erreur de manipulation que la machine de GRAMME est réversible et peut donc fournir de l'énergie électrique mais aussi de l'énergie mécanique. La machine de GRAMME, devient moteur, et générateur.

**1878** Thomas Edison, inventeur américain, fonde l'Edison Electric Light Co. à New York.

## 1879 Werner Von Sienes



**lors de l'exposition industrielle de Berlin, Siemens & Halske<sup>2</sup> met en service un petit train pour les visiteurs qui est tracté par la « première locomotive (électrique)**

**En 1847, il fonde avec Johann Georg Halske la société Telegraphenbauanstalt von Siemens & Halske qui deviendra par la suite la Siemens AG.**

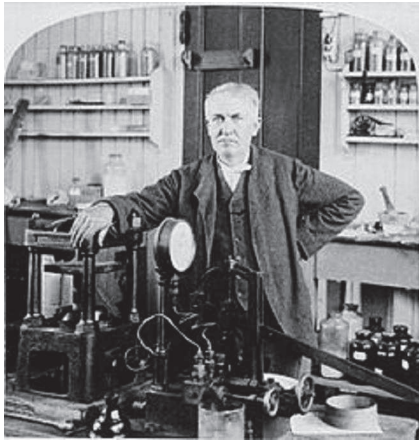
**En 1866, Werner Siemens établit le principe de la dynamoélectrique et en 1877, il obtient le brevet du haut-parleur électrodynamique<sup>1</sup>.**

**En 1879, lors de l'exposition industrielle de Berlin, Siemens & Halske<sup>2</sup> met en service un petit train pour les visiteurs qui est tracté par la « première locomotive (électrique) digne de ce nom » dont le moteur est alimenté en énergie par une installation fixe<sup>3</sup>.**

**Il précise en 1885 que la conductivité du sélénium est proportionnelle à la racine carrée de l'intensité de la lumière et imagine les possibilités de captage de l'énergie solaire.**

**Le nom « siemens » a été adopté comme unité du système international pour la conductance électrique.**

**1879 Edison présente sa première lampe électrique à incandescence (avec filaments de carbone) qui reste allumée 45 heures.**



**l'ampoule électrique**

**En 1878, lors d'une partie de pêche au lac Battle dans la Sierra Madre, état du Wyoming, Edison observe à quel point les fibres d'un morceau de bambou (de sa canne à pêche), jeté au feu, brillent sans se désintégrer. Cette observation lui inspire l'idée d'utiliser un filament fortement chauffé par un courant électrique à l'intérieur d'une ampoule hermétique, de laquelle on a enlevé l'air par une pompe à vide, pour produire de la lumière. Thomas Edison se lie avec des hommes d'affaires parmi les plus riches de New York et fonde l'Edison Electric Light Company<sup>17</sup>, qui deviendra en 1889 l'Edison General Electric Company », puis la General Electric en 1892.**

**Le principe de l'ampoule électrique avait été auparavant établi et expérimenté sans suite industrielle par l'Écossais James Bowman Lindsay en 1835.**

**En 1879-1880, en rivalité directe avec l'Anglais Joseph Swan, Il expérimente et brevète l'ampoule électrique à base de filament en bambou du Japon sous basse tension électrique à l'intérieur d'une ampoule de verre vidée de son air, après avoir testé 6 000 substances végétales qu'il a fait récolter dans le monde entier, disposant d'un budget de 40 000 dollars. Sans être les inventeurs de l'ampoule électrique, l'équipe d'Edison et celle de Joseph Swan ont apporté des contributions essentielles au développement industriel de l'ampoule à incandescence.**

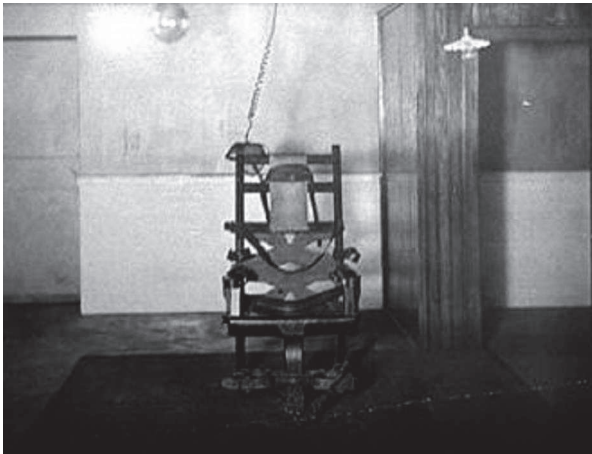
**Lewis Howard Latimer, ingénieur de l'Edison Company remédie au problème majeur de l'ampoule à filament de bambou, qui grille au bout de 30 heures. En 1881, il dépose avec son ami Joseph V. Nichols un brevet portant sur la première ampoule à incandescence avec filament de carbone puis obtient, seul, en 1882, un brevet pour son procédé de fabrication et de montage de filaments de carbone.**



**1879** Une centrale hydraulique de 7 kW est construite à St-Moritz.

**1880** Invention de la chaise électrique,

les invention électriques, c'est aussi, ça, mais ça partait de bonnes intentions



**Chaise électrique**

**Ce procédé fait débat et est abandonné dans plusieurs états**

La chaise électrique est un instrument d'application de la peine de mort par électrocution, inventé et utilisé aux États-Unis (et aussi aux Philippines par le passé). Elle a été mise au point à la fin des années 1880 par Harold P. Brown et Alfred P. Southwick, dentiste américain, sur la demande de Thomas Edison, alors que les États-Unis cherchaient une alternative moins cruelle et plus efficace à la pendaison, première exécution en 1890.

Le condamné à mort est assis et attaché sur une chaise spéciale. On lui applique des électrodes sur certaines parties du corps, généralement sur le crâne en partie rasé et sur une jambe.

Une meilleure conductivité est assurée par la mise en place d'éponges imbibées de solution conductrice (électrolytes) entre les électrodes et la peau ; jusqu'aux années 1920, on se contentait de bien mouiller la zone de contact.

Puis une forte différence de potentiel est appliquée entre les électrodes, résultant en un fort courant électrique dans le corps et une électrisation.

Les modalités ont varié au fil du temps mais restent basées sur des cycles automatiques.

Une première électrocution de 2000 volts pendant une dizaine de secondes permet de diminuer les résistances de la peau, et d'entraîner une perte de conscience.

Puis après une pause de quelques secondes, le courant est envoyé à nouveau pendant une vingtaine de secondes, avec une tension abaissée à environ 500 volts afin d'éviter que le corps, dont la température peut atteindre 59°C, ne prenne feu.

Les fonctions vitales du condamné sont ensuite vérifiées afin de s'assurer qu'il est bien mort.

**1881 La France organise, entre le 1er août et le 15 novembre une Exposition internationale de l'Electricité qui consacre la naissance de l'Electrotechnique, soulignée par un Congrès international des Electriciens qui siège à Paris du 15 septembre au 19 octobre. La grande nouveauté est l'emploi industriel de la dynamo Gramme.**

**En 1881, Camille Alphonse Faure améliore la batterie de Gaston PLANTE**

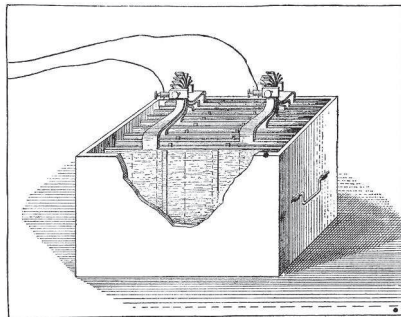


**Il est un ingénieur chimiste français qui en 1881 a de façon significative amélioré la première batterie, qui avait été inventée par Gaston Planté en 1859, en développant un modèle plus efficace et plus fiable qui connaîtra un grand succès dans les premières voitures électriques.**

**Ce type de batterie permettra en 1899 à une voiture électrique, la Jamais contente, de franchir la vitesse de 100 km/h.**

**Par la suite, ce type de batterie est devenu le premier type de batterie rechargeable commercialisé.**

**Les batteries de nos voitures actuelles fonctionnent toujours essentiellement selon le même principe.**



**1881 L'Exposition Internationale d'Electricité permet au monde de découvrir le téléphone de Graham Bell, la lampe d'Edison ou encore le tramway de Siemens.**

**1882 Elle a un grand retentissement au niveau International.**



**Téléphone BELL**



**Lampe  
Edison**



**tramway de Siemens**

**1883 Edison inaugure les premières "usines électriques" (production de tensions continues) construites à Londres (Holborn Viaduct) et New York (Pearl Street : 110 V, 30 kW).**

**Première ligne de transport d'énergie électrique en Allemagne en courant continu : 2400 V, 59 km.**

**1882 Le premier réseau électrique alimente 400 lampes dans un premier temps et jusqu'à 10 000 dès l'année suivante.**

**1881-1885 les premières lignes électriques font leur apparition**

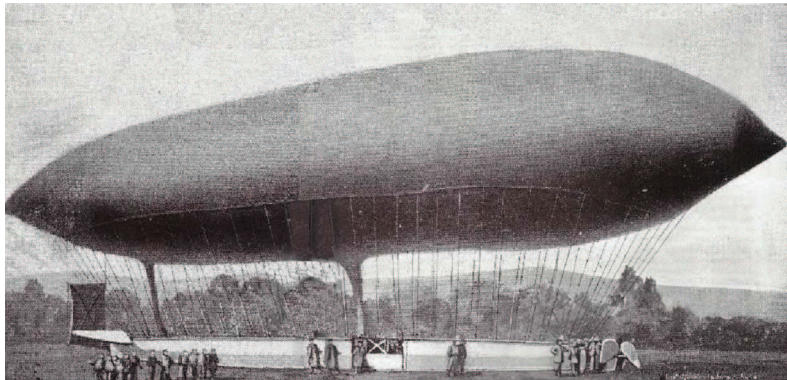


### 1883 Premier dirigeable à propulsion électrique



Application à la propulsion électrique les frères Tissandier mettent au point un dirigeable à moteur électrique, alimenté par une batterie de piles au bichromate de potasse, c'est le 08 octobre que le dirigeable fera sa première ascension, parti des ateliers d'Auteuil il arriva à Croissy-Sur-Seine 20 mn plus tard, mais le moteur manquait de puissance et le dirigeable ne pouvait lutter contre le vent.

### 1884 seconde application de la propulsion électrique d'un dirigeable



Nouvelle application à la propulsion électrique

C'est le dirigeable LA FRANCE

C'est dans le hangar de Chalais-Meudon, que deux capitaines Charles Renard et Arthur Krebs construisirent le dirigeable "La France" (long de 51m, un volume de 1863 m<sup>3</sup> et actionné par un moteur électrique de 8 ch), le 9 août 1884 ils effectuèrent avec ce dirigeable le premier circuit fermé.

**En 1883, Lucien Gaulard et John Dixon Gibbs réussissent à transmettre pour la première fois, sur une distance de 40 km, du courant alternatif sous une tension de 2000 volts à l'aide de transformateurs avec un noyau en forme de barres.**

**1884 L'invention du transformateur, Lucien Gaulard (1850-1888), jeune électricien français, chimiste de formation, présente à la Société française des Electriciens un "générateur secondaire", dénommé depuis transformateur. Devant le scepticisme de ses compatriotes, il s'adresse à l'anglais Gibbs et démontre le bien-fondé de son intervention à Londres.**

**Toujours en 1884 il met en service une liaison bouclée de démonstration (133 Hz) alimentée par du courant alternatif sous 2000 volts et allant de Turin à Lanzo et retour (80 km). On finit alors par admettre l'intérêt du transformateur qui permet d'élever la tension délivrée par un alternateur et facilite ainsi le transport de l'énergie électrique par des lignes à haute tension. La reconnaissance de Gaulard interviendra trop tardivement.**

**Entre-temps, des brevets ont été pris aussi par d'autres. Le premier brevet de Gaulard en 1882 n'a même pas été délivré en son temps, sous prétexte que l'inventeur prétendait pouvoir faire "quelque chose de rien" ! Gaulard attaque, perd ses procès, est ruiné, et finit ses jours dans un asile d'aliénés. Le transformateur de Gaulard de 1886 n'a pas grand chose à envier aux transformateurs actuels, son circuit magnétique fermé (le prototype de 1884 comportait un circuit magnétique ouvert, d'où un bien médiocre rendement) est constitué d'une multitude de fils de fer annonçant le circuit feuilleté à tôles isolées.**

**1885, les Hongrois Károly Zipernowsky, Miksá Déry et Otto Titus Bláthy mettent au point un transformateur avec un noyau annulaire commercialisé dans le monde entier par la firme Ganz à Budapest. Aux USA, W. Stanley développe des transformateurs.**

**1885 Galileo Ferraris, ingénieur italien, introduit le principe du champ tournant dans la construction des moteurs électriques.**

**1886 Georges Westinghouse (1846-1914),**

**Inventeur et industriel américain né à Central Bridge (Etat de New York), fonde la Westinghouse Electric Corporation. Il s'intéresse à l'électricité industrielle et fonde la Westinghouse Electric Corporation.**

**Après avoir obtenu en 1887 un brevet pour un transformateur, il réalise à Buffalo un premier réseau à courant alternatif pour l'éclairage.**

**De nos jours, ce groupe américain producteur de matériel électrique et électronique est devenu le numéro deux américain du secteur, derrière General Electric.**

**Il fabrique également des appareils ménagers et des postes de télévision, et a développé ses activités dans le nucléaire : le groupe a détenu le procédé PWR (Pressured Water Reactor) de production d'énergie nucléaire, qui est l'ancêtre du procédé mis en oeuvre en France par EDF.**

**1887 Nikola Tesla (1856-1943), ingénieur en électronique yougoslave né à Smiljan, en Croatie, fonde une société pour la construction des alternateurs. Grâce à ses travaux, le courant alternatif va gagner la bataille du transport à distance et de l'utilisation du courant alternatif.**

**Tesla préconise d'abord l'utilisation des courants polyphasés (1882) et réussit à créer un champ magnétique tournant qui permet d'entraîner en rotation une armature mobile tournante. La première expérience pour le transport d'énergie à grande échelle est faite en Allemagne. C'est la réalisation d'une ligne longue de 175 kilomètres entre Lauffen-sur-le-Neckar et Francfort-sur-le-Main. Et le rendement atteint est déjà de 75 % !**

**Il imagine en 1890 le premier montage produisant un courant à haute fréquence. Tesla poursuit des travaux de recherches.**

**On lui doit le fameux montage Tesla dans le domaine de la radioélectricité mais cela n'empêche pas, comme pour d'autres inventions qu'il peut faire, qu'il ne finisse lui aussi ses jours dans la misère, il avait aussi participé aux expériences de la marine américaine de PHILADELPIE en 1943, peu avant sa mort.**

**On a donné son nom à l'unité d'induction magnétique dans le système SI, le tesla (symbole T).**

**1887 François Borel, ingénieur constructeur suisse, conçoit le premier compteur à induction à courant triphasé.**

**1888 Friedrich Wilhelm Schindler-Jenny résidant en Autriche conçoit le premier fer à repasser électrique.**

**1889 Michail Ossipowitsch Doliwo-Doborwolski, électricien russe, invente le premier moteur asynchrone à courant triphasé à cage d'écureuil (construit industriellement à partir de 1891).**

**En fait le moteur asynchrone était "plus ou moins déjà inventé".**

**Qui fut réellement sont inventeur ? Tesla, Ferraris ou Doliwo-Doborwolski ?**

**Première ligne de transport en courant alternatif aux USA : Oregon city - Portland, 21 km, sous 4 kV.**

**1890 Mise en service de la première locomotive électrique de métro à Londres.**

**6 août 1890 Première exécution de l'histoire par électrocution, ce n'est pas à l'honneur des sciences, mais ça fait partie de l'histoire.**

**1891 Suisse : première installation de transmission de courant triphasé (15 kV, 40 Hz) entre une centrale hydraulique située à Lauffen sur le Neckar et Francfort sur une distance de 175 km (pertes de transport de 25 %).**

**Première ligne de transport triphasée en Allemagne : 12 kV, 179 km.**

**1893 Friedrich Wilhelm Schindler-Jenny présente la première cuisinière électrique à l'exposition mondiale de Chicago.**

**Première ligne de transport triphasée aux USA en Californie, 12 km, sous 2,3 kV.**

**1891 Le savant Nikola Tesla et la société Westinghouse imposent le courant alternatif et lieu et place du courant continu. Voir Lucien GAULARD**



**1894 L'Allemand Wilhelm Roentgen met au point les Rayons X , cette découverte lui vaudra le tout premier Prix Nobel de physique, en 1901.**

**1894 Electrification des trams zurichois.**

**1896 Les entreprises électriques installent les premiers compteurs à tarif unique chez leurs clients.**

**1899 Premier chemin de fer d'Europe entièrement électrifié des Chemins de fer Berthoud-Thoune (40 km; 750 V; 40 Hz).**



## 1899 Jungner (Suède) Invention de la batterie au nickel-cadmium



**Ernst Waldemar Jungner était un inventeur et ingénieur suédois.**

**En 1899,**

**il a inventé la batterie d'accumulateurs électriques au nickel-fer (NiFe), la batterie au nickel-cadmium (NiCd) et l'alcaline rechargeable la batterie argent-cadmium (AgCd).**

**Comme un inventeur, il a également fabriqué une alarme incendie en fonction des différentes dilutions de métaux.**

**Travaillé sur la production électrolytique de carbonate de sodium .**

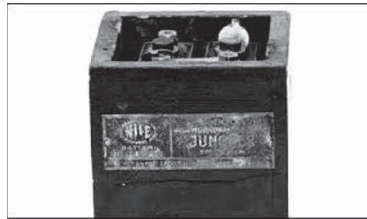
**Et breveté un dispositif de forage de roche.**

**Plus aucun constructeur ne propose aujourd'hui de voiture électrique équipée en batteries NiCd.**

**C'est interdit en France. En raison du cadmium, hautement polluant dès lors qu'il est rejeté dans la nature.**

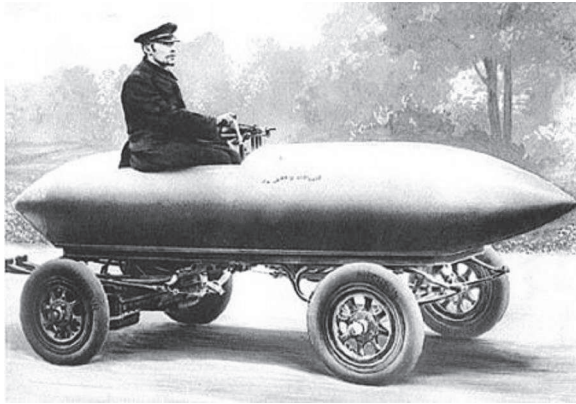
**Maintenant qu'une filière de recyclage s'est organisée, on en arrive à regretter leurs qualités : fiabilité si bien utilisées et entretenues, longue durée de vie, aptes à recevoir des charges rapides, stockables des mois voire des années sans dommage.**

**Ce types de batterie existe, mais, il ne sera plus présent dans les futures motorisations.**



**Batterie NiCd**

## 1899 Une autre application pour la propulsion électrique appliquée aux voitures



La Jamais contente

2 moteurs électriques  
puissance 68 ch (50 kW)  
Poids à vide 1 4501 kg  
Vitesse maxi 105,851 km/h  
Longueur 3,80 m  
Largeur 1,56m  
Hauteur 1,40m  
batteries Fulmen  
(100 éléments de 2V),

"La Jamais contente" la voiture électrique du belge Jenatzy décroche le record du monde de vitesse et atteint les 105,9 km/h.

La première voiture de l'histoire à passer la barre mythique des 100km/h était électrique.

La " Jamais contente" n'était pas la première voiture électrique, c'est son record, qui lui a donné sa célébrité

Les véhicules électriques ce n'était pas vraiment «nouveau».

L'innovation continue juste, rendant les solutions possibles pour les défauts des véhicules électriques ont.

En fait, presque tous les pays investissent de l'argent dans le but de celles-ci ont amélioré, dépassant les performances des véhicules conventionnels.

L'invention du premier véhicule électrique est très incertaine plusieurs inventeurs sont mentionnés et crédités.

En 1832-1839, Robert Anderson, un inventeur de l'Ecosse, a créé la première voiture à propulsion électrique brut.

En 1835, un autre véhicule électrique à petite échelle a été conçu par le professeur Stratingh qui a été construit par son adjoint, Christophe Becker.

Aussi en 1835, Thomas Davenport a créé un autre véhicule électrique à petite échelle. Il a également créé le premier moteur électrique à courant continu de fabrication américaine.

En 1870, Sir David Salomon a créé une voiture avec un moteur électrique de la lumière;

Cependant, les batteries très lourdes ont été utilisés.

En 1880-1910, H. Tudor a développé la batterie moderne au plomb-acide tandis que Edison et Junger ont travaillé sur la batterie nickel-fer.



1884



1896



1891

Les améliorations de la qualité des véhicules électriques continué en . Grande-Bretagne et en France sont les pays qui mettaient l'accent ces améliorations. Thomas Davenport et Robert Anderson créé plus d'avancement en 1842 En fait, ce sont eux qui ont utilisé les premières cellules électriques non-rechargeables.

Les batteries étaient la principale préoccupation, car il est la principale source d'électricité;

Par conséquent, les expériences sur l'amélioration des batteries étaient endémiques.

En 1865-1881, les Français Gaston Plante et Camille Faure consécutivement fait plusieurs progressions avec le type de batterie existante.

Aux États-Unis d'Amérique dans la course de voiture électrique de l'année 1897, les véhicules électriques ont atteint leurs ventes élevées au cours de cette année parce que plusieurs amateurs ont vu les avantages qu'elle peut apporter.

En 1897, une société basée dans le Connecticut appelé Pape Manufacturing Company a créé environ 500 véhicules électriques sur une période de deux ans. Après deux ans, ils ont fusionné avec deux autres petites entreprises et ont formé la Société électrique du véhicule qui avait un actif de 200 millions de dollars.

Malheureusement, les inventeurs ont vu meilleure opportunité pour créer des véhicules à essence, notamment lors de la découverte du pétrole au Texas.

La recherche de véhicules électriques a pris fin. Les ventes amortis, résultant de la chute de plusieurs sociétés. Bien qu'il ait été en sommeil pendant plusieurs années, la passion des inventeurs n'a pas diminué.

De nos jours, la pluparts des nations industrialialisées tendent à présenter des projets de loi qui a encouragé l'utilisation de véhicules électriques pour réduire la pollution.



## 1901 Accumulateurs Nickel/Fer par Thomas Edison



**La Bailey Electric  
par des accumulateurs NICKEL FER**

Développée en 1901 par Edison, ils furent utilisés pour propulser son véhicule électrique : La Bailey Electric (le modèle classique tenait 160 km en une charge - 900kg - moteur 60V)

et surtout utilisée dans les mines pour l'éclairage, et dans les sous-marins pour la propulsion.

Vis à vis de la construction, l'utilisation d'hydroxyde de potassium (potasse) a été abandonnée.

A la place, l'hydroxyde de sodium (soude). Ce dernier, peut également être synthétisé par électrolyse d'eau salée

La soude est un produit corrosif,

**Au début du 20<sup>ème</sup> siècle l'électricité est devenue une énergie à part entière et elle entre de plein pied dans l'ère de l'industrialisation.**

**1903 La firme Landis & Gyr fabrique le premier compteur à double tarif.**

**1905 Albert Einstein fait une publication sur la possibilité de production d'électricité grâce au soleil. On parle alors d' " effet photovoltaïque ".**

**1906 Le premier aspirateur électrique est commercialisé sous le nom de "pompe à dépoussiérage".**

**1913 William Coblentz dépose le premier brevet pour la cellule photovoltaïque qui convertit l'énergie solaire en énergie électrique.**

**1916 Première production d'électricité réussie à partir d'une cellule solaire.**

**Par Robert millikan qui va confirmé l'étude d'Albert Einstein (fait en 1905) en étant le premier à produire de l'électricité a courant continu avec une cellule photovoltaïque.**

**1919 première collision nucléaire.**

**1920 Les machines à laver sont équipées d'un moteur électrique.**

**1923 Une ligne aérienne à 220 kV est mise en service pour la première fois aux Etats-Unis.**

**1924 Début de la construction d'une ligne aérienne nord-sud à 110 kV reliant les centrales allemandes à charbon situées près du Rhin aux centrales hydrauliques alpines. Le premier tronçon de Neuenahr à Rheinau est équipé de pylônes à 380 kV - une augmentation ultérieure de la puissance étant ainsi garantie (mise en service partielle en 1929 avec 110 kV et en 1930 avec 220 kV).**

**1930 invention du pacemaker.**

**1937 Le premier turbo-alternateur refroidi à l'hydrogène est mis en service aux Etats-Unis (puissance de 100 MVA).**

**1937 Raoul Dufy peint "La Fée électricité".**



**Entre 1923 et 1939, la production d'électricité doit doubler pour répondre à la demande.**

**1938 Invention des électrochocs.**

**1942 Les piles atomiques permettent d'obtenir du Plutonium, une matière qui n'existe pas dans la nature, et d'ainsi créer la bombe atomique dont le premier essai aura lieu en juillet 1945 dans le désert du Nouveau Mexique.**

**1946** En France, nationalisation du secteur de l'électricité et création de la société Electricité De France (EDF).

**1945** Le général De Gaulle crée le comité de l'énergie atomique.

**1954** Fabrication du premier panneau photovoltaïque par les laboratoires Bell



Bell Labs fondés en 1925, laboratoires de recherche spécialisés dans les télécommunications, informatique, cellule photoélectrique, laser et fibre optique).  
On utilise alors le terme " batterie solaire " , mais la produire reste trop coûteux pour être commercialisée.

Trois chercheurs américains:Chapin, Pearson et Prince mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement ,environ 6%,Puis en 1958 elle atteint environ 9%.

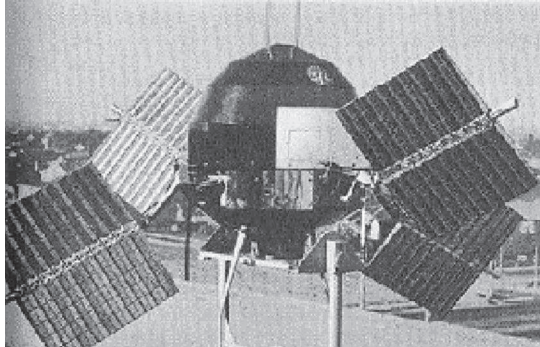
**1955** En Angleterre, mise en exploitation commerciale de la première centrale nucléaire (9 MW) à Calder Hall.

**1958:** une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point.

Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.

**1959**

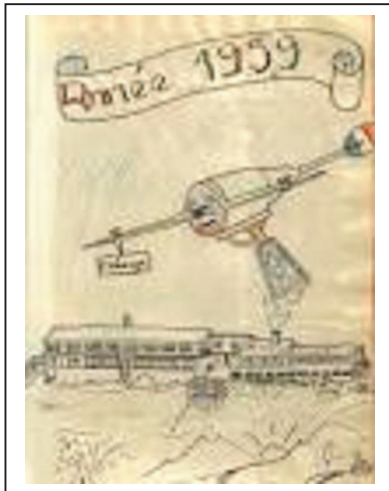
**Le premier satellite est envoyé équipé de panneaux solaires.**



**EXPLOREUR , Premier satellite scientifique lancé en août 1959 équipé de panneaux solaires**

**Il avait une masse de 40 kg, et disposait d'une caméra sommaire pour les observations terrestres**

**1959 les premières éoliennes productrices d'électricité sont installées en France.**





**1960 L'industrie spatiale utilise les premiers panneaux photovoltaïques pour faire fonctionner les satellites.**

**1966 Mise en service de la première ligne aérienne (380 kV) vers l'Allemagne, de Beznau à Tiengen.**

**1965 Plus grand "black-out" jamais enregistré dans l'approvisionnement en électricité: le 9 novembre, New York est restée 13 heures sans électricité après que la foudre fût tombée sur une ligne à 345 kV.**

**1967 Raccordement au réseau de la première centrale marémotrice du monde (240 MW) située sur l'estuaire de la Rance (France).**

**1967 Les réseaux à très haute tension (380 kV) de la France, de la République Fédérale d'Allemagne et de la Suisse sont interconnectés pour la première fois à Laufenbourg.**

**1973 Premier choc pétrolier : l'énergie solaire commence à intéresser les gens, le pétrole étant devenu une énergie beaucoup plus cher. On recherche d'autres énergies alternatives.**

**Mise en place des premiers panneaux photovoltaïques sur un toit de maison en site isolé, et première utilisation de l'électricité pour cette même habitation.**

**l'université de Delaware construit la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques; les panneaux (qui regroupent plusieurs cellules ) sont installées dans cette maison-test en 1990 .**

## 1974 premier avion électrique



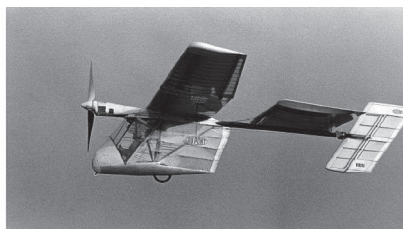
**Le premier vol à l'énergie électrique et à l'énergie solaire, Glossamer Penguin, équipé de 3900 cellules solaires au cadmium-nickel, développant 500 watts.**

**Poids à vide de l'appareil : 34 kilos. Un catapultage permettait à l'engin de quitter le sol.**

**1978 Un grave incident survient dans la centrale nucléaire de Three Mile Island près de Harrisburg/USA (sans conséquences pour l'environnement).**

**1978 panne d'électricité généralisée en FRANCE suite à une rupture d'une ligne THT, entre la FRANCE, et l'ALLEMAGNE**

**1981 le Solar Challenger. Puissance : 2,5 kW**



**La NASA prend le relais et apporte son soutien à MacCready de faire voler en 1981 le Solar Challenger. Puissance : 2,5 kW**

**Lorsque que quelques moyens sont apportés à un inventeur et novateur, la différence apparait nettement.**

**Là, les choses changent complètement.**

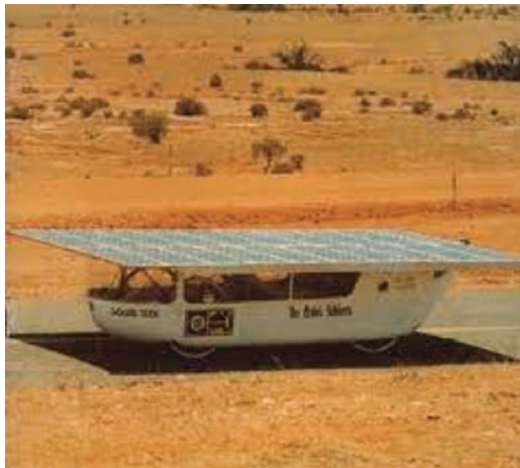
1983

Mise en service de la première grande installation éolienne à Growian près Brunsbüttel



(**Allemagne) (rotor de 100 m de diamètre; arrêt en 1986 à la suite de problèmes de matériau).**

1983 : Première voiture électrique alimentée par panneaux solaires



La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4 000 km en 20 jours en Australie.

L'australien Hans Tholstrup avait construit le "Quiet Achiever", première voiture alimentée par énergie photovoltaïque.

Le revêtement a été fait de fibre de verre, tandis que l'ossature a été construite en tube d'acier, semblable à ce qui pourrait être utilisé dans les avions légers.

Le véhicule dispose d'un système d'énergie photovoltaïque évalué à 1 kilowatt, ce qui lui propulse à une vitesse moyenne de 23 km / h

panneau solaire monté sur le toit de la voiture est composée de deux rangées de dix fois 36 cellules, donnant une superficie totale de toit d'environ 8,5 m<sup>2</sup>.

**1986 Un accident très lourd de conséquences survient dans la centrale nucléaire de Tchernobyl ;(République d'Ukraine).**



**Stèle à la mémoire des liquidateurs dans la ville de Kharkov (Ukraine).**

**L'accident a été provoqué par l'augmentation incontrôlée de la puissance du réacteur no 4 conduisant à la fusion du cœur. Cela a entraîné une explosion et la libération d'importantes quantités d'éléments radioactifs dans l'atmosphère, provoquant une très large contamination de l'environnement, et de nombreux décès et maladies survenus immédiatement ou à long terme du fait des irradiations ou contaminations.**

**Dans cette catastrophe, il ne faut pas oublier les liquidateurs, beaucoup ont laissé leur vie, ils ont été gravement irradiés, et sont morts dans la souffrance pour limiter les effets, et la dispersion du nuage radioactif, sans une grande partie de l'EUROPE aurait été contaminée**

**L'enjeu immédiat, dans les jours qui suivirent Tchernobyl, était d'éteindre le graphite brûlant encore dans le réacteur: les scientifiques soviétiques avaient calculé que cet incendie devait être maîtrisé avant le 8 mai sous peine d'assister à une explosion thermique susceptible de libérer une quantité importante de radionucléides dans l'atmosphère.**

**Des dizaines de milliers d'ouvriers furent acheminés sur le site dans l'urgence, afin de construire un sarcophage à la va-vite.**

**Les équipes furent exposées par roulement pendant des durées de quelques secondes à quelques minutes à une radioactivité intense, avec ordre de s'attarder le moins possible.**

**Ces intervenants ne disposaient ni d'informations sur les risques encourus, ni de protections efficaces ; ils bricolèrent tout au plus des sortes d'armures avec des matériaux récupérés et des plaques de plomb qu'on leur avait fournis.**

**Une distribution de cachets d'iode aurait été effectuée parmi eux, mais elle ne fut pas systématique et l'ordre de la prendre ne fut pas toujours respecté.**

**Les travailleurs déblayant les matériaux de la centrale et les pilotes survolant le site à travers le nuage de poussière radioactive étaient particulièrement exposés.**

**1990** l'université de Delaware construit la première maison alimentée par des cellules photovoltaïques les panneaux qui regroupent plusieurs cellules sont installées dans cette maison-test.

**1995,** des programmes de toits photovoltaïques raccordés au réseau ont été lancés, commercialisation des panneaux photovoltaïques.



Lancés, au Japon et en Allemagne, et se généralisent depuis .2001.

Bien que le prix se soit peu stabilisé, la quantité de modules ...photovoltaïques expédiés chaque année ne cesse d'augmenter...



**2007 premier vol d'un monoplace français en décembre 2007 :**



**C'est une première mondiale, l'APAME, Association de Promotion des Aéronefs à Motorisation Electrique, a réalisé le premier vol de l'avion ELECTRA F-WMDJ, équipé d'un moteur électrique de 25 cv et de batteries Lithium-Polymère.**

**Ce premier envol s'est déroulé le 23 décembre 2007 à partir de l'aérodrome d'Aspres sur Buëch dans les Hautes-Alpes. En vol durant 48 minutes, l'avion électrique a parcouru 50 km en circuit fermé.**

**1981 à 2003 HELIOS (NASA)**



**Le premier appareil est le Pathfinder. 30 mètres d'envergure, six moteurs. Après avoir volé sur batterie il évolue ensuite à l'aide de capteurs solaires. Il atteint 17.000 mètres d'altitude en 1995, puis 23.000 mètres en 1997.**

**Le prototype Centurion est alors modifié par adjonction d'un élément central, qui porte son envergure à 82 mètres, toujours avec quatorze moteurs, altitude 30 kilomètres**

## 2000 batteries Lithium ion



Les batteries Lithium ion apparues en 2000 ont une grande capacité de stockage dans un faible volume avec un faible poids.

La batterie lithium-ion fonctionne sur le principe de l'échange réversible de l'ion lithium entre une électrode positive, le plus souvent un oxyde de métal de transition lithié (dioxyde de cobalt ou manganèse) et une électrode négative en graphite (sphère MCMB).

L'emploi d'un électrolyte aprotique (un sel  $\text{LiPF}_6$  dissous dans un mélange de carbonate) est obligatoire pour éviter de dégrader les électrodes très réactives.

La tension nominale d'un élément Li-Ion est de 3,6 V ou 3,7 V .

Elles ont été très rapidement utilisées pour toutes les applications nomades (téléphone portable, ordinateur portable, etc).

Son point faible est sa dangerosité, elles n'acceptent pas de surcharge sous peine d'exploser.

C'est pourquoi une gestion électronique est nécessaire pour éviter ce phénomène.

Elles ne supporte pas non plus des chocs trop violant ou un percement qui entraine immédiatement un enflamment de la batterie.

Cette technologie est très performante mais peut s'avérer très dangereuse..

## batteries lithium polymère



Les batteries lithium polymère (Li-Po) ont une densité énergétique un peu plus élevé que le lithium ion.

L'électrolyte est un polymère gélifié. L'accumulateur Li-Po utilise un principe de fonctionnement semblable aux accumulateurs Li-ion et a des caractéristiques proches.

Cette technologie est un peu plus stable que le lithium ion.

Sa recharge est plus compliquée et nécessite un chargeur adapté. Si la recharge n'est pas faite correctement la batterie prend feu. Elle est plus cher à fabriquer que la lithium ion.

## 2007 batteries lithium fer phosphate



Batterie lithium fer phosphate 12V 7.5Ah

Un accumulateur lithium fer phosphate dit accumulateur LFP (ou batterie LFP) couramment appelé simplement "accumulateur LiFe" est un accumulateur lithium-ion dont la cathode est faite en phosphate de fer lithié :  $\text{LiFePO}_4$

Les batteries lithium fer phosphate ( $\text{LiFePO}_4$ ) sont apparues en 2007. Elle stock un peu moins d'énergie que la technologie lithium ion mais elle est entièrement stable, sans risque d'enflamment ou d'explosion. Ses éléments constitutifs lui permet d'être moins cher que la technologie ion mais pour des raisons de demande croissante les prix reste élevé. Elles commencent à être utilisées dans beaucoup de domaines industriels. Elle présente l'avantage d'avoir une tension proche d'une batterie 12V plomb.

Cette technologie devrait remplacer à terme les batteries plomb.

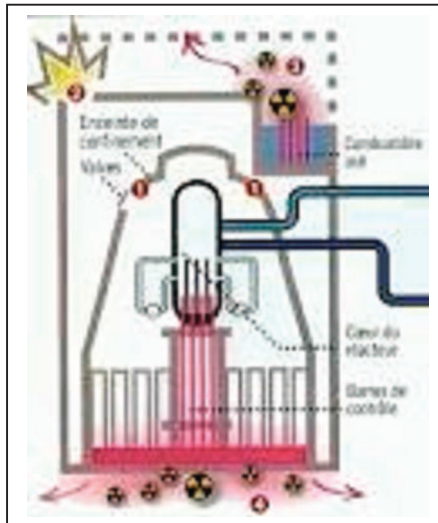
D'autres technologies existent mais sont soit encore au stade expérimental comme le lithium air, lithium métal polymère (LMP), ou sont utilisées de façon marginale.

## 2009 Prototype avion électrique à énergie solaire SOLAR IMPULSE



Le prototype du premier avion, pèse 1 600 kg pour une envergure de 64 mètres. Dépourvu de cabine pressurisée, il a pour mission de vérifier par l'expérience les hypothèses de travail ainsi que de valider la sélection des technologies et procédés de construction. Des capteurs solaires aux hélices, la chaîne de propulsion de Solar Impulse est optimisée pour avoir le rendement le plus élevé possible. Sa construction a été pensée pour résister aux conditions hostiles que subissent les matériaux et le pilote en haute altitude, en intégrant les contraintes de poids aux impératifs de résistance.

## 01 04 2011 accident nucléaire à Fukushima- au JAPON





## 2011 Aérodrome de SISTERON La LUCIOLE



La "Luciole" MC30E est équipée d'une solution de motorisation électrique ELECTRAVIA :

puissance maximale de 26 ch

une hélice bipale E-PROPS sur-mesure

une batterie Lithium-Polymère de 33 kg,, ayant une capacité de stockage actuelle de 4,7 kWh (cellules KOKAM, BMS et PCM Electravia) permettant d'obtenir une autonomie de 55 minutes de vol ( à 125 km/h)

Du 1er au 3 août 2011, 7 vols d'essais ont été réalisés. Les données suivantes sont issues des compilations des enregistrements des instruments de bord. Le niveau sonore a été mesuré et enregistré selon les procédures indiquées dans l'Arrêté du 17 juin 1986 relatif au bruit émis par les ULM.

## 2014 e-Fan, l'avion-école électrique d'Airbus



e-Fan, l'avion-école électrique d'Airbus, a réalisé vendredi 25 avril 2014 son premier vol officiel à Mérignac Défini par le Ministre comme une « révolution dans l'aéronautique », l'e-Fan devrait entrer en production dès 2017.

« C'est le miracle d'un avion qui fait le bruit d'un sèche-cheveux domestique

Développé par Airbus Group (ex-EADS) en partenariat avec la société Aero Composites Saintonge (ACS) et la Direction générale de l'aviation civile (DGAC), l'e-Fan avait été révélé en 2013 lors du salon du Bourget.

Alimenté par des batteries lithium-polymère, l'e-Fan peut accueillir deux passagers en tandem et affiche 6,7 m de long et 9,5 m d'envergure.

**D'autres aéronefs électriques ont été développés, mais la liste serait longue, dans cette démonstration, il s'agit de faire le point des avancées de l'électricité, qui ont permis d'arriver à la motorisation électrique de ces aéronefs.**

**Quelques exemples ont été mentionnés pour situer les progrès dans l'échelle du temps, et leur place dans cette évolution des progrès de l'électricité.**

**Quelques réalisations de machines déjà conçues.**

**Dans les aéronefs, nous avons les aérostats**

**Les dirigeables, comme celui des frères TISSANDIER en 1883, ou "LA FRANCE" en 1884.**

**En 2005, L'ELECTROPLUME, traversée de la MANCHE en 2h23 mn**

**le COLIBRI dirigeable à air chaud.**

**Une mongolfière équipée d'un moteur auxiliaire pour sécuriser les phases de vol, décollage,, et atterrissage.**

**En 1990 Le Sunseeker est un planeur à énergie solaire conçu par Eric Raymond**

**L'Alatus-ME est un motoplaner ultraléger avec une motorisation électrique de 26cv.**

**2009.2010 L'E-FunFlyer, paramoteur électrique sur chariot.**

**2010 La Demoichelle électrique de l'APEV a volé pour la première fois le 11 avril**

**2010 sur la plateforme ULM de Voves-Viabon.**

**Le vol a été effectué au petit matin malgré un vent de 20 km/h.**

**Le pilote, Charles Dondefort, a pu réaliser un vol de 15 minutes dans le silence le plus complet.**

**Motorisé par un moteur électrique AGNI de 12KW (18 cv) alimenté par deux packs de batteries lithium polymère de 5 KWh, cet ULM multiaxe monoplace autonomie totale de près d'une demi-heure.**

**La science, n'a pas exclusivement avancé par les grands intellectuels penseurs, et grands diplômés, c'est la somme de nombreux, et nombreuses passionnés, et curieux, qui surtout fait preuve d'intelligence, d'imagination, et de conviction.**

**L'intelligence est de tous temps passée avant l'instruction, et la reconnaissance sociale.**

**L'instruction représente surtout une accumulation de connaissance, sans être certain, qu'elles aient été vraiment acquises, et surtout comprises.**

**Un intellectuel peut briller par la mémoire des connaissances accumulées, mais pas forcément par son intelligence.**

**Dans un paquet bien ficelé, nous pouvons mettre m'importe quoi.**

**Il n'est pas possible de pouvoir évoquer les machines volantes, sans se tourner vers ce passé, qui a permis à l'Homme de pouvoir voler.**

**Ces premières machines avant les avions, les hélicoptères, les pendulaire, autogyres, paramoteurs, étaient les ballons, aux origines ces machines étaient plus flottantes, que volantes, c'était les aérostats, la portance était due à la pousée d'Archimède, contrairement aux aérodynes comme les avions, ou planeurs, après les premières ascensions, les utilisateurs ont vite compris, que ces machines "volantes" devaient pouvoir être dirigées, et devenaient ainsi les dirigeables.**

### **BALLON à air chaud**

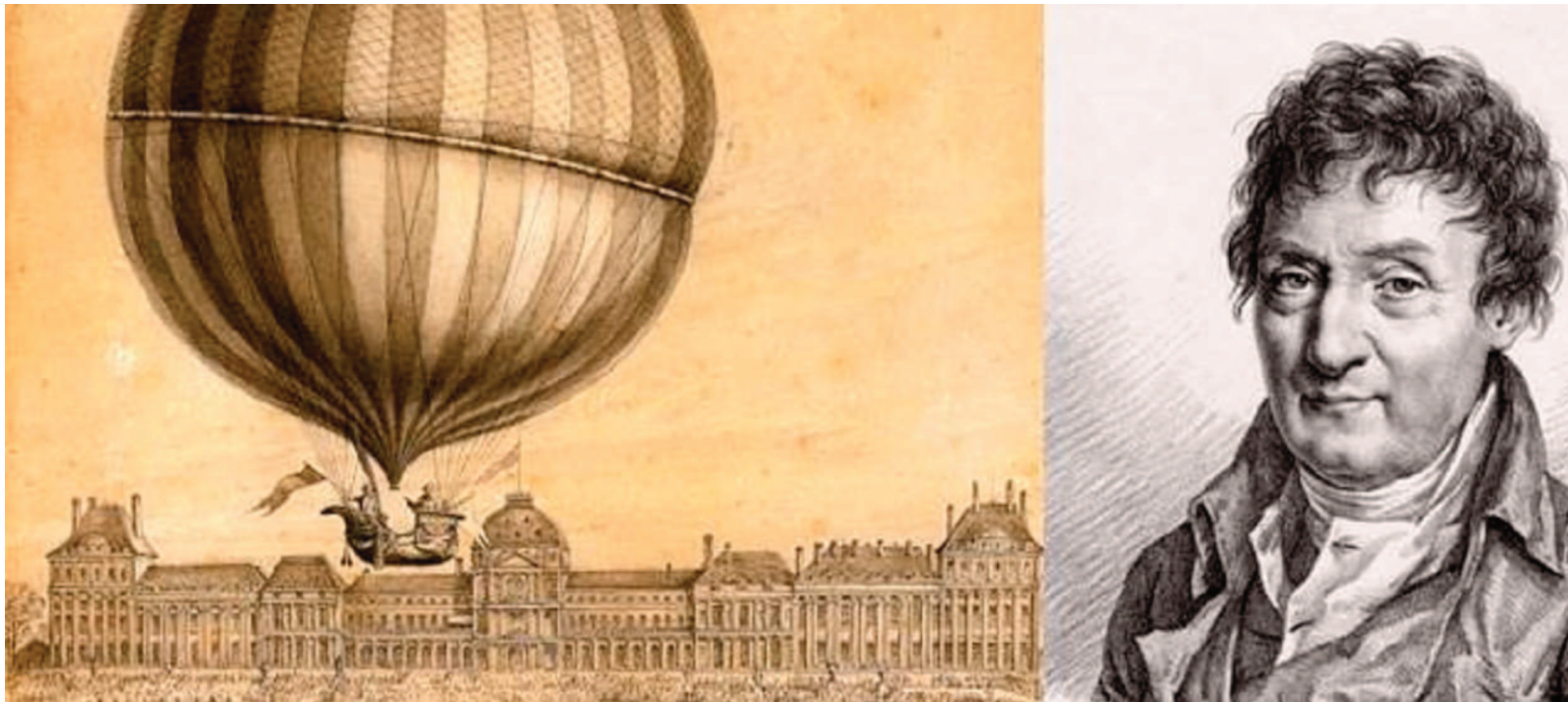
**21 novembre 1783 -: Premier vol humain à bord d'une montgolfière, ballon de 2200 m<sup>3</sup> gonflé à l'air chaud. "Avec les frères Montgolfier, le rêve devient réalité"**



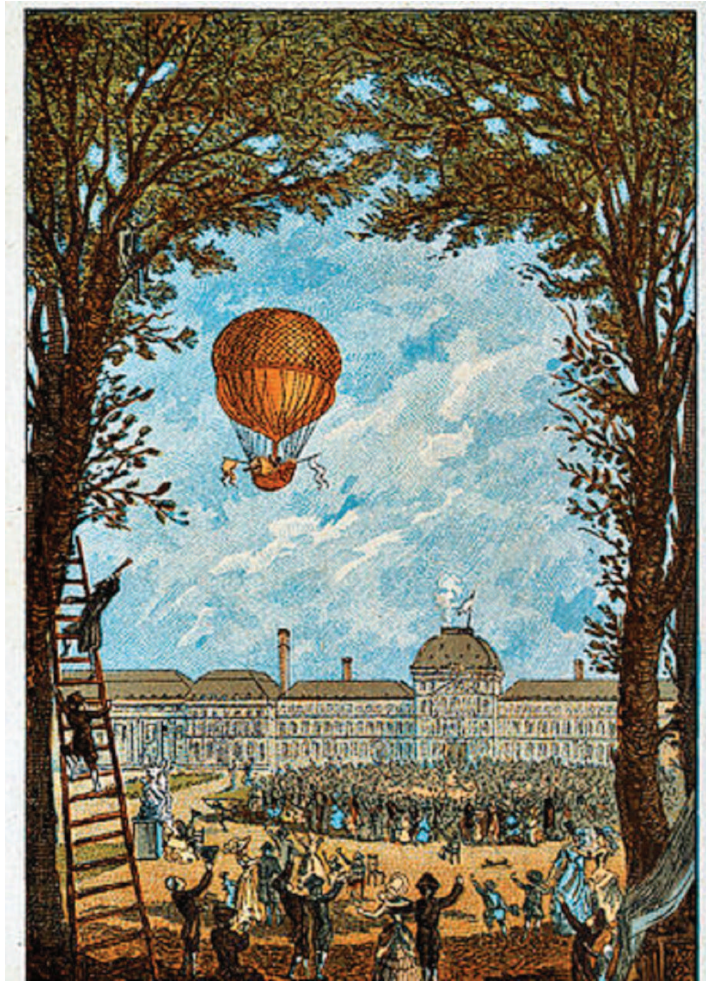
## **BALLON à HYDROGENE**

**1er décembre 1783 -: Premier voyage aérien exécuté dans un aérostat à gaz hydrogène par Jacques Charles et Marie-Noël Robert.**

**Seulement dix jours après le triomphe des Montgolfier, une autre première était réalisée par les physiciens français CHARLES et ROBERT.**







**Partant du Jardin des Tuileries, ils accomplissent un voyage de deux heures, d'une distance de 36 km et se posent près de Nesles-la-Vallée. CHARLES repart seul, atteint l'altitude record de 3000m en 10 minutes et se pose à la Tour-du-Lay une demi-heure plus tard.**

**C'est Charles qui conçoit les appareillages qui équipent encore les ballons à gaz d'aujourd'hui**

**: la nacelle en osier, la soupape, le filet et les suspentes, le pilotage au lest.**

**Charles et les frères Robert fabriquent un ballon capable de porter deux personnes, soit d'un volume de 380 m<sup>3</sup>.**



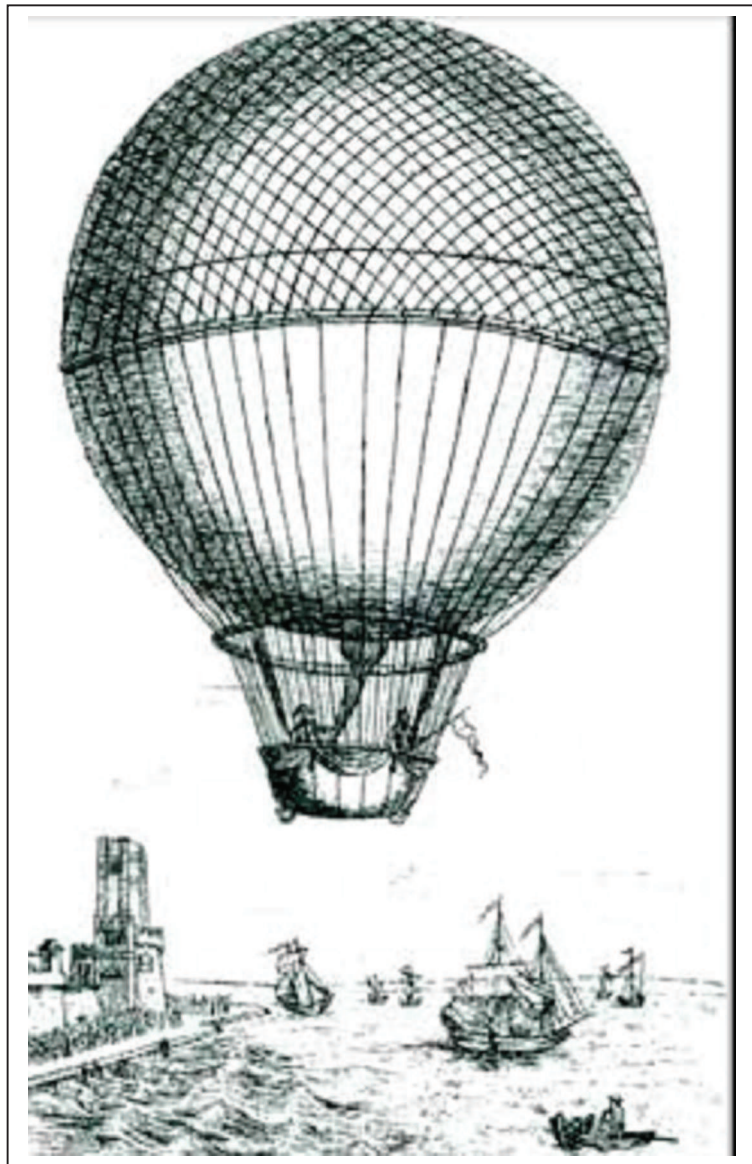
## **7 janvier 1785 -: Première traversée de la Manche par les airs.**

**Le 7 janvier 1785, Blanchard et son ami et mécène américain John Jeffries traversent la Manche de Douvres à Guînes en 2 heures 25 minutes, à bord d'un ballon gonflé à l'hydrogène.**

**Au cours de cette traversée, Blanchard et son compagnon avaient effectué environ au tiers de la traversée lorsque leur ballon se mit à descendre.**

**Après que les deux aérostatiers eurent jeté par-dessus bord tout ce dont ils disposaient, le ballon reprit de l'altitude jusqu'aux deux tiers et lorsqu'il se remit à descendre. Blanchard et Jeffries durent, cette fois, jeter non seulement l'ancre et les cordages, mais également se déshabiller et jeter par-dessus bord une partie de leurs vêtements.**

**La reprise d'altitude du ballon leur évita d'utiliser la dernière ressource, qui aurait été de couper la nacelle. Alors qu'ils approchaient du rivage, l'aérostat s'éleva, décrivant arc au-dessus de la terre avant d'aller se poser en forêt de Guines.**



**BLANCHARD**



**JEFFRIE**



**15 juin 1785 :**

**Premier accident mortel : Pilâtre de Rozier et Romain trouvent la mort en tentant la traversée de la Manche**

**La réflexion sur les applications militaires**

**Pour pallier les faiblesses des armées face aux puissances européennes coalisées, le Comité de salut public, instauré en mars 1793, reprend les réflexions apparues dès les premières ascensions sur l'usage militaire de l'aérostation.**

**Rapidement, un ballon captif est construit dans lequel deux observateurs peuvent prendre place pour observer les manœuvres de l'ennemi et les communiquer aux alliés à terre.**

**Une réflexion avait été**

**Déjà l'idée avait déjà été émise en 1738, le marquis d'Argenson alors secrétaire d'Etat aux Affaires étrangères écrit :**

**« Il y aura des armées aériennes, nos fortifications actuelles deviendront inutiles ».**

**Sous la Révolution en 1794, et lors du conflit de 1870, les ballons deviennent les héros de la guerre. A notre époque moderne, l'avènement de forces aériennes n'est plus à démontrer.**



**Première application, de l'observation militaire.**

**26 juin 1794 - ( 8 messidor an 02): première utilisation du ballon à des fins militaires lors de la bataille de Fleurus.**

**L'ennemi passe à l'attaque le 26 juin avant l'aube. Dès la levée du jour, Coutelle, accompagné par le général Morlot, prennent place dans la nacelle qui s'élève au-dessus du champ de bataille.**

**Le militaire le général Morlot note ses observations sur des feuilles les défaillances des Autrichiens transmises au sol dans un petit sac en cuir qui glisse le long d'un câble.**

**La vision des deux aérostiers couvre tout le champ de bataille.**

**Ils devenaient ainsi les premiers Officiers observateurs aériens**



**Jean-Marie-Joseph Coutelle et de son ballon d'espionnage**



## **1852, les ballons deviennent dirigeables**

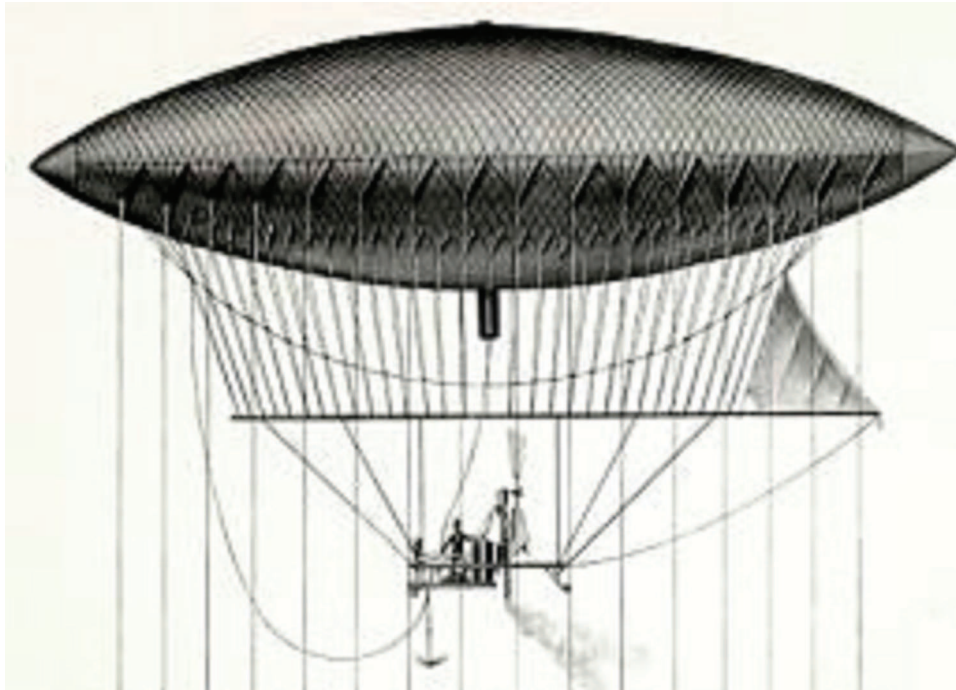
**24 septembre 1852 -: Premier vol d'un ballon dirigeable.**

**Henri Giffard, est passé à la postérité pour avoir imaginé et construit le premier aérostat qui, mû par une machine à vapeur placée dans la nacelle, put subir quelques modifications de direction par rapport au vent en 1852.**

**Le vol historique se déroule le 24 septembre 1852 entre l'hippodrome de Paris et Trappes, soit environ 27 km, grâce à un dirigeable de 44 mètres de long en forme de cigare et équipé d'un moteur à vapeur développant 3 ch actionnant une hélice placée sous le ventre de l'engin 3,2.**

**L'aérostat atteignait la vitesse de 10 km/h mais pouvait difficilement remonter un vent soutenu malgré ses capacités incontestables de « dirigeabilité ». Henri Giffard pouvait ainsi énoncer que « l'action du gouvernail se faisait parfaitement sentir et à peine avais-je tiré légèrement une des deux cordes de manœuvre que je voyais immédiatement l'horizon tourner autour de moi ».**





**l'Aréostat, le dirigeable Giffard en 1852,  
Il était propulsé avec un moteur un vapeur, mais il restait  
un dirigeable, avant la motorisation électrique.**



**Henry-Jacques Giffard,  
né le 8 février 1825  
mort le 15 avril 1882 à Paris,  
11, était inventeur**

**27 septembre 1870 -: naissance de la poste aérienne.**

**C'est la guerre franco allemande. Paris est assiégé. Le 27 septembre 1870, l'Administration des Postes publie deux décrets applicables dès le lendemain (" si le temps le permet ") organisant l'acheminement de cartes-postes et de lettres ordinaires du public à destination de la France, de l'Algérie et de l'étranger par voie d'aérostats (ou ballon monté).**

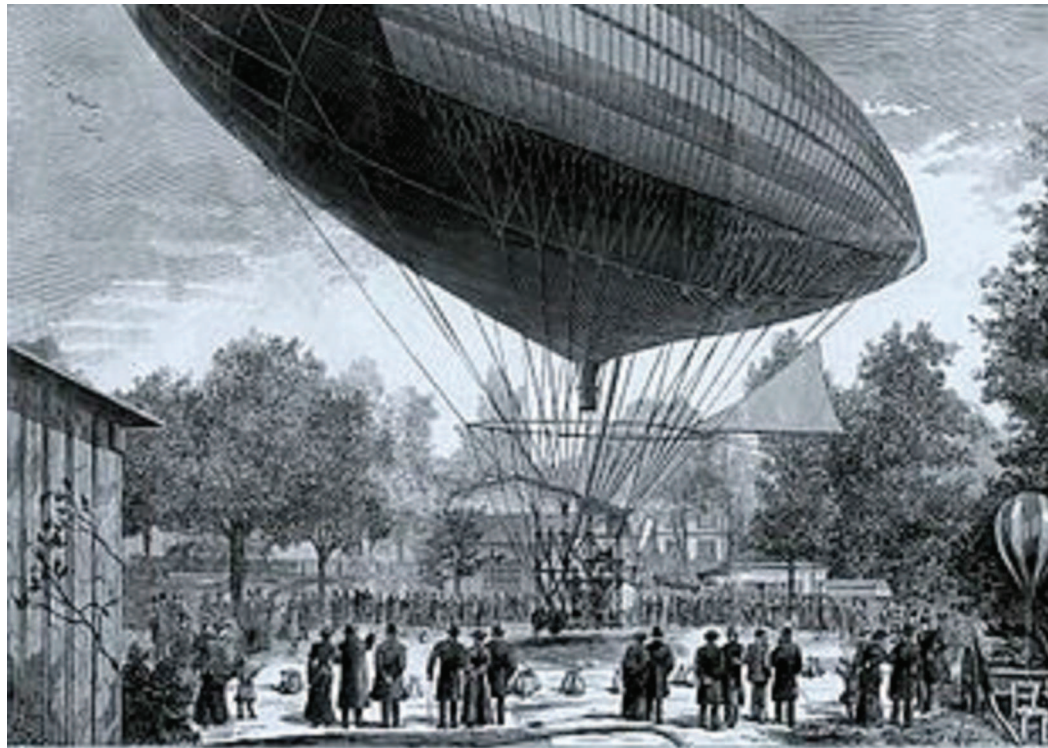
**Ce service par ballons montés constitue la première expérience mondiale de transport régulier par une administration postale de courriers par la voie des airs, marquant ainsi la naissance de la Poste aérienne.**



**8 octobre 1883 -: Premier dirigeable à propulsion électrique.**

**Les dirigeables étaient motorisés, grâce aux machines thermiques connues de l'époque, qui étaient les moteurs à vapeur, ces machines thermiques, ont néanmoins permis les avancées technologiques de la motorisation des dirigeables, et était, une étape dans cette amélioration continue..**

**Le 8 octobre 1883, le ballon dirigeable conçu par Gaston et Albert TISSANDIER accomplit sa première ascension.**



**DIRIGEABLE TISSANDIER à PROPULSION ELECTRIQUE**

**En partant des ateliers d'Auteuil, il a survolé le Bois de Boulogne et a atterri vingt minutes plus tard à Croissy-sur-Seine**

**C'était une construction de 28 m de long, d'un diamètre de 9,20 m et d'un volume de 1 060 m<sup>3</sup>. Une dynamo Siemens d'un poids de 55 kg, alimentée par 24 éléments de piles au bichromate de potassium, développait une puissance d'un cheval et demi.**



**NACELLE DU DIRIGEABLE TISSANDIER**



## **09 Aout 1884, le dirigeable « LA FRANCE »**

**le 9 août 1884 -: une nouvelle amélioration, le premier dirigeable à réaliser un circuit fermé - "LA FRANCE".**

**Le 9 août 1884 à Meudon : les capitaines RENARD et KREBS s'élèvent à 300 m et ils réussissent à maintenir le cap pendant plusieurs minutes.**

**A 4 km de Chalais, ils virent de bord en accomplissant un demi-cercle de 300 m de diamètre.**

**Revenus vers Meudon, après quelques « machine avant », « machine arrière », ils atterrissent au point même d'où ils s'étaient envolés.**

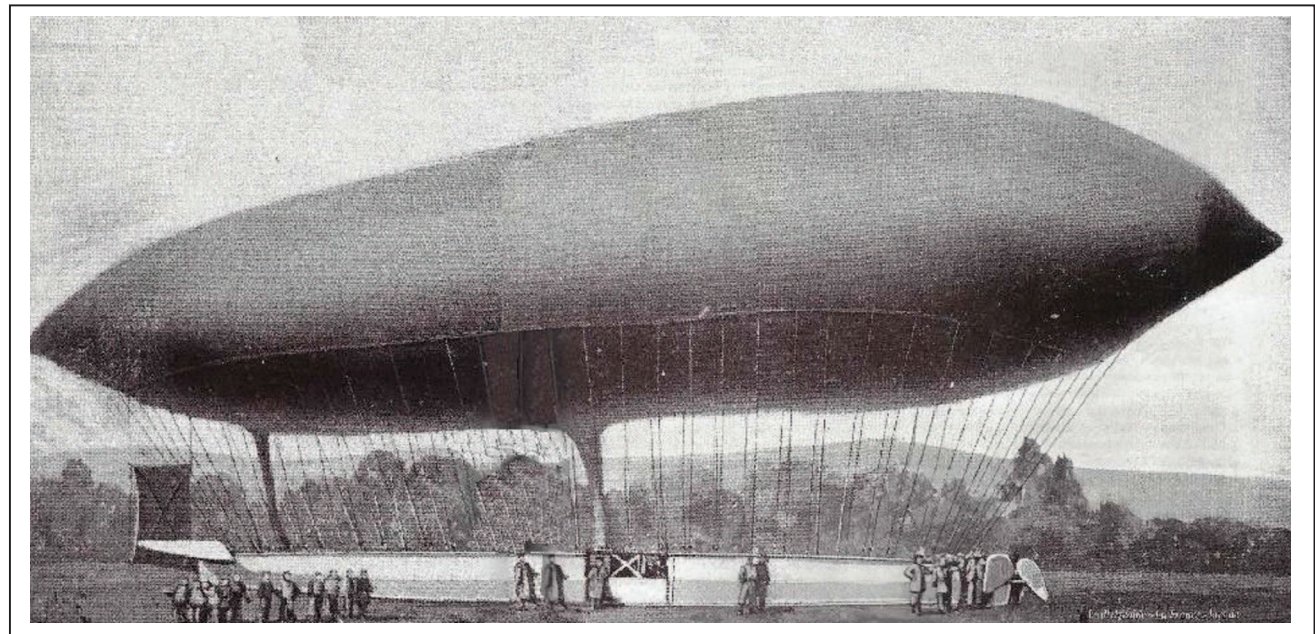
**Ce voyage avait duré 23 mn, le dirigeable avait parcouru 7600 m.**

**Caractéristiques :**

**Longueur : 51 m**

**Diamètre : 8,40 m**

**Volume : 1864 m<sup>3</sup>**



**Un moteur électrique multipolaire de 96 kg fournissant une puissance de 8 cv à 3600 tours, l'hélice avait un diamètre de 7 m et pesait 40 kg**

**"La France" était muni d'une grande nacelle de bambou de 33 m de long de 1,30 m de large et de 1,80 m de haut.**

**À Paris, dans les années 1900-1910, les pionniers Alberto Santos-Dumont et Adolphe Clément-Bayard s'illustrent par leurs vols au-dessus de la ville**

**L'aventure des dirigeables, qu'ils soient à propulsions électriques, ou thermiques a subi un dramatique coup d'arrêt avec l'accident du HIDE MBURG en 1937.**

**Mais, ces machines entre 1883, et 1936 ont permis d'explorer des modes de propulsions originaux, précurseurs des motorisations qui pourront s'adapter sur les avions modernes.**

**A notre époque, nous commençons à voir quelques timides réalisations de dirigibles, qui seront plus sûrs, grâce aux expériences acquises, et l'utilisation de l'hélium, remplaçant l'hydrogène hautement inflammable.**



## **Les dirigeables modernes**

**Des dirigeables de diverses tailles ont été construits après la Seconde Guerre mondiale et jusqu'à nos jours, à des fins militaires, mais aussi publicitaires ou sportives, ou encore pour transporter de très lourdes charges dans des lieux dépourvus de terrains d'aviation.**



**Ballon captif d'observation 2009**







**L'électroplume**  
**Traversée de la mache en 2h23 mn en 2013**

**Après, les plus lourds, que l'air, les ancêtres de nos avions , commençaient à supplanter les dirigeables.**

**Mais, les premiers aéronefs mus par l'électricité resteront les premiers dirigeables, qui ont permis les premiers pas de l'aviation que nous connaissons.**

**Mais, avons toujours les aérostatiers, qui conservent tous les acquis des ces premières machines avant même quelques soient dirigeables.**

**Depuis beaucoup de choses ont changé, on dirige plus , on pilote.**

# COMPARAISONS EXEMPLES

## MOTEURS ELECTRIQUES POUR LA PROPULSION

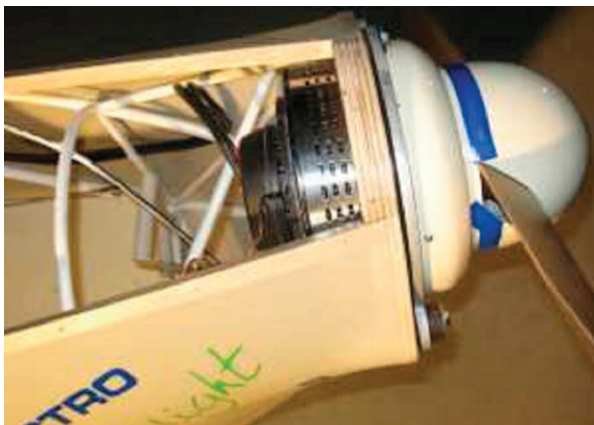
Les moteurs électriques sont propres, silencieux, très fiables, économiques et faciles à entretenir.

Alimentés par des batteries Lithium–Polymère permettant désormais une autonomie significative, ils peuvent équiper des avions, des ULM pendulaires et multiaxes, des dirigeables, des paramoteurs et des paraplanes, des motoplaneurs et des drones.

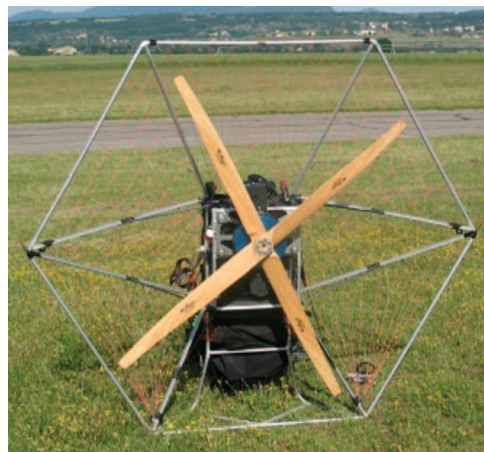


Pour une application à l'aviation légère, deux types de moteurs électriques ont été testés par ELECTRAVIA :

le moteur à courant continu de technologie disque, à balais ("brushed"), très répandu dans l'industrie  
le moteur sans balais utilisant du courant alternatif ("brushless"), bien connu des modélistes



GMPE 102 dans le nez de l'ElectroLight2

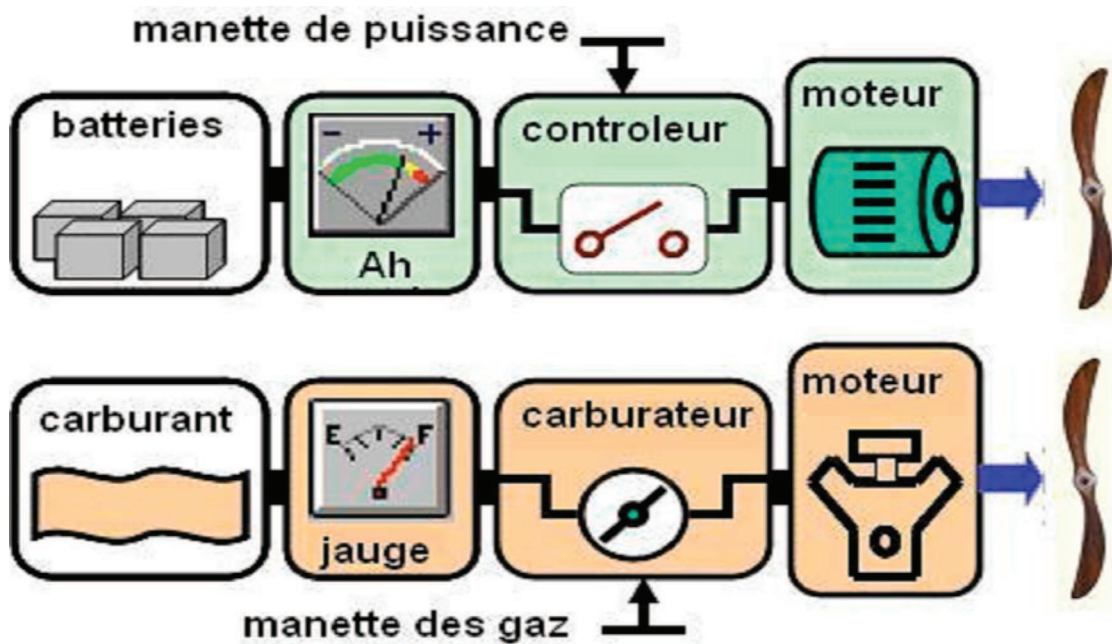


E-SPIDER (paramoteur binlace)



**Tableau comparatif des motorisations**

<b>Motorisations</b>	<b>Avantage</b>	<b>Inconvénients</b>
<b>Thermique</b>	<b>Prix d'achat</b> <b>Autonomie</b> <b>Rapidité pour faire le plein</b>	<b>Prix à l'utilisation</b> <b>Contrainte d'utilisation</b> <b>Manque de fiabilité</b> <b>Entretien fréquent</b> <b>Puissance max diminuant en fonction de l'altitude</b>
<b>Electrique</b>	<b>Prix d'achat des moteurs</b> <b>Prix à l'utilisation</b> <b>Grande fiabilité</b> <b>Facilité d'utilisation</b> <b>Très peu d'entretien</b> <b>Puissance max indépendante de l'altitude</b>	<b>Prix d'achat des batteries</b> <b>Autonomie</b> <b>Temps de recharge</b>





## PREMIER HELICOPTERE ELECTRIQUE 13 septembre 2011

En 2012, la PME s'est diversifiée dans la location de vélos et scooters électriques, une activité qu'elle entend développer rapidement..

Solution F veut accélérer le déploiement des stations de location

Solution F a breveté le premier hélicoptère 100 % électrique au monde

Depuis 2005, l'entreprise réinvestit tous ses bénéfices en R&D. À son actif, le premier hélicoptère 100% électrique au monde (photo), un moteur hybride qui ne consomme que 2,6 litres aux 100





## **PREMIER VOL ET RECORD DU MONDE POUR UN HÉLICOPTÈRE 100% ÉLECTRIQUE**

**Un véritable exploit qui ouvre les portes à de nouvelles perspectives.**

**C'est la société française Solution F qui a contacté Pascal Chretien pour lui demander de construire le premier hélicoptère électrique au monde.**

**Le fruit de leur collaboration est un prototype unique, ultra-léger et ultra simplifié qui est conçu pour optimiser le temps de vol en fonction de la quantité d'énergie embarquée par des batteries Lithium-Polymère d'une densité énergétique de 160 W/h/kg.**

**Pour économiser l'énergie, cet hélicoptère comprend deux rotors contra-rotatifs sur le dessus, et est dépourvu de rotor caudal qui consommerait trop d'énergie. Cette innovation a permis a M. Chrétien d'atteindre une efficacité énergétique de 87,5% entre les bornes de la batterie et les arbres de rotor.**

**Pascal Chrétien prévoit toutefois d'installer une chaîne de traction hybride pour finaliser ce projet. À l'heure actuelle, le vol en hélicoptère est presque 40 fois plus dangereux que de vol d'avion, à environ 23 décès par million d'heures de vol contre seulement 0,6 pour les avions.**

**Un système d'alimentation hybride permettrait en effet d'offrir 3 à 4 minutes de vol en 100% électrique en cas de défaillance du moteur thermique, ce qui permettrait d'atterrir en toute sécurité et de réduire les accidents de près de 40%.**

**En 1985, ancien pilote auto 'Éric Chantriaux crée la société d'ingénierie en sport automobile Solution F, pour répondre d'abord à des besoins précis en matière de carburation, acoustique, amortisseurs, etc.**

**Depuis 2005, la société, implantée à Venelles au nord d'Aix-en-Provence (CA de 7,2 millions d'euros en 2012, 45 salariés) s'est diversifiée et innove tous azimuts.**

**Solution F a ainsi déposé des brevets pour**

**Le premier hélicoptère 100 % électrique au monde,**

**Un moteur hybride qui ne consomme que 2,6 litres aux 100 km,**

**Une éolienne à axe vertical.**

**Elle possède en outre le seul prototype mondial d'impression 3D grâce à un procédé de polymérisation de la matière avec un laser.**

## L'HÉLICOPTÈRE ÉLECTRIQUE POUR CHANGER LA FACE DU TRANSPORT URBAIN 27 novembre 2010



**Innovations travaille sur le projet Firefly, un prototype de démonstration d'un hélicoptère tout-électrique. Le rêve d'une mobilité aérienne électrique pointe le bout de son nez !**

**Chris Van Buite, le directeur de l'entreprise, a indiqué que les objectifs de ce projet sont de fournir une preuve du concept et de valider les avantages d'un rotor électrique, de développer les technologies qui permettront des vols habités avec ce type de motorisation, et de conduire le développement de nouvelles pratiques « vertes » dans le domaine.**

**L'équipe d'ingénieurs qui travaille sur le projet a ainsi remplacé le système de propulsion d'un hélicoptère S-300CTM par un moteur électrique à haut rendement et une commande numérique. Les batteries lithium-ion stockent l'énergie nécessaire à l'alimentation du système. Des capteurs intégrés fournissent au pilote des informations en temps réel sur l'état de l'appareil.**

**Mark Miller, le vice-président en charge de la R&D de Sikorsky a indiqué que « grâce à la conversion à l'électrique, l'efficacité de la propulsion de l'appareil a été augmentée d'environ 300% par rapport au départ. La propulsion électrique permet également de simplifier la complexité inhérente au système de propulsion en réduisant la quantité de pièces en mouvement, en augmentant la fiabilité, tout en réduisant les coûts directs d'exploitation ».**

**Le démonstrateur comprendra un moteur électrique d'une puissance de 190 ch, un système de monitoring du moteur, un jeu de batteries, et les commandes du poste de pilotage.**

**Le premier vol au courant de l'année prochaine, à l'issue d'essais au sol conformément aux pratiques courantes dans le développement d'hélicoptères.**

**La charge utile et l'autonomie en vol (15 min) seront bien sûr largement réduites par rapport à un hélicoptère classique à cause des limitations de stockage des batteries, mais Sikorsky Innovations espère pouvoir progresser rapidement avec ce premier prototype.**

**La voiture volante n'est toujours pas là, mais peut-être que l'on a plus de chance de voir un jour de petits hélicoptères électriques débarquer dans notre quotidien**

## HELICOPTERES ELECTRIQUES

Au JAPON aussi

Hirobo dévoile HX-1 hélicoptère électrique sans pilote, et promet un modèle habité



**Le Hirobo stand à l'Exposition internationale de robotique à Tokyo en 2003.**

**La première a été l'apparition de la HX-1 hélicoptère électrique sans pilote, qui devrait entrer en production avant la fin de l'année,**



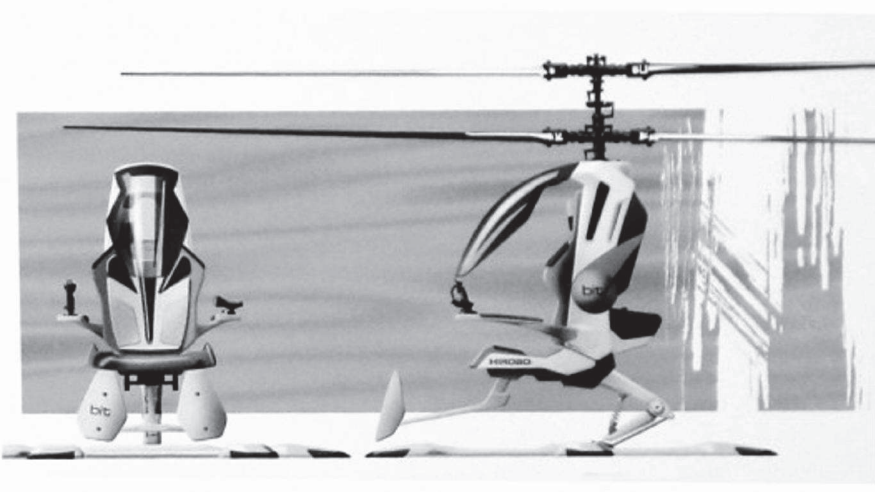
## UN MODELE HABITE



**Le constructeur annonce un modèle avec pilote pour 2016 : le HX-1 Rescue. I**

**Il sera équipé de la technologie maison qui permet un vol stabilisé même en cas de conditions météo difficiles, grâce à des savants calculs en temps réel de l'angle de vol, d'accélération, de vitesse, et bien sûr de position et de direction dans l'espace. -**





# VOLOCOPÈRE

## Les débuts









**Toutes les parties se connectent à un réseau maillé intelligent. En cas de défaillance de plusieurs composants, l'aéronef est en mesure d'atterrir et de s'arrêter en toute sécurité.**

**La construction du rotor de l'hélicoptère intègre six bras avec trois disques qui utilisent différentes sources d'énergie.**

**Chaque bras est alimenté par 20 ordinateurs indépendants, capables de naviguer individuellement et permettant le vol stationnaire.**

**Dans le prototype actuel de la VC200, les 18 disques sont alimentés par six blocs de batteries centrales d'une capacité de réserve de 50%, même lorsque deux blocs de batteries sont vides, un atterrissage en toute sécurité est possible.**

**Le pilotage est alors réduit à sa plus simple expression: un joystick permet de choisir la direction souhaitée, et une batterie d'ordinateurs s'occupe du reste.**

**Ceux-ci répartissent alors la puissance entre les différentes hélices de l'appareil : pour avancer, les hélices arrière tourneront beaucoup plus vite que celles de devant.**

**Pour tourner à gauche, les hélices de droite accélèrent..**

**Quant à l'autonomie, point faible de tous appareils électriques pour l'instant puisqu'elle n'excède pas 20 minutes, ils espèrent la porter à une heure.**

**Et si, au vu des photos, le Volocopter ressemble plus à un prototype un peu fantaisiste qu'à un véritable projet viable techniquement et économiquement, il n'en est pourtant rien.**

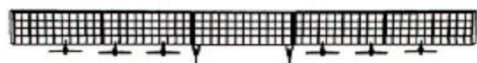
## Les évolutions sont considérables sont considérables.

Grace à l'évolution des matériaux à utiliser, le vol solaire longue durée - longue distance devient totalement réalisable, avec une machine dont les lignes restent assez proches d'un avion conventionnel, au plan par exemple de l'allongement.

Mais ce n'est pas ce qui intéresse alors MacCready. Il songe alors à un appareil sans pilote, un " UAV " ( Unmanned aerial vehicle ), capable de gagner des altitudes importantes, de jour : 30 kilomètres, en redescendant quelque peu en vol plané la nuit, ou en restituant une partie de l'énergie électrique collectée, stockée dans des batteries, ce qui lui permettrait de rester en l'air indéfiniment . .

Il s'oriente alors vers le " sans queue " à fort allongement, où les rafales seront encaissées par la souplesse du longeron, autorisant un dièdre important.

**Pathfinder (1981-1997)**



**Pathfinder Plus (1997-1998)**



**Centurion (1996-1998)**



**Helios Prototype (HP01), High-Altitude Configuration (1998-2002)**



**Helios Prototype (HP03), Long-Endurance Configuration (2003)**



La stabilité de l'appareil est confiée à un ordinateur de bord qui, agissant sur un ensemble de volets disposés sur tout le bord de fuite de l'aile, d'allongement considérable, est chargé de contrôler les effets de l'aéroélasticité.

## Les appareils suivants

L'altitude de 30 km ( 100.000 pieds ) a effectivement pu être atteinte. Le rendement des capteurs solaires dépasse les 20 %. L'appareil peut décoller par ses propres moyens.

Différentes formules ont été successivement mises en oeuvre, depuis le " tout solaire " jusqu'à des systèmes mixte où l'appareil emporte de l'énergie dans des batteries ou crée son énergie électrique à l'aide de piles à hydrogène.

Au milieu des années quatre vingt quinze la Nasa entreprend un programme ERAST ( Environmental Research Aircraft and Sensor Technology ) à partir de son centre d'essai de Dryden.

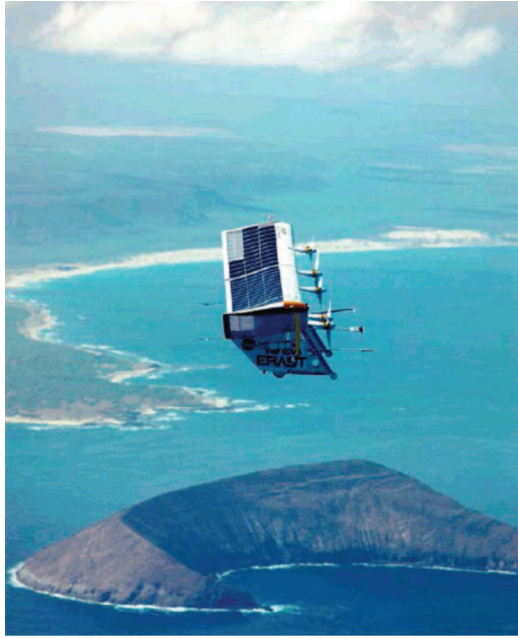
Les études et recherches sont menées par la société Aero Vironment, fondée par MacCready..



**Le Pathfinder : 30 mètres d'envergure, huit moteurs**

Le premier appareil est le Pathfinder. 30 mètres d'envergure, six moteurs. Après avoir volé sur batterie il évolue ensuite à l'aide de capteurs solaires. Il atteint 17.000 mètres d'altitude en 1995, puis 23.000 mètres en 1997.

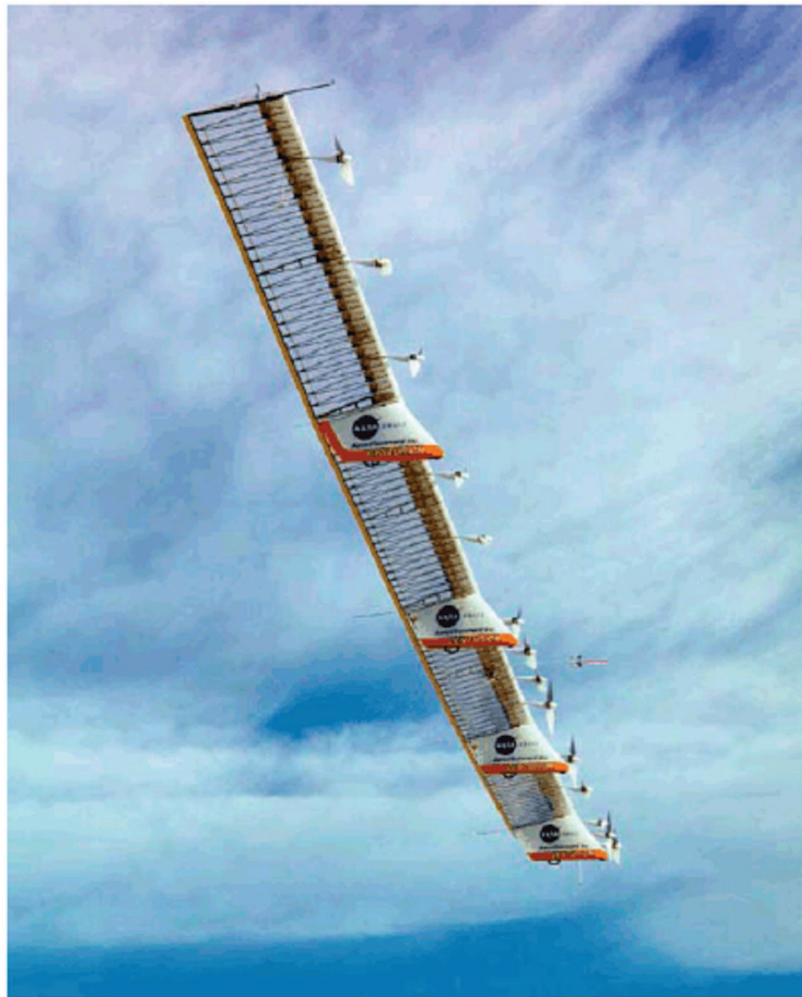
Une aile ne développe une portance qu'au prix d'un couple piqueur, qui doit être équilibré. Le profil des ailes de ce type de machine est évolutif. La partie centrale de l'aile est la plus " porteuse " et possède une cambrure positive. Les bouts d'aile ont un profil autostable, en S, bien visible sur ce cliché. Ces éléments d'aile créent donc une portance plus faible. C'est la solution mise en oeuvre par MacCready pour déboucher sur cette formule " sans queue " , sur une simple aile volante, de grand allongement. On a beaucoup compté, un peu trop sans doute, sur le contrôle du vol par ordinateur.



**Une vue de profil du Pathfinder**



La Nasa passe alors au prototype Centurion ( 1996-1998), doté de quatorze moteurs, d'une envergure de soixante dix mètres, conçu pour atteindre une altitude de 100.000 pieds ( trente kilomètres ).

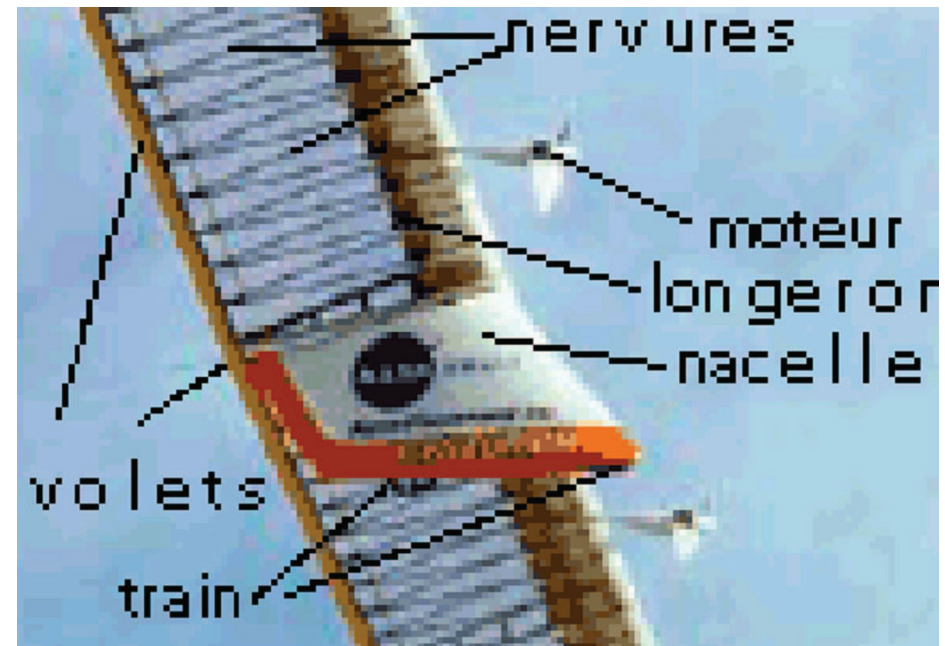


prototype Centurion

La photographie est prise par en dessous.

Sur la partie postérieure du profil on distingue nettement, en transparence, les fines nervures.

Ceci laisse à penser qu'il s'agit d'essais de qualification de la voile, d'évaluation des qualités de vol, en l'absence des coûteux capteurs solaires. L'extrados et l'intrados ne sont recouverts que par un fin film de mylar, transparent, comme pour les appareils précédents, créés par MacCready.



DETAILS DE LA STRUCTURE



**Les améliorations, obtenues avec l'Helios HP01, conduit vers une d'une machine tous temps, capable d'assurer un service à toute époque de l'année, sous toutes les latitudes, à des altitudes stratosphériques ( entre 15 et 30 km d'altitude ), en visant des vols non-stop.**

**Le prototype Centurion est alors modifié par adjonction d'un élément central, qui porte son envergure à 82 mètres, toujours avec quatorze moteurs.**

**Il devient alors la machine Helios HPO1 destinées à vérifier la possibilité d'effectuer des vols à très haute altitude.**



**Avec 62.000 capteurs solaires, le 13 août 2001 Hélios monte à 97.000 pieds ( 30 kilomètres d'altitude ). C'est le record absolu d'altitude pour un avion muni d'ails.**

**Antérieurement des altitudes supérieures avaient été atteintes par des appareils à réaction ( turboréacteurs ou moteurs fusées, comme le X-15) au cours de vols balistiques, sans que les ailes ne participent à la sustentation, dans cette phase de la mission.**

**Helios, 14 moteurs, configuré pour les records d'altitude**

**La haute altitude conduit à d'autres problèmes.**

**A cette altitude la pression atmosphérique ne dépasse pas quelques millibars.**

**Il y a alors deux façons d'assurer un vol soutenu :**

**Soit la formule Helios, avec une faible vitesse, avec une très faible charge alaire 5 kilos au mètre carré lors des vols d'Helios en haute altitude.**

**Envergure 82 mètres. Corde de l'aile : 82,64 mètres ). Allongement :  $82/2,64 = 31$ .**

**Surface voilure 216 mètres carrés. Epaisseur maximale 28 cm.**

**Bord d'attaque en styrofoam ( expansé ), tapissé d'un film plastique mince.**

**Poids d'Helios : 1.160 kilos, machine allégée au maximum**

**( poids porté à 2.320 kilos pour L'Helios HP03, du fait de l'emport d'un système de motorisation par pile à combustible représentant plus d'une tonne supplémentaire ).**

**Vitesse nominale 12 m/s soit 45 km/h**

**- Soit avoir une charge alaire élevée, mais évoluer en hypersonique**

**En 2003 la Nasa envisage alors de viser des vols de longue durée ( une à deux semaines ) en assurant le maintien en vol nocturne.**

**A l'aide de piles à combustible, à hydrogène, à une altitude de 16.000 mètres , développant 18 kilowatts.**

**La configuration d'Helios est alors modifiée.**

**On passe à dix moteurs. La pile à combustible est placée dans la nacelle centrale, tandis que des réservoirs additionnels sont disposés en bouts d'aile ( 7 kilos chaque ).**



**Helios HP03 en vol.  
les réservoirs des piles à combustible en bout d'ailerons.**



**Atterrissage par vent de travers**

**On pourrait penser que cet allongement de 31 constitue une limite absolue. Oui et non. Helios est d'une construction trop légère pour pouvoir résister aux perturbations atmosphériques par sa propre rigidité. Les concepteurs ont donc rendu son aile " intelligente ", en la dotant de 72 volets pilotés par ordinateur. Mais avec une charge alaire plus importante, on découvre le biplace allemand ETA ( traduction phonétique de la lettre grecque éta ) dont l'allongement atteint ... 51 !**



**Le prototype de la NASA, a fini par être détruit en juin 2003, mais, c'est le destin de nombreux prototypes, mais pendant, ces années en 1974, et 2003, des décourvetes, et des améliorations ont permis de faire évoluer ces machines volantes, et ont apporter de nombreuses informations pour faire des nouvelles machines plus faibles, et plus performantes.**



**De 1974, des inventeurs sont parti de ça**



**Et en 2003, les inventeurs en été à ce résultat**

## L'aviation électrique continue à évoluer

Quittant le domaine de l'avion solaire "

Il existe aussi celui de l'avion électrique, qui vole grâce à de l'énergie stockée dans des batteries.

C'est un marché en pleine expansion.

Des avancées décisives ont marqué, cette évolution

Un premier vol d'un monoplace français en décembre 2007 :



C'est une première mondiale, l'APAME, Association de Promotion des Aéronefs à Motorisation Electrique, a réalisé le premier vol de l'avion ELECTRA F-WMDJ, équipé d'un moteur électrique de 25 cv et de batteries Lithium-Polymère.

Ce premier envol s'est déroulé le 23 décembre 2007 à partir de l'aérodrome d'Aspres sur Buëch dans les Hautes-Alpes.

En vol durant 48 minutes, l'avion électrique à parcouru 50 km en circuit fermé.

Cette expérience exceptionnelle dans le secteur de l'aviation de loisir permet de proposer une alternative sans précédent aux actuels moteurs thermiques pour les aéronefs nécessitant une puissance de 15 à 50 cv.

Caractéristiques de l'appareil :

**Monoplace**

**Envergure :** 9 m

**Longueur :** 7 m

**Masse à vide sans batteries:** 134 kg

**Masse maxi autorisée au décollage :** 265 kg

**Vitesse de croisière :** 90 km/h

**Finesse :** 13

**Construction type bois et toile**

**Caractéristiques du groupe motopropulseur électrique :**

**Moteur à courant continu type "brush" industriel de 18 kW (25 cv)**

**Electronique de puissance développée spécifiquement pour cette utilisation**

**Batteries Lithium – Polymère (masse totale : 47 kg)**

**Hélice à pas réglable au sol ARPLAST adaptée à cette motorisation**



## **PREMIER AVION ELECTRIQUE SOLAIRE en 1974**

**Le premier vol à l'énergie solaire, effectué par le fils de Marc Ready, 13 ans, 40 kilos, à bord du Glossamer Penguin, équipé de 3900 cellules solaires au cadmium-nickel, développant 500 watts. Poids à vide de l'appareil : 34 kilos. Un catapultage permettait à l'engin de quitter le sol.**



**Gossamer Penguin**

**Le premier vol avec propulsion par énergie solaire, 1974.**

**Toujours les vélos et l'effet de sol**



**Le fils de Mac Ready  
A 13 ans, le premier être  
humain ayant volé à l'aide  
de l'énergie solaire**

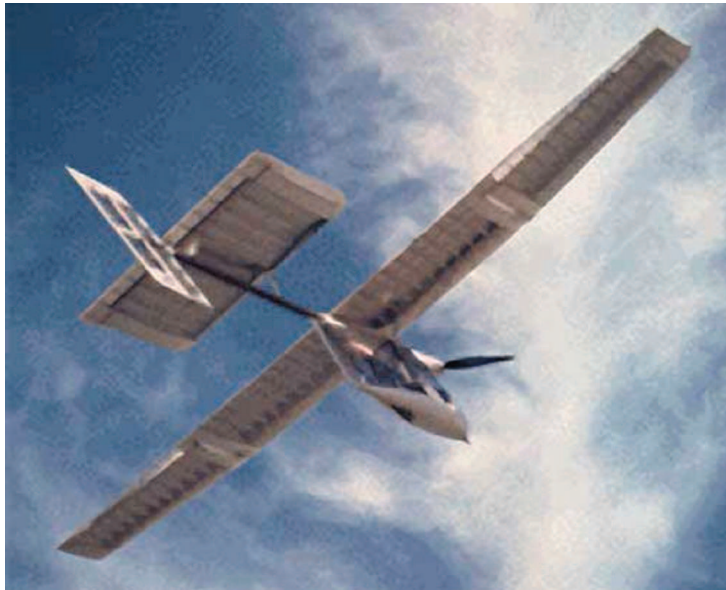


**Marshall Mac Ready au décollage**

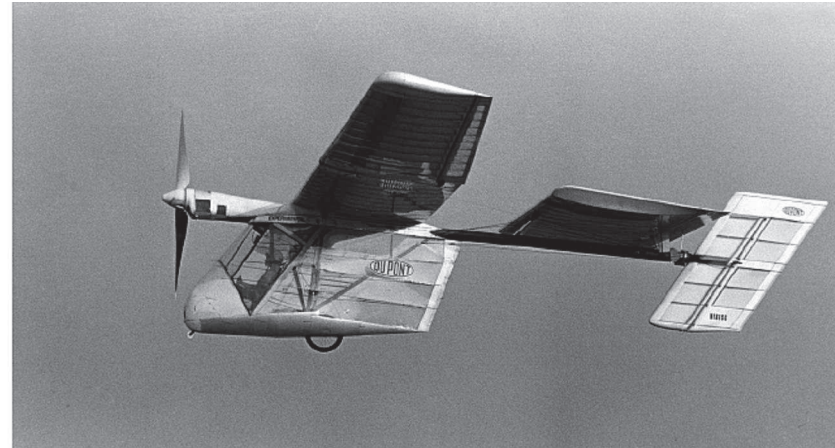
**La NASA prend le relais et apporte son soutien à à MacCready de faire voler en 1981 le Solar Challenger. Puissance : 2,5 kW**

**Lorsque que quelques moyens sont apportés à un inventeur et novateur, la différence apparait nettement.**

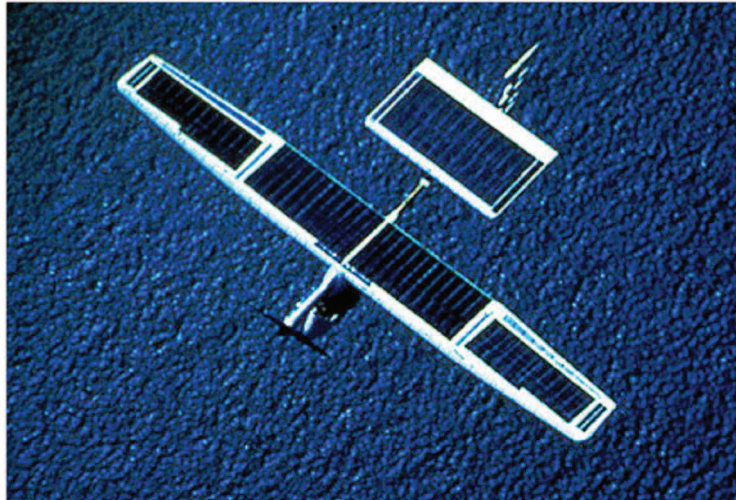
**Là, les choses changent complètement. On note une silhouette plus trapue, destinées à résister à l'assaut des turbulences.**



**Le Solar Challenger de Paul MacCready**



**Vu de profil. On note qu'il a des ailerons.**



**Solar Challenger, vue de dessus**

**L'empennage de l'appareil est doté d'un profil déporteur, pour équilibrer le couple piqueur de l'aile. Le dessus est complètement plat et porteur d'une grande quantité de panneaux solaires.**

**C'est la partie fixe qui porte les panneaux.**

**Les partie mobile les gouvernes apparaissent comme une bande blanche, en est dépourvue.**

**Volant entre la France et l'Angleterre, sur une distance de 300 km, cet appareil a tenu l'air pendant 5 heures et 23 minutes en juillet 1981.**

**Trois fois plus lourd que le Gossamer Penguin ( sans le pilote ), doté de 16.000 cellules solaires, alimentant deux moteurs électriques disposés en tandem, développant chacun trois chevaux, porteurs d'aimants permanents au samarium-cobalt.**

**L'appareil bénéficie de tous les progrès réalisés en matière de nouveaux matériaux présentant un fort rapport solidité sur poids et est doté d'une hélice à pas variable.**