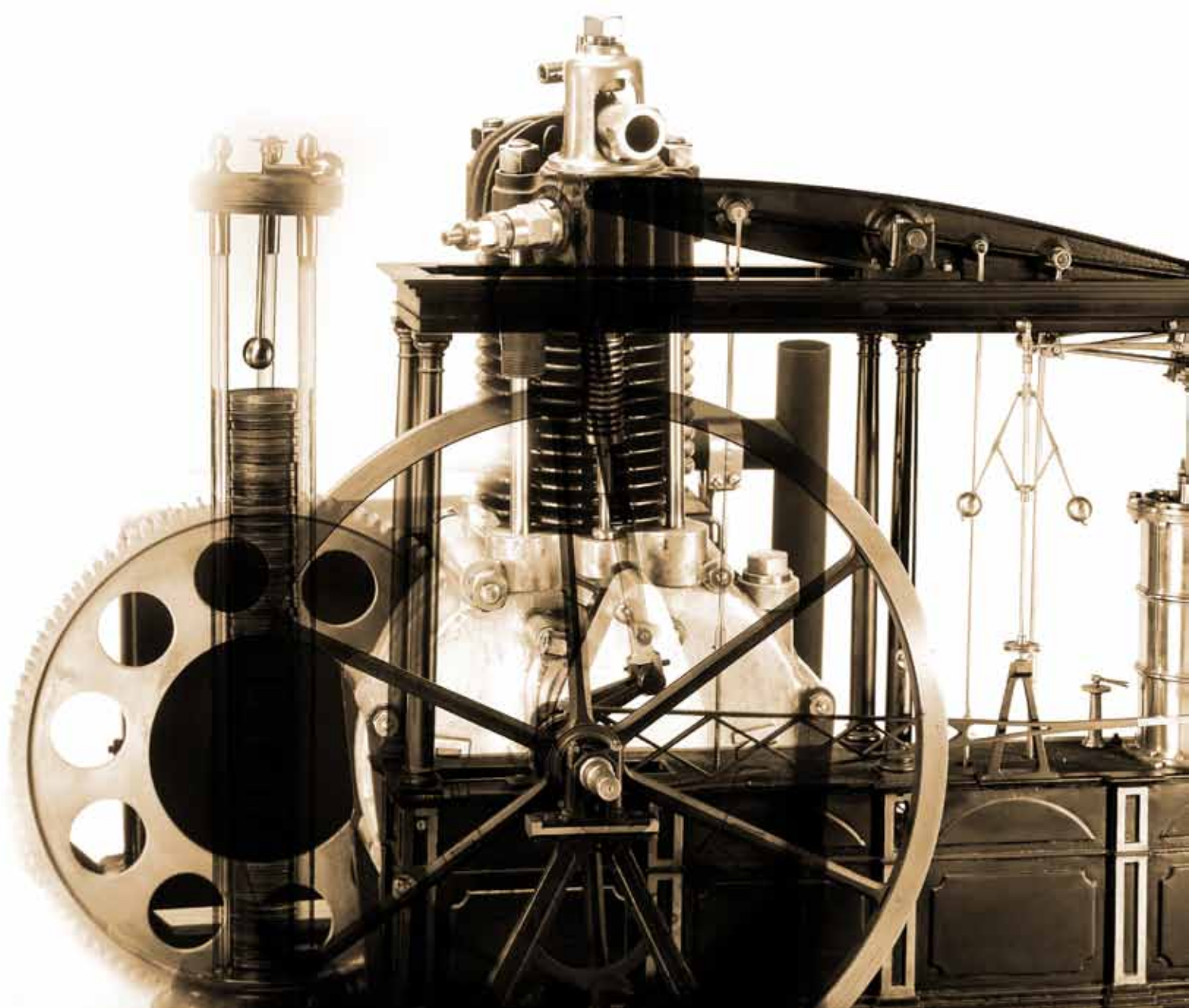


COLLECTION

ÉNERGIE



SOMMAIRE

1

PRÉAMBULE

2

PARCOURS DE LA COLLECTION

Avant 1750

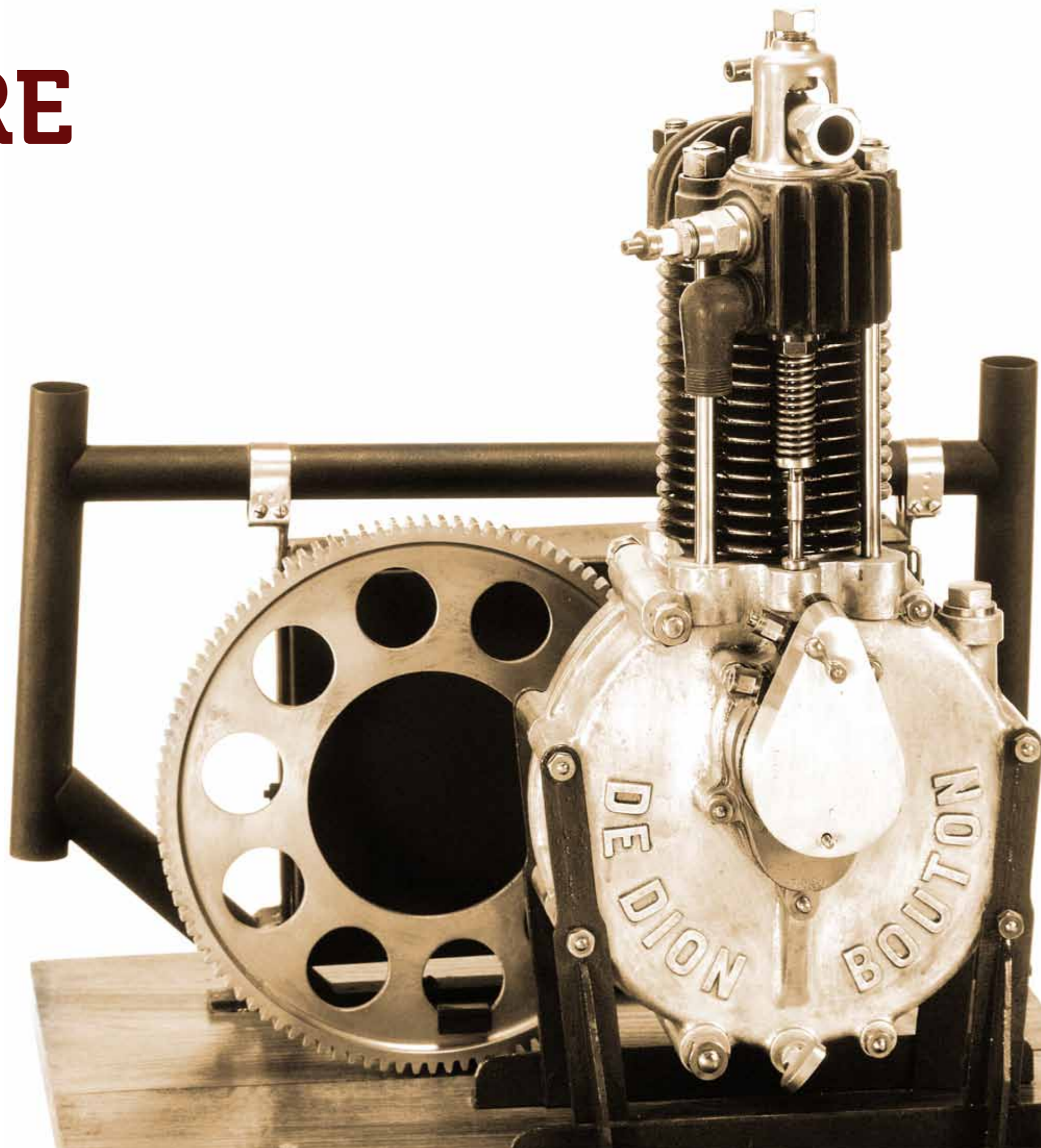
De 1750 à 1850

De 1850 à 1950

Après 1950

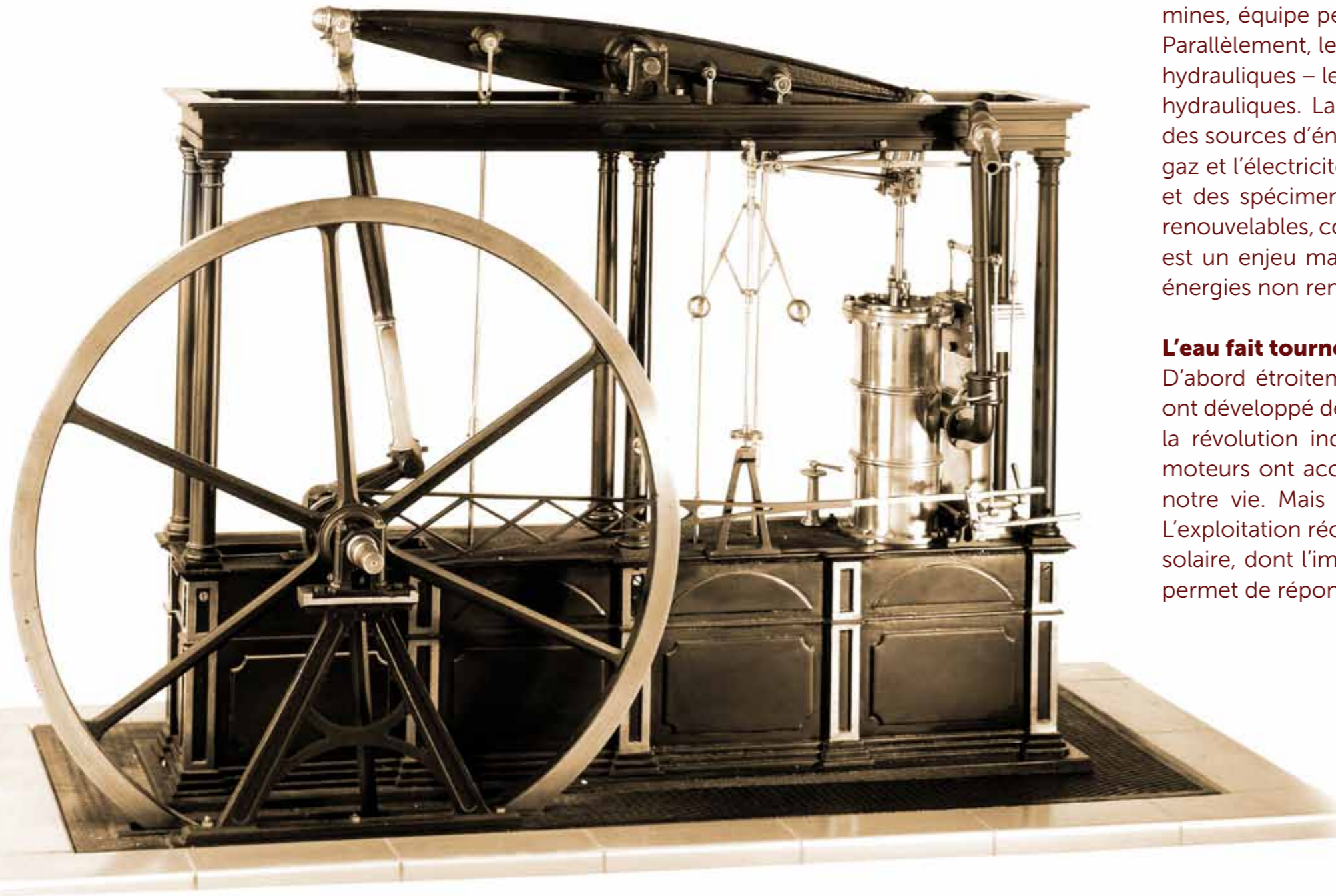
3

VISUELS POUR LA PRESSE



PRÉAMBULE

Dans le sens du parcours de visite du musée, la collection Énergie constitue le cinquième domaine de l'exposition permanente. Située au premier étage, elle occupe une salle dont le décor et des éléments du XIX^e siècle ont été conservés. Visibles dès l'entrée, le chariot et les rails, permettant de conduire certains objets jusqu'aux amphithéâtres, rappellent la vocation pédagogique du Conservatoire des arts et métiers.



L'énergie c'est la source : l'eau, le gaz, le pétrole, le vent ou l'uranium.

C'est aussi la machine : le moulin, le moteur ou le réacteur, qui convertit la source en action. La première période de la collection présente un état des lieux des sources d'énergie avant 1750. La force musculaire des hommes et des animaux est progressivement remplacée par celle du vent et de l'eau pour actionner les ailes ou les roues d'un moulin. Le tournant des XVIII^e et XIX^e siècles connaît les évolutions significatives de la machine à vapeur, qui d'abord destinée à permettre l'exploitation plus profonde des mines, équipe petit à petit les usines et modifie les modes de production. Parallèlement, le rendement des moulins est amélioré, de nouvelles roues hydrauliques – les turbines à vapeur - décuplent la puissance des machines hydrauliques. La troisième période (1850-1950) aborde la diversification des sources d'énergie et leur exploitation industrielle comme le pétrole, le gaz et l'électricité. La dernière période (après 1950) présente des modèles et des spécimens contemporains. L'exploitation récente des ressources renouvelables, comme l'éolien ou le solaire, dont l'impact environnemental est un enjeu majeur pour le futur, permet de répondre à la pénurie des énergies non renouvelables.

L'eau fait tourner la roue, la roue actionne les engrenages du moulin.

D'abord étroitement liées aux sources d'énergie naturelle, les industries ont développé de nouvelles machines les rendant plus autonomes. Depuis la révolution industrielle, les sources d'énergie se sont diversifiées, les moteurs ont accru leur rendement, l'électricité a complètement modifié notre vie. Mais les sources d'énergie fossile ne sont pas inépuisables. L'exploitation récente des ressources renouvelables, comme l'éolien ou le solaire, dont l'impact environnemental est un enjeu majeur pour le futur, permet de répondre à la pénurie des énergies non renouvelables.

PARCOURS DE L'EXPOSITION

AVANT
1750

L'Antiquité, s'appuyant pour l'essentiel sur la main d'œuvre, s'est peu souciée de développer de nouvelles sources d'énergie. Le Moyen Âge commence à exploiter sur une grande échelle les forces de la nature accessibles et renouvelables, l'eau et le vent.

Dans les pays bien alimentés en eau, comme la France ou l'Angleterre, le moulin hydraulique se multiplie dès le XI^e siècle. Il sert à toutes sortes d'usages : moudre les grains, presser les olives, actionner des soufflets de forge, des marteaux ou des maillets. Le moulin à vent se trouve davantage dans les régions arides, comme l'Espagne, ou au contraire dans les régions, comme la Hollande, où il sert à pomper l'eau pour gagner du terrain sur la mer. Des recherches sur la vapeur laissent entrevoir les premières machines qui vont transformer le paysage industriel.



MACHINE DE MARLY

XVIII^e siècle

Cette machine, célèbre pour sa taille exceptionnelle et la machinerie mise en œuvre, a été construite en 1684 par le menuisier mécanicien liégeois René Sualem, dit Rennequin. Elle servait à élever les eaux de la Seine pour agrémenter de fontaines et de bassins les jardins du château de Versailles. Elle a été remplacée en 1817 par des pompes, puis en 1855 par une nouvelle machine démolie en 1968.

Les eaux de Versailles

Le problème était d'élever les eaux à une hauteur de 163 m. Ce problème avait été résolu par le baron Deville à Liège, qui avait imaginé une machine hydraulique capable d'élever les eaux à une grande hauteur dans son domaine. Colbert le fait venir à Versailles en 1675. Conçue par Deville, réalisée par Rennequin, la machine de Marly est inaugurée en présence du Roi neuf ans plus tard.

Une œuvre d'envergure

La puissance motrice était fournie par 14 roues à aubes de 12 m de diamètre. Ces roues actionnaient d'une part des pompes aspirantes et foulantes étagées en trois groupes, d'autre part une longue transmission agissant sur ces pompes relais. En tout, 259 pompes pour un volume d'eau qui dépassa rarement 3 000 m³ en 24 heures, bien qu'il fût prévu pour 6 000 m³.



POMPE À FEU DE SAVERY

1698

Les deux sources d'énergie, la force expansive de la vapeur sous pression et la pression atmosphérique, sont combinées pour la première fois dans la pompe à feu de l'ingénieur militaire anglais Thomas Savery. C'est la première machine à vapeur destinée à un usage pratique, le pompage de l'eau des mines.

Un précurseur génial, Denis Papin

En 1690, Denis Papin avait conçu une machine avec un piston moteur et un cylindre dans lequel de l'eau alternativement chauffée et refroidie dégageait de la vapeur qui, en se condensant, créait du vide. Le piston montait dans le cylindre sous la poussée de la vapeur, il redescendait sous l'effet de la pression atmosphérique. Mais son invention s'est heurtée à trop de difficultés techniques pour pouvoir être exploitée.

L'« amie du mineur »

Dans un premier cycle, elle aspire l'eau des mines grâce au vide créé dans le réservoir par la condensation de la vapeur. Il n'y a là rien de nouveau.

Dans un deuxième temps, l'eau n'est plus aspirée, mais poussée par la vapeur, ce qui représente une innovation importante. Pour soulever l'eau à grande hauteur, il fallait atteindre des pressions énormes, ce qui dépassait les compétences techniques de l'époque, les explosions n'étaient pas rares. L'« amie du mineur » ne méritait pas toujours son nom.



MACHINE ATMOSPHÉRIQUE DE NEWCOMEN

vers 1712

Bien reconnaissable à son balancier, la machine à vapeur de Thomas Newcomen, inventeur anglais, est loin d'être parfaite, sa construction est lourde, sa consommation dévorante. Mais elle est efficace et fiable, et restera sans rivale pendant plus de soixante ans dans les mines britanniques. Elle marque les débuts de l'ère industrielle.

L'ancien et le nouveau

De la machine à vapeur de Papin, Newcomen garde l'idée du cylindre et du piston moteur. De la pompe de Savery, il reprend la chaudière séparée du cylindre. La grande innovation de Newcomen est d'avoir accéléré le refroidissement de la vapeur grâce à un jet d'eau froide qui arrive directement dans le cylindre, son rendement est alors double de la pompe de Savery. Elle donne jusqu'à 12 coups à la minute !

Une machine automatique

Des valves à fermer, des robinets à ouvrir. Toutes ces manipulations vont bientôt être automatiques. Trois ans après sa première machine, Newcomen ajoute une tige au balancier et la relie aux manettes. C'est dorénavant le mouvement du piston qui commande l'ouverture et la fermeture des différents éléments.

1750
1850

La mécanisation, à la base de la révolution industrielle, n'est pas uniquement liée à la machine à vapeur. Mais sans la machine à vapeur, puissante et indépendante des cours d'eau, la révolution industrielle n'aurait pu autant se développer.

Les premières machines à vapeur ont été conçues pour remplacer l'énergie musculaire dans le pompage de l'eau des mines ; on peut alors creuser plus profond, remonter plus de charbon, produire donc plus de fer. Introduites ensuite dans l'industrie textile, dans la métallurgie, les machines à vapeur apportent plus de puissance aux machines. Dans cette course à la puissance, l'énergie hydraulique n'est pas en reste. Des roues d'un nouveau genre, les turbines, renouvellent l'exploitation de l'énergie hydraulique et annoncent l'ère de l'hydro-électricité.



MACHINE À VAPEUR DE WATT

vers 1780

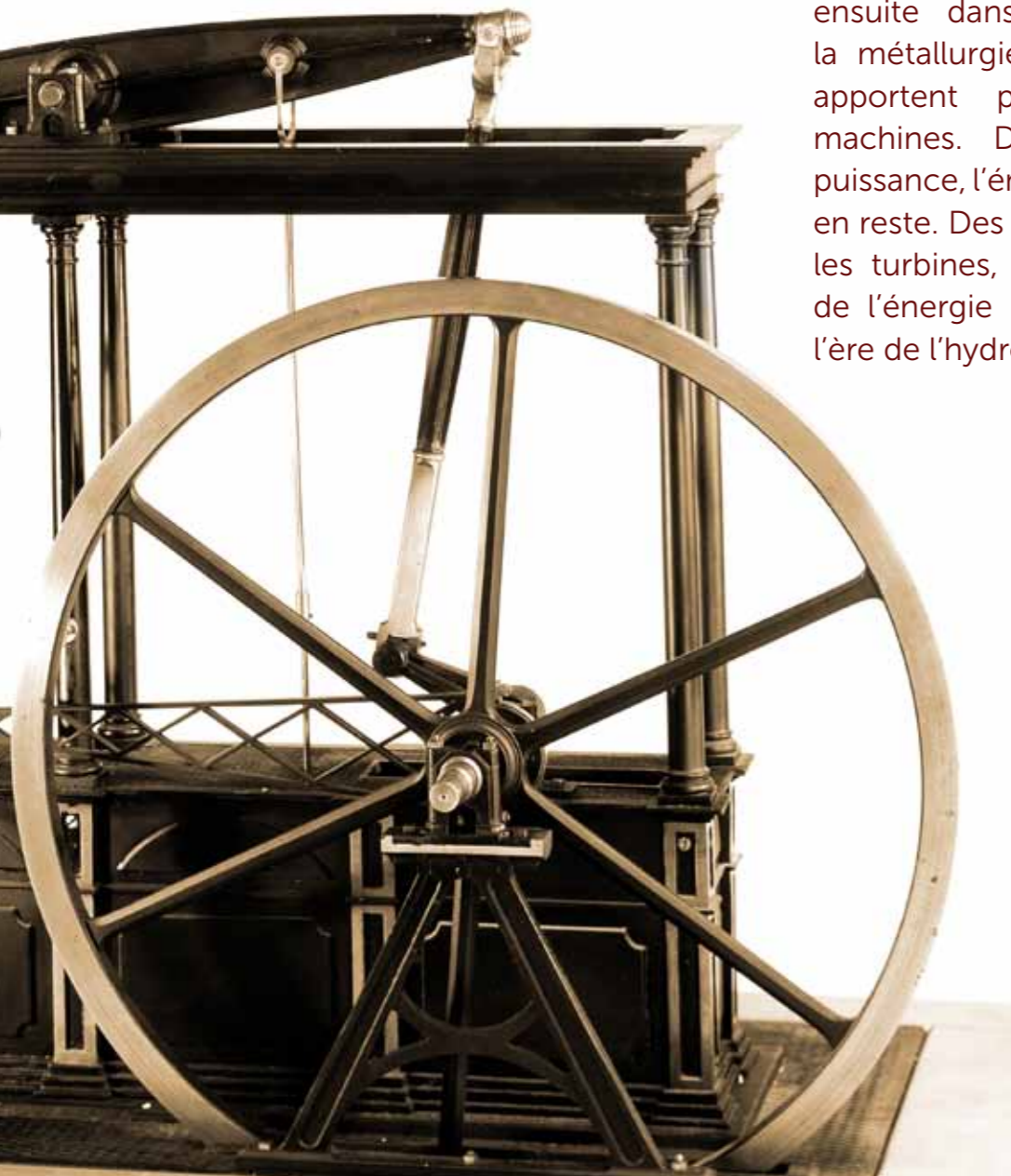
Avec la machine à vapeur de James Watt, ingénieur écossais, apparaît un nouveau moteur, « moteur universel », qui va transformer l'industrie. Introduite dans les manufactures, elle distribue aux machines une énergie moins aléatoire et plus puissante que celle de l'eau.

Le condenseur séparé

Pour condenser la vapeur, créer du vide, il faut refroidir le cylindre ; la vapeur envoyée ensuite pour faire remonter le piston arrive dans un cylindre froid, elle perd donc une grande partie de son énergie calorifique. Watt a l'idée de séparer le chaud du froid et de réaliser la condensation de la vapeur dans un condenseur séparé. Il diminue ainsi de moitié la consommation de combustible.

Le double effet

Dans la machine de Newcomen, le seul coup moteur était celui du piston vers le bas, la vapeur n'étant injectée que dans la partie inférieure du cylindre. Watt imagine injecter de la vapeur alternativement sur les deux faces du piston. Chaque coup devient alors moteur, et le rendement est doublé.





ROUE EN-DESSOUS TYPE PONCELET

vers 1825

Dès le XVIII^e siècle, la concurrence avec la vapeur amène mécaniciens et mathématiciens à étudier le moyen d'améliorer le rendement des roues hydrauliques. On calcule la pression exercée sur les pales, on introduit le métal, on augmente le diamètre des roues, comme dans la machine de Marly.

Les roues en dessous et les recherches de Jean-Victor Poncelet

L'avantage des roues en dessous est d'avoir une vitesse de rotation plus élevée. Mais leur rendement ne dépassait pas, au mieux, 30 % de l'énergie disponible de la chute d'eau, à cause en particulier des pertes provoquées par le choc de l'eau sur les aubes. Poncelet élimine ces pertes en donnant aux aubes une forme courbe. Il calcule la courbure la plus efficace, le rayon de la roue, la largeur de la couronne portant les aubes, etc.

Une mise en œuvre difficile

Grâce à ses calculs, Poncelet réussit à doubler le rendement des roues. Industries textiles et métallurgiques s'équipent. Cependant ce n'est qu'après 1850, grâce aux progrès de la métallurgie, que la construction de ce type de roue, entièrement en métal, constituée de 8 segments de couronne de fonte assemblés autour de l'axe et d'aubes en tôle, peut se faire sans difficultés.



TURBINE HYDRAULIQUE DE FOURNEYRON

1832

Les besoins en énergie ne cessent de croître avec l'expansion industrielle. La France, qui possède des cours d'eau abondants et de hauteurs variées, oriente ses recherches vers un nouveau type de moteur hydraulique : la turbine, qui offre l'avantage sur la roue hydraulique de s'adapter à différents types de chute.

Une turbine centrifuge

Inspiré par le travail de son maître Burdin, Benoît Fourneyron réalise dès 1827 une turbine constituée d'un distributeur fixe circulaire placé à l'intérieur du rotor. L'eau circule donc de l'intérieur vers l'extérieur et de haut en bas. Fourneyron donne une forme particulière aux aubages dont l'inclinaison peut varier avec la hauteur de la chute, il utilise des conduits en fonte. Ce moteur peut fonctionner avec des chutes de différentes hauteurs.

Le développement des turbines

En 1843, on compte 129 usines fonctionnant grâce aux turbines Fourneyron. Certaines de ses réalisations relèvent d'un véritable tour de force, comme en Forêt-Noire où il équipe une chute d'eau de plus de 100 m, grâce à une conduite forcée de 500 m de long. Le rendement de 80 % est de loin supérieur à celui des roues hydrauliques.



PILE DE VOLTA

1800

Au XVIII^e siècle, le phénomène électrique est étudié, expérimenté, enseigné ; il enthousiasme les cours et les salons. Mais il faut attendre 1799 et l'invention de la pile par Volta pour pouvoir disposer d'une source de courant permanente qu'on pourra exploiter autrement que pour les émois d'une foule avide de sensations.

L'invention de Volta

L'Italien Alessandro Volta découvre en 1799 que le contact de deux métaux différents produit un courant électrique. On découvrira plus tard que ce sont plutôt les réactions chimiques entre les métaux et une solution salée qui provoquent la circulation du courant. Volta « empile » alternativement des disques de zinc, d'argent et de carton imbibé de solution salée ; il présente sa pile en 1800 à Napoléon et l'Académie des Sciences. Le succès est total.

Des usages de la pile

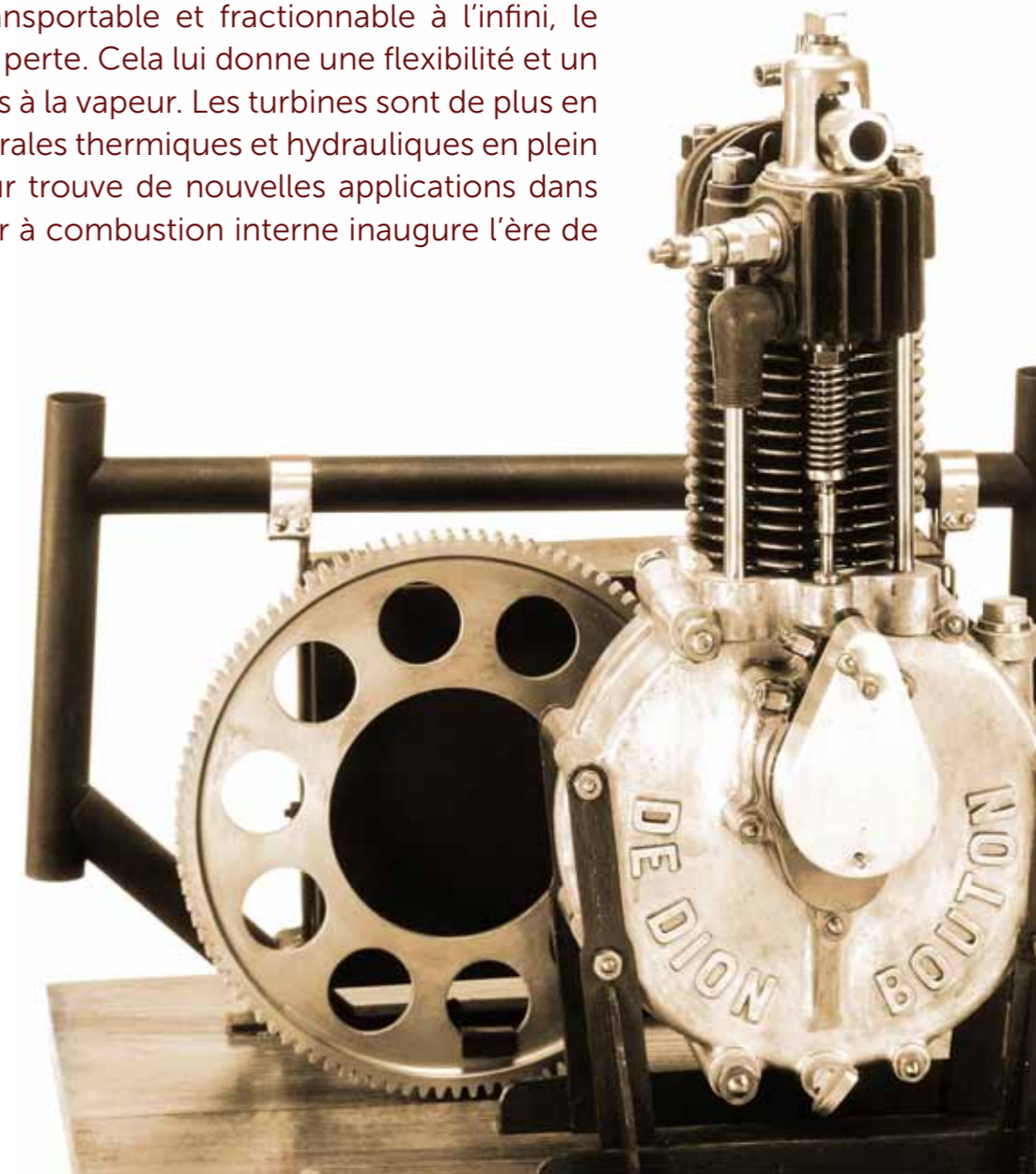
Les expériences s'orientent désormais vers l'étude du courant électrique et abandonnent l'électrostatique.

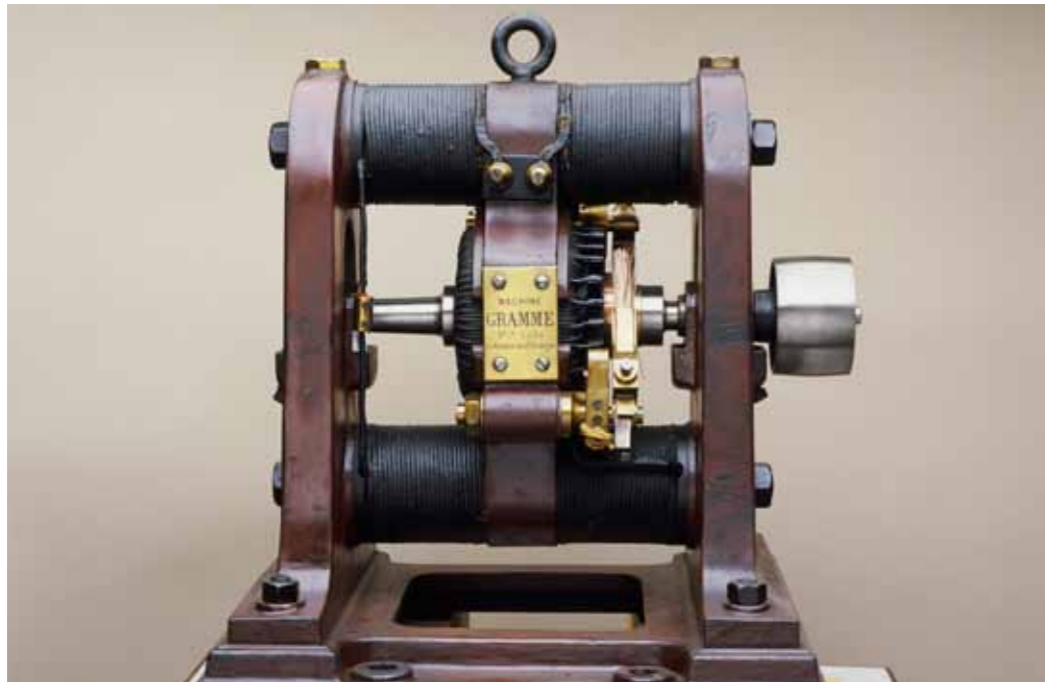
Les chimistes l'utilisent pour décomposer des solutions et découvrent ainsi de nouveaux éléments. Sir Humphry Davy réalise, grâce à la pile, l'arc électrique utilisé exclusivement pour l'éclairage public. L'origine de la pile est oubliée, mais certainement pas l'objet, de plus en plus présent dans notre quotidien.

1850
1950

Connue depuis longtemps déjà, l'électricité commence à être exploitée à l'échelle industrielle dès la fin du XIX^e siècle. Elle s'introduit à l'usine, dans les ateliers, les maisons, les rues, et modifie peu à peu toute la vie de nos sociétés.

L'électricité présente l'immense avantage d'être immédiatement disponible, facilement transportable et fractionnable à l'infini, le tout sans presque aucune perte. Cela lui donne une flexibilité et un rendement bien supérieurs à la vapeur. Les turbines sont de plus en plus utilisées dans les centrales thermiques et hydrauliques en plein développement. La vapeur trouve de nouvelles applications dans les transports et le moteur à combustion interne inaugure l'ère de l'automobile.





DYNAMO DE GRAMME

vers 1880

Présentée à l'Académie des Sciences en 1871, la dynamo de Zénobe Gramme est considérée comme la première génératrice moderne de courant. Elle inaugure une nouvelle ère, dominée par l'électricité qui, petit à petit, va bouleverser le travail et la vie quotidienne des habitants des pays industrialisés.

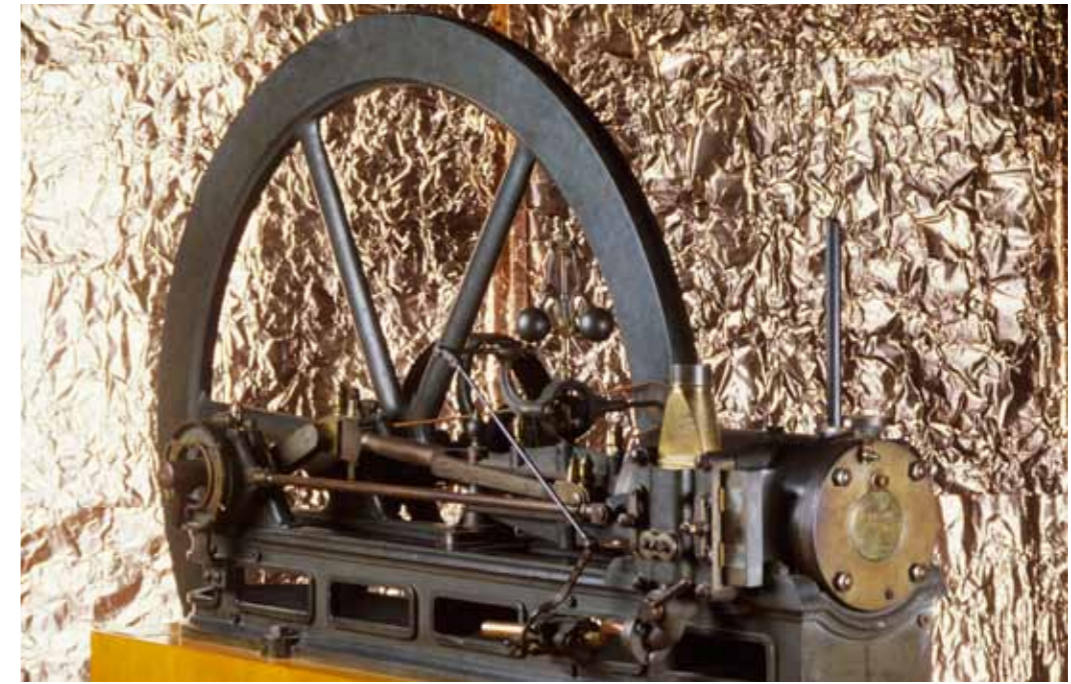
De l'électrochimie à l'électromagnétisme

Depuis l'invention de la pile, on sait produire du courant par réactions chimiques. La découverte de l'électromagnétisme et du phénomène de l'induction magnétique amène les savants à concevoir un autre type de générateur, la magnéto, qui convertit le mouvement en électricité grâce à des aimants. Le rendement des magnétos est faible, mais elles sont exploitées par la première société électrotechnique du monde, l'Alliance, fondée en 1852 pour l'éclairage des phares sur les côtes.

Les avantages de la dynamo

La dynamo, qui remplace les aimants permanents de la magnéto par des électro-aimants et présente un induit en anneau avec bobinage continu, a un rendement bien supérieur.

Elle offre un autre avantage de taille, qui n'avait pu être exploité sur les magnétos qui débitent un courant faible et inconstant : la réversibilité. Alimentée en courant, la dynamo peut se transformer en moteur. Ateliers et demeures familiales peuvent enfin être équipées d'un moteur léger, peu encombrant et sans danger.



MOTEUR À GAZ DE LENOIR

1861

En 1860 la presse salue avec enthousiasme l'avènement du moteur d'Étienne Lenoir (1822-1900). De faible encombrement, facile à installer dans les immeubles où le gaz est distribué à tous les étages, offrant plus de sécurité que la machine à vapeur, il sera rapidement adopté par des petites industries et favorisera le développement de l'artisanat à domicile.

Un moteur sans chaudière

De technologie voisine du moteur à vapeur, le moteur Lenoir fonctionne cependant sans chaudière ni condenseur. C'est un moteur à combustion interne brûlant du gaz d'éclairage à l'intérieur du cylindre. Sa mise en route est immédiate et son approvisionnement en combustible, automatique. Pas besoin de chauffeur, mais, comme pour la machine à vapeur, il faut un ouvrier qui assure le graissage toutes les dix minutes !

L'ancêtre d'une célèbre lignée

Le moteur Lenoir, dépendant de sa source d'énergie, n'est pas transportable. C'est par ailleurs un moteur à deux temps, sans combustion préalable. Son principe, amélioré par des inventeurs comme Beau de Rochas ou le marquis de Dion, sera néanmoins repris pour réaliser les moteurs à essence qui vont révolutionner les transports individuels.



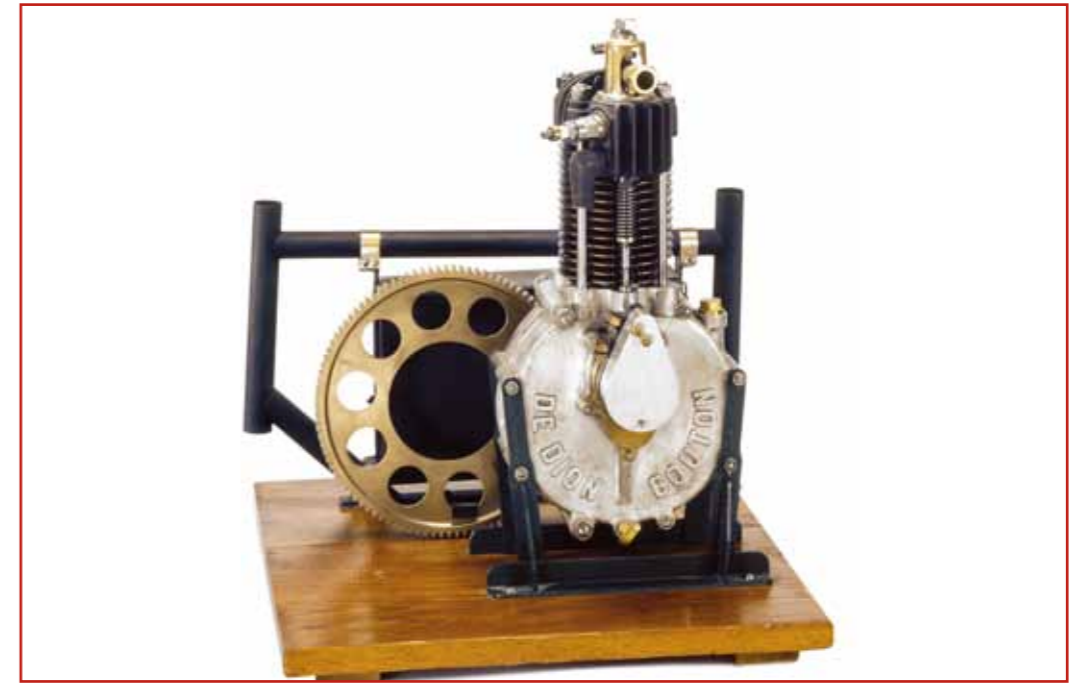
FOUR SOLAIRE DE MOUCHOT ET PIFRE

vers 1880

À l'Exposition universelle de 1878, le mathématicien Augustin Mouchot et l'ingénieur Abel Pifre présentent un générateur solaire qui permettait de faire fonctionner une presse de type Marinoni. Ils s'investissent dans la commercialisation de machines fonctionnant à l'énergie solaire puis fondent en 1881 la Société centrale d'utilisation de la chaleur solaire.

Le four solaire du musée

L'objet exposé est un modèle au 1/3 du four solaire présenté à l'Exposition universelle de 1878. L'appareil est composé d'un miroir réflecteur parabolique en plaqué argenté qui concentre les rayons du soleil, d'une chaudière en cuivre située dans le foyer du miroir, une cloche de verre recouvrant la chaudière qui emprisonne la chaleur concentrée vers le réflecteur. L'appareil peut être orienté de façon à placer l'axe parallèlement à la direction des rayons solaires. Les applications des générateurs solaires de Mouchot et Pifre sont diverses : insolateurs destinés aux cabinets de physiques, laboratoires ou pour l'industrie (fonctionnement de machines) et fourneaux solaires.



MOTEUR DE DION

1895

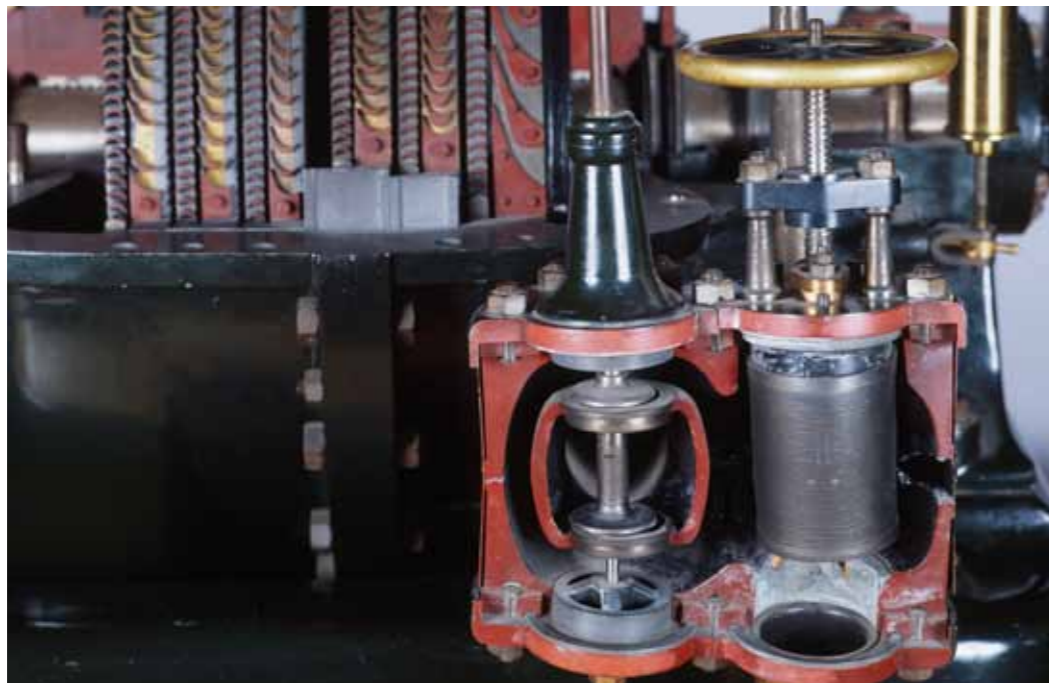
La personnalité du comte Albert de Dion domine incontestablement les débuts de l'automobile. Aristocrate nanti et industriel entreprenant, de Dion est également un chercheur qui innove dans tous les domaines liés au transport. Ses moteurs équipent aussi bien les premiers aéronefs, les traîneaux pour des expéditions polaires que le fameux tricycle à pétrole.

Après le moteur Lenoir

Le moteur Lenoir, au gaz, restait dépendant de son alimentation. En 1876, l'Allemand Nikolaus Otto réalise le premier moteur à quatre temps, indépendant, fonctionnant avec un combustible liquide. Son moteur manque cependant de puissance. Comment augmenter son régime, donc sa puissance, sans en augmenter le poids et les dimensions ? Daimler arrivait tout juste à 600 t/min.

Un moteur d'avenir

Dans les années 1880, de Dion se lance avec ses associés, Georges Bouton et Charles Trépardoux, dans la fabrication d'automobiles à vapeur, tricycles et quadricycles. Malgré ses succès, il comprend que l'avenir des petits moteurs est au pétrole. En 1895, grâce à un nouveau procédé d'allumage électrique, il obtient un monocylindre léger de 1,5 ch dépassant les 2 000 t/min qui équipe un tricycle. Le succès est immense, l'ère de l'automobile est ouverte.



TURBINE À VAPEUR RATEAU

1910

Depuis la fin du XVII^e siècle, on sait utiliser la vapeur pour produire un mouvement alternatif, c'est le principe de la machine à vapeur. Mais comment faire pour obtenir un mouvement rotatif ? Parsons, Laval, puis Rateau mettent au point, deux siècles plus tard, une turbine à vapeur, utilisable dans les centrales thermoélectriques et en navigation.

Comment ça marche

En 1896, Auguste Rateau prend un brevet pour une turbine à action, comme celle mise au point par Laval en 1889. Mais alors que la turbine De Laval n'a qu'un étage, celle-ci présente une série d'étages de pression, six dans ce modèle, ce qui permet de détendre progressivement la vapeur et d'exploiter au mieux son énergie. Chaque étage comprend une couronne à aubes fixes distributrices où se fait la détente, puis un disque portant l'aubage mobile que la vapeur traverse à pression constante.

L'avenir de la turbine Rateau

Plus tard, Rateau imagine une turbine à trois étages dans laquelle on réserve le fonctionnement par action pour la haute pression, et la réaction pour les parties moyenne et basse pression. Les turbines utilisées actuellement dans les centrales thermiques, classiques et nucléaires, utilisent toujours la turbine Rateau pour l'étage de tête, celui où la vapeur arrive à haute pression.



Les besoins en énergie ne cessent de croître, et les réserves du globe ne sont pas inépuisables... Il faut se tourner vers l'exploitation de nouvelles sources d'énergie, de préférence renouvelables, propres et à haut rendement, il faut savoir aussi réduire la consommation d'énergie.

Photopiles, aérogénérateurs, microcentrales hydroélectriques, font appel à des ressources énergétiques directement accessibles, et gratuites. Leur limite est le caractère fluctuant de ces ressources et le rendement relativement faible des installations. L'énergie nucléaire au contraire, très concentrée, est d'un rendement particulièrement intéressant. Son utilisation exige des conditions de sécurité exceptionnelles et un personnel hautement qualifié. Reste toutefois le problème des déchets, qui sera probablement résolu par les surgénérateurs, ou d'autres filières.





ÉOLIENNE

1996

Le développement de l'éolien industriel repose sur une idée séduisante : la production d'électricité propre et renouvelable. Les plus importants producteurs au niveau européen restent l'Allemagne et le Danemark. En France, les parcs éoliens de production d'électricité sont en pleine expansion sur une grande partie du territoire. L'Aude, la Bretagne et la Champagne-Ardenne sont des zones géographiques pionnières en la matière. Si l'industrie de l'énergie éolienne est en constante évolution, cette technologie, liée aux aléas météorologiques, impose cependant de garder en fonctionnement les centrales électriques.

L'éolienne exposée est un modèle au 1/20 d'un aérogénérateur : elle transforme l'énergie du vent en électricité. Elle représente la première éolienne de série au monde atteignant la puissance du mégawatt. La tour cylindrique supporte la nacelle comprenant l'installation nécessaire à la production électrique et le rotor composé de pales.



MAISON BIOCLIMATIQUE

1999 Modèle au 1/40

L'architecture bioclimatique est l'une des réponses possibles aux préoccupations que suscite la consommation d'énergie. Non seulement elle tire avantage de la source inépuisable que représente le soleil, mais elle prend en compte également de nouvelles réflexions sur l'architecture et l'environnement paysager.

De la maison solaire à la maison bioclimatique

Dans un logement, les consommations d'énergie se répartissent entre le chauffage (60 %), l'eau chaude sanitaire (10 %) et les autres usages liés à l'éclairage et l'électroménager (30 %). Les capteurs photovoltaïques que l'on peut voir sur les toits de certaines maisons fournissent certes un appoint appréciable en électricité, mais insuffisant dans de nombreuses régions, et encore très cher. Depuis les années 1990, les architectes prennent en compte tout un ensemble d'éléments, comme la production d'énergie pour le choix des matériaux, leur recyclage lors de la démolition et conçoivent des maisons sensibles aux changements et aux contraintes de l'environnement.

Confort et économies d'énergie

La maison bioclimatique présente donc une volumétrie ramassée pour réduire les surfaces de déperdition, le moins possible d'ouvertures placées au nord, un système d'occultation modulable selon l'heure et les saisons, une isolation efficace par un choix adéquat de matériaux et de couleurs, des volumes organisés afin de créer des espaces tampon, etc.

VISUELS

POUR LA PRESSE



Maquette de la machine de Marly, XVIII^e siècle
Inv. 00173

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Jean Claude Wetzel



Pompe à feu de Savery, 1698
Inv. 01629-1

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Sylvain Pelly



Machine atmosphérique de Newcomen, vers 1830
Inv. 19606

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Sylvain Pelly



Modèle : Machine à vapeur de Watt, 1780
Inv. 04063

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Pascal Faligot



Roue hydraulique type Poncelet, v.1825
Inv. 04054-1

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Michèle Favareille



Turbine hydraulique dite turbine de Fourneyron, 1832
Inv. 02892

© Musée des arts et métiers-Cnam/
Dircom Cnam



Grande pile de Volta ou pile à colonne, vers 1800
Inv. 01701-2

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Sylvain Pelly



Machine dynamo-électrique système Gramme, vers 1880
Inv. 09649-1

© Musée des arts et métiers-Cnam/
Dircom Cnam



Moteur à gaz Lenoir, 1861
Inv. 07652

© Musée des arts et métiers-Cnam/
Dircom Cnam



Four solaire de Mouchot et Pifre, vers 1880
Inv. 09518

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Michèle Favareille



Moteur de Dion, 1895
Inv. 13170

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Sylvain Pelly



Turbine à vapeur Rateau, 1910
Inv. 14477

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Pascal Faligot



Éolienne, 1996
Inv. 43912

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Sylvain Pelly



Maison bioclimatique, 1999
Inv. 43911

© Musée des arts et métiers-Cnam/
photo Sylvain Pelly