

Transporter, c'est soulever une charge pour la déplacer, à l'aide d'un véhicule et d'un espace de circulation : mer ou voie d'eau, route, voie ferrée, air.

Longtemps les transports en bateau dominant, prolongés par le cheval sur les chemins de terre. Au XIX^e siècle, le chemin de fer à vapeur les complète puis les supplante. Il permet les transports de masse nécessaires à l'industrie. Après 1920, l'automobile s'impose à son tour grâce à sa souplesse, et l'avion raccourcit les distances. À chaque époque, les différents modes de transports se croisent et se combinent, formant des réseaux.

Avant 1750

1. La nature au service du voyageur

Pendant longtemps, l'énergie nécessaire aux transports est exclusivement naturelle : vents marins, écoulement de l'eau, muscles des hommes et des animaux. Les voyages les plus lointains et les transports les plus lourds sont assurés par la navigation, maritime et fluviale.

Après plusieurs millénaires d'évolution, les voiliers sont parvenus à un haut niveau technique qui leur permet la conquête des océans.

Les chemins de terre complètent les voies d'eau. Les hommes ou leurs animaux y portent des charges plus légères, attelés à des véhicules élémentaires : traîneaux, charrettes, carrosses.

1.1 Le portage

Pour porter des charges, l'homme utilise d'abord sa force musculaire, puis celle des animaux qu'il réussit à domestiquer. Ces charges peuvent être fixées ou suspendues au dos (hotte) ou aux épaules (joug). Le portage est le mode de transport le plus simple et le plus fréquent.

 **1** *Joug pour le transport à bras des baquets, début XIX^e siècle, Inv. 2169 ; Hotte pour le transport des liquides, début XIX^e siècle. Modèle au 1/5. Inv. 5670*

1.2 La traction

Une charge équipée de patins peut être traînée ou poussée si le sol est assez glissant (traîneau). Le recours à la roue facilite le déplacement sur le sol si celui-ci est dur (brouette). L'usage d'un animal suppose un attelage qui réunit l'outil portant la charge à la force de déplacement : le véhicule est né.

 **4** *Brouette suisse, XVIII^e siècle. Modèle au 1/5. Inv. 2529 ; Grand traîneau, XVIII^e siècle. Modèle au 1/10. Inv. 686-25*

1.3 Le roulage

Le véhicule à roues et à traction animale (charrette) se compose d'un bâti portant la charge, monté sur deux ou quatre roues. Ce bâti est relié par une tige, le timon, au joug qui repose sur les épaules de deux animaux côte à côte, ou bien par deux tiges, les brancards, lorsque le véhicule utilise un seul animal.

 **2** *Grande charrette pour le transport de statues, XVIII^e siècle. Modèle au 1/10. Inv. 686-16 ; Diable, XVIII^e siècle. Modèle au 1/10. Inv. 686-11*

Pour éviter au voyageur le cahot des chemins pierreux, la caisse du véhicule est suspendue au cadre auquel sont fixées les roues, d'abord par des chaînes ou des sangles au XV^e siècle, puis par des ressorts au XVI^e siècle. La voiture à cheval (carrosse) se banalise au XVII^e siècle.

 **3** *Carrosse de gala, XVII^e siècle. Modèle au 1/20. Inv. 7469*

2. La voie des mers

La navigation à voile parvient au XVIII^e siècle à un haut niveau technique.

En concurrence constante avec la marine anglaise, les Français procèdent à un patient travail de normalisation de leurs navires militaires, commencé par Colbert vers 1670, et achevé par Borda un siècle plus tard.

Jean-Charles de Borda, inspecteur des constructions navales, classe les vaisseaux de guerre français à partir de 1786 selon le nombre de leurs canons : 74, 80 et 118 canons pour les navires destinés à la ligne de bataille¹, moins de 50 canons pour les navires qui les escortent, frégates et corvettes.



 **5** Vaisseau premier rang « Roi de Rome » armé de 90 canons, 1812. Modèle au 1/40. Inv. 4024

Le modèle du « Roi de Rome », réalisé à l'arsenal d'Anvers entre 1808 et 1811, pendant les guerres napoléoniennes, représente un vaisseau de type 80 canons à deux ponts. Il devait être armé pour six mois de campagne avec un équipage de 900 marins et officiers, pour une longueur totale de 82 m et une capacité de 3 870 tonneaux (10 952 m³). Le modèle le représente dans ses moindres détails : voilure, gréement, embarcations, canons,

ancres, mâture de rechange, éléments décoratifs, fourneaux en fer, etc. Ce navire n'a pourtant pas existé, le modèle avait pour but de témoigner du meilleur de l'activité de l'arsenal.

De 1750 à 1850

Peu à peu, l'usage du fer et de la machine à vapeur affranchit le voyageur des contraintes naturelles et transforme la navigation et le roulage. Deux nouveaux modes de transport apparaissent : le chemin de fer et le ballon dirigeable.

Les navires à vapeur coexistent avec les voiliers. Sur terre en revanche, le chariot à vapeur inventé par Cugnot reste longtemps sans héritier.

Les rails en fer puis la locomotive à vapeur facilitent le transport terrestre, qui demeure le complément des voies d'eau. La circulation des trains et la sécurité des cheminots et des voyageurs nécessitent des règles et des instruments efficaces aux carrefours et dans les gares.

Le ballon à air chaud, bientôt dirigeable, lance la grande aventure des voyages aériens.

1. Des navires à vapeur

La première utilisation de la machine à vapeur pour la propulsion de navires est réalisée en 1783 par le marquis Claude de Jouffroy d'Abbans, puis par le mécanicien Desblanc en 1802 et l'Américain Robert Fulton en 1803. Le bateau de Desblanc se déplace à l'aide d'une double chaîne à palettes.

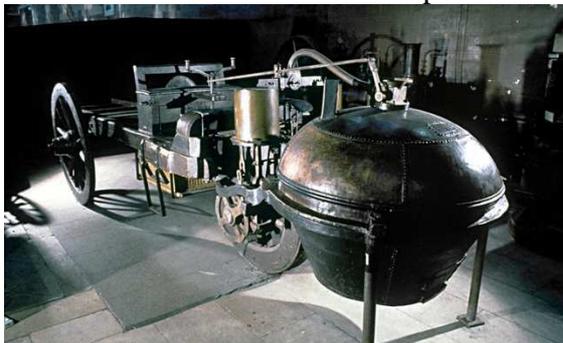
¹ Au combat naval, la ligne de file est une technique de combat typique des vaisseaux « de ligne » au XVIII^e siècle.

2. Des véhicules terrestres à vapeur

2.1. Sur la route

L'ingénieur militaire français Joseph Cugnot applique pour la première fois la machine à vapeur au déplacement d'un véhicule. Cette expérience marque le point de départ de la lente motorisation des transports, qui cesseront peu à peu de dépendre des forces naturelles aux XIX^e et XX^e siècles.

Vers 1760, plusieurs savants pensent à utiliser la vapeur pour actionner des roues de voiture. Joseph Cugnot étudie les emplois de la vapeur pour le matériel militaire. Soutenu par le ministre de la Guerre, le duc de Choiseul, il réalise d'abord une maquette puis le prototype de chariot à vapeur que nous connaissons. Mais Choiseul quitte ses fonctions et l'expérience est interrompue avant les essais. Elle se révèle pourtant une étape décisive dans l'histoire des transports.



 **6**  Fardier à vapeur de Joseph Cugnot, 1770.
Inv. 106

Un fardier est un chariot pour lourdes charges, telles les pièces d'artillerie. Celui de Cugnot dispose de trois roues et d'une chaudière à haute pression placée à l'avant de la roue motrice. Celle-ci est actionnée par deux pistons et peut pivoter autour d'un axe vertical manipulé à l'aide d'un guidon. L'engin dispose d'une marche arrière et peut transporter une charge de cinq tonnes à 4 km/h. Mais il n'a pas de véritable frein et sa chaudière devait s'épuiser rapidement. En fait, cette

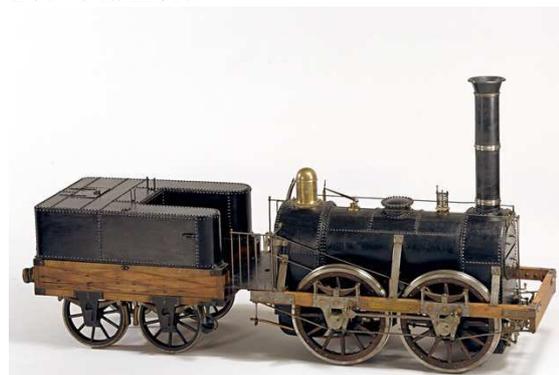
première automobile est abandonnée sans avoir jamais fonctionné.

2.2. Sur rails

L'ingénieur anglais George Stephenson et son fils Robert ont construit les premières voies ferrées ouvertes au public et les premières locomotives à vapeur fabriquées en série. Ils ont fixé un écartement de 1,435 m qui s'est par la suite imposé aux chemins de fer dans la plupart des pays.

En 1804, Richard Trevithick fait rouler un véhicule à vapeur sur les rails en fer que l'on utilise dans les mines. Cette première locomotive est améliorée par d'autres ingénieurs anglais, notamment George Stephenson, qui réalise des chemins de fer à usage public.

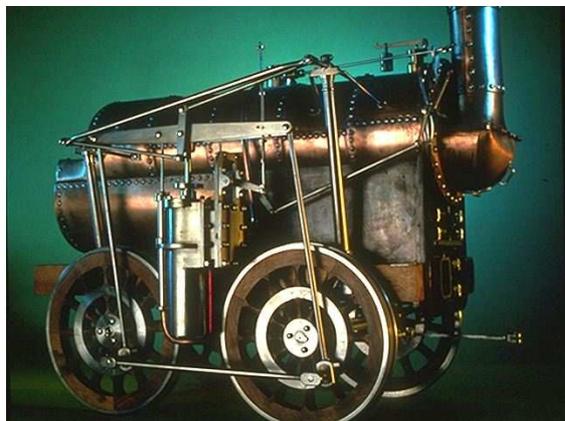
Les locomotives de série, dans les années 1830, sont des locomotives anglaises à deux essieux moteurs (type 020), le plus souvent fabriquées par Stephenson ou sous sa licence. Ces petites locomotives de huit à dix tonnes peuvent remorquer un train de cinquante tonnes à 30 km/h. Le 8 mai 1842, l'une d'elles provoque un terrible accident à Meudon, dans lequel l'explorateur Dumont d'Urville trouve la mort.



 **7**  Locomotive Stephenson type 020, 1833.
Modèle au 1/5. Inv. 4044

En France, Marc Seguin équipe un bateau d'une chaudière à tubes de fumée, puis il applique celle-ci à une locomotive en même temps que Robert Stephenson. Les améliorations successives de la locomotive à vapeur permettent d'augmenter sa

puissance, de 25 chevaux-vapeur en 1829 à 400 pour la locomotive Crampton à chaudière allongée.



 **8** Locomotive Seguin, 1829. Modèle au 1/6. Inv. 12151

 **8** Locomotive Crampton type Nord, 1848. Modèle au 1/5. Inv. 13767

3. Des ballons pour flotter dans les airs

À partir de 1783, la force ascensionnelle des gaz chauds, plus légers que l'air, commence à être utilisée pour s'élever dans l'atmosphère. Le ballon permet ainsi, jusqu'à l'invention de l'aéroplane au début du XX^e siècle, de s'affranchir de la pesanteur et de donner une nouvelle dimension au voyage.

Le 5 juin 1783, les frères Étienne et Joseph Montgolfier, papetiers à Annonay, utilisent la force ascensionnelle des gaz chauds d'un foyer pour élever dans l'atmosphère un ballon de toile et de papier de 11 m de diamètre. Le 21 novembre suivant, Pilâtre de Rozier et le marquis d'Arlande réalisent le premier vol humain, à bord d'une montgolfière équipée d'une galerie. Le 1^{er} décembre, le physicien Charles s'envole à bord d'un ballon gonflé à l'hydrogène. En quelques mois, l'aérostation est née.

La montgolfière se répand très vite en Europe, et tout d'abord en Italie. L'aristocrate milanais Paolo Andreani fait réaliser un ballon de 4 400 m³ et de 12 m de diamètre, en toile et en papier à

structure renforcée, équipé d'une nacelle en osier située sous le chaudron en cuivre qui sert de foyer. Ce ballon décolle avec trois passagers le 25 février 1784 et culmine à 350 m, avant de retomber sur un arbre sans trop de heurts pour son équipage. Les ballons ne deviennent dirigeables qu'en 1852.



 **9** Montgolfière de Paolo Andreani, 1784. Modèle au 1/20 réalisé pour l'Expo. universelle de 1889. Inv. 11707

De 1850 à 1950

L'industrialisation est liée au transport de masse. Elle donne au chemin de fer une large suprématie sur les autres modes, qui le complètent.

Le chemin de fer devient le principal mode de transport, puissant, rapide et bon marché. Il pénètre au cœur des villes, débouche dans les ports industriels et se constitue en réseau international standardisé.

Les navires à vapeur supplantent les voiliers. Le moteur diesel permet de naviguer sous l'eau.

Le transport à cheval complète les trains. Le succès de la bicyclette prépare le règne

de l'automobile, à vapeur puis à essence, qui remplace peu à peu le cheval.

Au tournant du siècle s'ouvre l'épopée des avions, qui battent sans cesse de nouveaux records, mais restent longtemps réservés à une élite.

1. Les débuts de l'aviation

L'ingénieur français Clément Ader est l'auteur de multiples inventions, tel le premier « avion », inspiré du vol des chauves-souris. Cet aéroplane à vapeur réalise quelques bonds en 1897 avant de s'écraser au sol.

Ader applique à la lettre les principes de la bionique, science des mécanismes imités du vivant. Il crée le néologisme « avion » à partir du latin *avis*, « oiseau ». Sa machine ressemble à une chauve-souris dans les moindres détails de sa voilure. Les pales ont la forme de plumes. Mais Ader ignore l'aérodynamique des surfaces portantes; ses ailes et hélices sont inefficaces. Or les deux moteurs à vapeur donnent à l'avion, lourd de 258 kg à vide, un handicap de poids irrémédiable.



 **11** « Avion » n° 3 de Clément Ader, 1897. Inv. 13560-1

Ader construit une première machine, l'« Éole », puis, avec l'aide du ministère de la Guerre, l'« Avion ». Deux moteurs de 25 chevaux actionnent chacun une hélice de quatre pales. Les ailes, de 16 mètres d'envergure, sont en soie et tiges de bambou. Lors des essais, après quelques centaines de mètres, les roues quittent brièvement le sol, puis l'avion bascule et

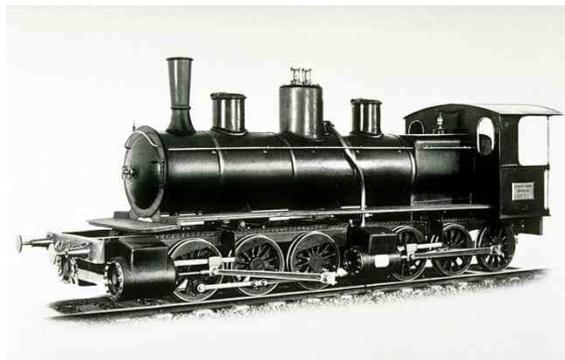
s'écrase. Ader abandonne ses recherches d'avionneur, mais son échec ouvre la voie au succès des frères Wright en 1903.

2. L'âge d'or de la locomotive

En appliquant aux locomotives le moteur à double expansion ou compound déjà utilisé dans la marine, Anatole Mallet permet aux chemins de fer à vapeur d'atteindre une puissance colossale. L'idée donne lieu néanmoins à un intense débat technique ; certains réseaux ferroviaires l'adoptent, d'autres s'y refusent.

Anatole Mallet, ingénieur suisse installé en France, applique la machine compound à une locomotive en 1876. Jusqu'alors, la perméabilité à la chaleur des cylindres de machines à vapeur entraînait une perte importante d'énergie. En utilisant des cylindres inégaux, étroits à haute pression ou larges à basse pression, dans lesquels la vapeur travaille alternativement, la locomotive compound, surnommée la « boîteuse », économise de l'énergie et augmente la puissance de traction.

Les locomotives compounds à deux puis à quatre cylindres sont cependant difficiles à manier. Instables dans les vitesses élevées, elles demandent une grande finesse de conduite de la part de mécaniciens qualifiés. De nombreux réseaux préfèrent les locomotives à simple expansion (cylindres égaux). Aux États-Unis, où les lignes sont souvent accidentées et à courbes de faible rayon, des locomotives compounds géantes de plus de 300 tonnes sont bientôt construites, pour tracter des trains lourds.



 **11** Locomotive Compound type 030. d'Anatole Mallet, 1876. Modèle au 1/12. Inv. 14524

L'évolution des locomotives à vapeur se caractérise par une élévation constante de la puissance, des dimensions et du poids des engins. Le type des machines correspond au nombre d'essieux porteurs avant (petites roues), d'essieux moteurs (grandes roues) et d'essieux porteurs arrière (petites roues).

 **11** Locomotive Bourbonnais type 030 du Paris-Lyon-Méditerranée, 1857. Modèle au 1/5. Inv. 12857 ; Locomotive Columbia type 121 du Paris-Orléans, 1879. Modèle au 1/10. Inv. 18165

3. Des trains à vapeur aux trains électriques

La traction à vapeur est à son apogée avec la Pacific 231 à trois essieux moteurs. La traction électrique, qui améliore encore la puissance, apparaît avec la « Fusée » de Heilmann, puis détrône la vapeur sur les grandes lignes. La curieuse expérience de chaîne sans fin d'Ader annonce par ailleurs la chenille.

 **12** Locomotive à vapeur et à transmission électrique de Heilmann dite « La Fusée », 1894. Modèle au 1/5. Inv. 13607 ; Locomotive compound à surchauffe type Pacific 231 du Paris-Orléans, 1909. Modèle au 1/10. Inv. 18159

4. Un train sur route : le tramway

Un tramway est un chemin de fer dont les rails plats ou « trams », logés dans la chaussée, permettent d'utiliser la voirie routière. D'abord tirés par des chevaux, les

tramways sont électrifiés aux États-Unis à partir de 1888, puis en Europe. Ces véhicules confortables dessinent la nouvelle géographie des villes.

L'ingénieur français Loubat construit la première ligne de tramway à chevaux à New York en 1842. Sa diffusion reste lente jusqu'à l'ouverture d'une ligne électrique par l'Américain Sprague à Richmond en 1888. Le courant parvient au véhicule par un fil suspendu (« trolley ») ou souterrain, installé sur le parcours. La suppression des cahots, l'éclairage et le chauffage électriques, le luxe de l'aménagement intérieur lui assurent un grand confort et un succès rapide.

Le tramway inaugure l'ère des transports urbains modernes. Les grandes avenues en sont équipées, puis les axes reliant le centre à la banlieue. Après 1900, le métro électrique commence à prendre le relais. Ces transports de masse de plus en plus rapides permettent d'étendre la superficie des villes et de les désengorger. La ligne Arts et Métiers-Institut desservait le cœur de Paris, à l'aide d'automotrices équipées pour courant continu à 110 volts. Les tramways, presque disparus de nos villes dans les années 1930, réapparaissent aujourd'hui.



 **13** Tramway de la ligne Arts et Métiers-Institut, 1906. Modèle au 1/5. Inv. 13808

5. Les navires modernes

Les premiers navires à vapeur sont propulsés par des roues à aubes, fragiles et vulnérables aux tempêtes. L'hélice remplace peu à peu la roue à partir de 1844. Certains de ces navires sont encore équipés de voiles, qui peuvent relayer la machine à vapeur.

 **14** *Machine à vapeur du bateau à roues du Nil, 1866. Maquette au 1/10. Inv. 7946*

Les types successifs de machines à vapeur (Woolf, compound, turbines) sont appliqués à la navigation maritime, permettant à des navires de plus en plus grands de voguer toujours plus vite. Le moteur diesel vient remplacer la turbine à vapeur au XX^e siècle et équipe les premiers sous-marins.

6. L'automobile carbure !

Apparue en Allemagne en 1886, l'automobile à essence concurrence l'automobile à vapeur à partir de 1890, grâce aux efforts de promotion de ses constructeurs, notamment Panhard-Levassor et Peugeot. Elle démontre sa supériorité technique dès les premières courses automobiles en 1894-1895.

En 1862, Étienne Lenoir fait circuler dans Paris un véhicule équipé d'un moteur à combustion interne, alimenté au gaz et à allumage électrique. Édouard Delamare-Deboutteville fait breveter cette idée en 1884. Mais le tuyau d'alimentation a tendance à éclater sous la pression du gaz. L'Allemand Karl Benz le remplace par un carburant d'emploi plus commode : l'essence obtenue par distillation du pétrole. Le 29 janvier 1886, à Mannheim, Benz fait rouler un tricycle à essence à 12 Km/h.

Les moteurs à essence présentés lors de l'Exposition universelle de Paris en 1889, à côté de voitures à vapeur, séduisent des industriels français, tels Panhard-Levassor et Peugeot, qui en achètent la licence.

Leurs premiers tricycles et quadricycles à essence sont vendus en 1891 à de riches curieux, pour une petite fortune. Leur maniement et leur maintenance sont compliqués et pénibles, mais ils peuvent rouler à 20 Km/h. Les roues du quadricycle Peugeot de 1893 sont gainées de caoutchouc, annonçant l'adoption du pneumatique.



 **15** *Quadricycle Peugeot, 1893. Inv. 16593*

L'automobile reste un véhicule artisanal de luxe jusqu'à ce que le constructeur américain Henry Ford produise à partir de 1908, grâce à l'adoption du travail à la chaîne, la première voiture de grande série, le modèle « T ». En vingt ans, il en vend quinze millions, bouleversant le mode de vie américain.

Les inventeurs français dominent les débuts de l'automobile comme de l'aéronautique, puis le relais est pris par les constructeurs américains. Henry Ford applique dans son usine située près de Detroit (Michigan) les principes de la standardisation et du travail à la chaîne : modèle unique vendu à bas prix, décomposition du travail en tâches élémentaires et chronométrées, fourniture en grande série de pièces détachées interchangeables.



 **15** 🚗 Ford T, 1908. Inv. 18944

Robuste et stable sur des roues hautes, écartées en pattes d'araignée pour rouler sur une voie ferrée si les routes sont impraticables, la Ford T surnommée « Lizzie » peut rouler à 70 km/h. Elle est facile à conduire avec sa boîte de vitesses automatique et ses trois pédales de marche avant, arrière et de frein. Son énorme succès commercial transforme la vie quotidienne des Américains, dont une voiture neuve sur deux est une Ford T en 1920. Les méthodes de Ford sont imitées par les industriels européens, notamment par le Français André Citroën.

7. La petite reine entre en scène

Les véhicules individuels à deux roues ou « vélocipèdes » existent dès 1818, telle la « Draisienne », mais c'est l'invention du pédalier par Pierre et Ernest Michaux qui amorce leur diffusion. Avec le vélocipède commence une révolution du transport individuel, qui prépare le succès de l'automobile.

L'idée d'un véhicule individuel à deux roues, en ligne, reliées par une traverse de bois remonte peut-être au XVII^e siècle. L'Allemand Charles de Drais l'équipe en 1818 d'un pivot pour diriger la roue avant. En 1861, le serrurier parisien Pierre Michaux et son fils Ernest ont ensemble l'idée d'adapter des pédales au moyeu de la roue avant d'une « Draisienne », ce qui permet d'avancer sans donner l'impulsion sur le sol avec les pieds. En outre, les pièces de bois sont remplacées par de la

fonte malléable, et le guidon peut actionner une corde reliée à un levier qui s'appuie sur la roue arrière pour freiner.



 **16** 🚲 Vélocipède Michaux à corps ondulé, 1865. Inv. 14064

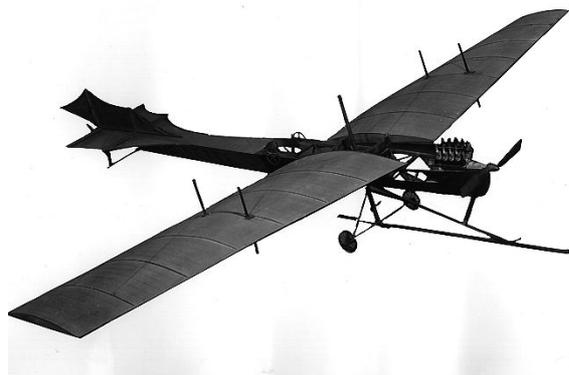
La diffusion du vélocipède puis de la « bicyclette » (roue arrière motrice) permet d'affranchir peu à peu du cheval les transports individuels rapides et longs. Elle prépare ainsi l'avènement de l'automobile. De nombreux métiers se trouvent transformés par l'usage de la « petite reine », véhicule populaire par excellence. La course organisée en 1869 près de Paris lance le sport cycliste.

Le vélo se perfectionne par étapes : chaîne et roue arrière motrice (« bicyclette »), rayons en minces tiges d'acier plus grands pour la roue avant motrice (« bicycle »), roulement à billes en acier trempé, pneumatique démontable, dispositifs de changement de vitesse, jusqu'à notre vélo tout terrain actuel, en matériaux composites.

 **16** Vélocipède Ader, 1868. Inv. 12525 ; Vélocipède Michaux à cadre droit, 1869. Inv. 14017 ; Bicycle Rudge ou « Grand Bi », 1887. Inv. 14066 ; Bicyclette La Souplette, 1895. Inv. 14557 ; Bicyclette Acatène, 1896. Inv. 12862

8. Aéroplanes et hélicoptères

Après les aéroplanes Ader de 1890 et Wright de 1903 à moteur à vapeur, Levavasseur utilise un moteur « Antoinette » à essence en 1908. Deperdussin améliore le fuselage, le châssis d'atterrissage, la voilure en toile. Les frères Dufaux inventent l'hélicoptère à essence, dont une curieuse variante, le « gyroplane », échoue.



 **17** *Aéroplane Antoinette, 1910. Modèle au 1/5. Inv. 14357*

Après 1950

Si le transport individuel domine aujourd'hui grâce à l'automobile, il existe des types de plus en plus diversifiés de transports, correspondant à chaque besoin.

L'automobile domine par sa souplesse, mais crée d'importantes nuisances. Elle intègre électronique et automatismes : la voiture « intelligente » anticipe le déroulement du voyage.

Le train, renouvelé par la grande vitesse et l'automatisation, se combine avec le transport aérien dans les aéroports.

L'aviation à réaction donne au voyage une dimension planétaire et, grâce aux transports terrestres, tisse de nouveaux liens économiques. L'aéronautique et ses dérivés multiplient les performances et ne se limitent plus à l'atmosphère terrestre. Avec la conquête de l'espace, le voyageur rêve d'horizons infiniment lointains.

1. Les trains à grande vitesse

Dans la lutte automobile-avion-train, ce dernier développe depuis 1964 une filière associant le profil d'une autoroute aux principes de vitesse et de fréquence de l'aviation. Le turbotrain à turbine à gaz, d'origine aéronautique, ancêtre du TGV, est abandonné en 1974 au profit de rames entièrement électriques.

 **18** *Turbotrain TGV, 1975. Modèle au 1/20. Inv. 22510*

Le TGV dessine peu à peu une nouvelle géographie ferroviaire en Europe. Relié aux lignes classiques qui le complètent, il développe son principal atout, la très grande vitesse d'un centre ville à l'autre, grâce notamment à des améliorations constantes des formes de ses motrices.

Le TGV prolonge le trajet à grande vitesse jusqu'au cœur des villes, ce que ne permet aucun autre mode de transport. Conçu pour améliorer les principales voies ferrées, il dessine, par l'interconnexion de ses lignes, un nouveau réseau. Ce dernier peut être facilement étendu, les rames de TGV circulant à 200 km/h sur les tronçons aménagés de lignes classiques. L'idée d'un réseau européen de TGV progresse, malgré les disparités techniques des infrastructures et des matériels.

La motrice MX-100 peut rouler à 100 m/s, soit 360 km/h. Sa forme est conçue par ordinateur et testée en soufflerie pour réduire les effets de souffle, les amplitudes des ondes de pression occasionnées lors des traversées des tunnels, ainsi que la traînée aérodynamique et le bruit émis en environnement : les arêtes sont supprimées, la garde au sol est abaissée, les bogies sont carénés, le nez est allongé de 60 cm, ce qui améliore par ailleurs la capacité d'absorption d'un choc frontal.



18 Forme de motrice de TGV MX-100 utilisée pour les essais en soufflerie, 1997. Modèle au 1/15. Inv. 43540

Le TGV, lorsqu'il dessert un aéroport, peut être un complément de l'avion pour les trajets de moins de 700 km. Au-delà de cette limite en effet, seul l'avion permet d'effectuer un aller-retour dans la journée. En remplaçant les vols les plus courts, le TGV libère des créneaux horaires au profit des vols moyen et long-courrier.

2. Boulot, dodo et... métro bien sûr !

Les transports urbains modernes, comme le métro Météor à Paris, contribuent à réduire les encombrements routiers et rendent la ville plus accessible à tous. L'automatisation augmente leur vitesse et leur capacité, tout en renforçant leur sécurité et leur confort.

La ligne de métro Météor, inaugurée à Paris en 1998, est la première intégralement automatisée. Les rames sans conducteur circulent sous le contrôle d'un poste de commande unique. Les arrêts sont informatisés, ce qui permet de réduire l'intervalle entre les trains à 85 secondes et de doubler la vitesse commerciale par rapport aux autres lignes. Météor transporte 40 000 voyageurs par heure et par sens aux heures de pointe. La ligne peut être utilisée au besoin sur une portion, et les métros classiques peuvent l'emprunter.

Les wagons et les quais se trouvent sous la surveillance de caméras reliées au poste de commande, qui avertit si nécessaire les services de sécurité. Des interphones assurent une communication

directe des voyageurs avec le poste de commande. Afin d'éviter tout risque de chute, les voies sont isolées des quais par des parois transparentes, dans lesquelles des portes automatiques s'ouvrent lorsque la rame est arrêtée, un peu comme un ascenseur horizontal.



19 Système de métro automatique Météor, 1998. Maquette au 1/10. Inv. 43976

3. Voyager et vivre dans l'espace

Les fusées, capables de se déplacer dans le vide, ouvrent la voie aux transports dans l'espace. Le lanceur européen Ariane peut emporter, dans ses versions successives depuis son premier vol en 1979, des charges de plus en plus lourdes vers l'orbite terrestre.

Le principe de la fusée est connu depuis l'Antiquité: l'éjection continue de gaz de combustion vers l'arrière d'un projectile provoque, par réaction, le déplacement de celui-ci vers l'avant. Le carburant, appelé propergol, peut être solide (poudre) ou liquide (oxygène, hydrogène). D'abord utilisé pour les feux d'artifice et les bombardements, ce procédé est ensuite testé sur des véhicules. La découverte de son usage dans le vide par le physicien russe Constantin Tsiolkovski en 1883 ouvre la voie à la conquête de l'espace.

Les fusées Ariane sont les fruits d'une collaboration internationale au sein de l'Agence spatiale européenne et de la société Arianespace, et en particulier des recherches menées en France par le Centre

national d'Etudes spatiales. Dans sa première version en 1979, la fusée peut emporter en orbite 1,8 t de matériel. Ariane 5 est un lanceur lourd pour charges de 6,8 t maximum, adapté à un marché des satellites en constante évolution. Il se caractérise notamment par ses deux gros propulseurs à propergols solides.



 **20** Fusée Ariane-5, 1997. Modèle au 1/33. Inv. 43537

Pour finir cette visite, rendez-vous dans la Chapelle du Musée. Vous y découvrirez d'autres objets comme l'avion de Blériot ou encore d'autres véhicules célèbres.

Rédaction : Conservateurs du Musée des arts et métiers

Photos : © Musée des arts et métiers/Cnam, S. Pelly.

Sources : Flash Museum et cartels du Musée des arts et métiers

Encyclopédie Universalis en ligne

<http://www.universalis-edu.com/>

L'album du Musée des arts et métiers, cédérom, Cnam, 1994