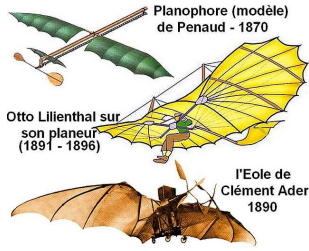
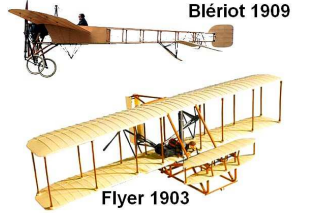



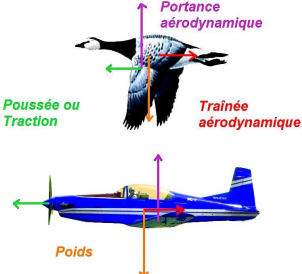
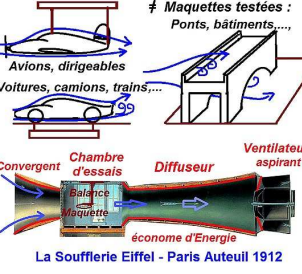

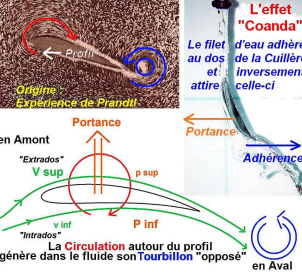
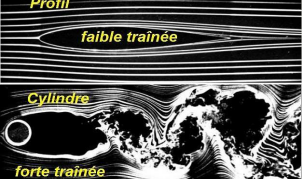
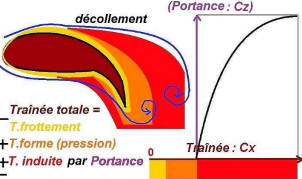

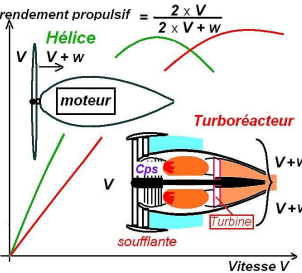
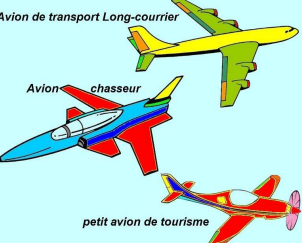
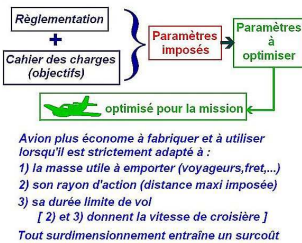
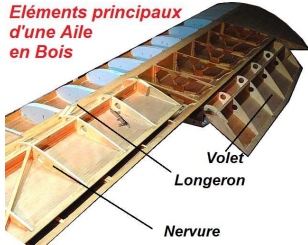
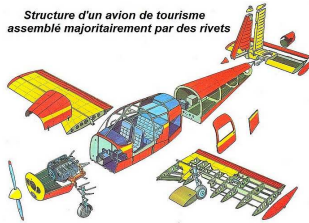

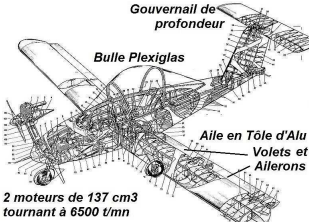

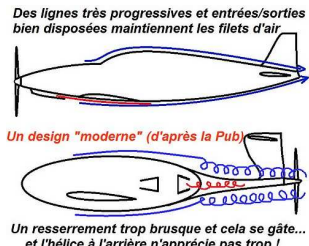



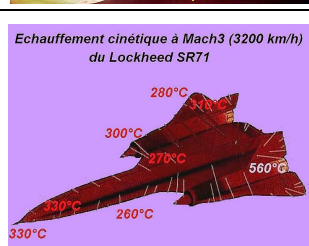


Pour s'extraire du labyrinthe, Dédale fit des ailes pour lui et son fils Icare, mais ce dernier, impétueux, vola trop près du soleil...

Thème	Epoque	Contexte	Illustrations	Eclairages et compléments
Les précurseurs	Avant 1900	Léonard de Vinci (1452-1519), féru d'anatomie, poussa fort loin les études du vol ailé ...sur papier. Cayley (1773-1857) en tira les grands principes et fit les premières expériences de planeur. Penaud (1850-1880) fit voler dès 1870 plusieurs maquettes à <u>moteur élastique</u> , en attendant plus... Lilienthal (1848-1896) fit 2000 vols planés... Ader (1841-1925) bondit (!) en 1890 avec l' Eole ...	 <p>Planophore (modèle) de Penaud - 1870 Otto Lilienthal sur son planeur (1891 - 1896) l'Eole de Clément Ader 1890</p>	Les ballons et dirigeables sont des « plus légers que l'air » car ils enferment une grande quantité de gaz (air chaud, hélium) moins dense ; ils bénéficient alors de la « poussée d'Archimède ». « Aviation » signifie voler comme les <u>oiseaux</u> , or il nous faudrait plus de muscles et des os plus légers, c'est pourquoi, il nous faut une assistance motorisée pour voler de bout en bout.
Les pionniers	1903-1913	Chanute (1832-1910) améliore la stabilité du vol plané, inspirant les frères Wright (Wilbur, Orville) qui volent enfin en 1903 sur 300 m, avec leur « Flyer » motorisé par leurs soins. Tout va très vite alors : Santos-Dumont (1873-1932) vole en 1906, Blériot (1872-1936) traverse la Manche en 1909 et Roland Garros la Méditerranée en 1913.	 <p>Blériot 1909 Flyer 1903</p>	Clément Ader avait conscience que son moteur à vapeur était trop lourd, c'est donc le progrès des moteurs à essence qui va être décisif pour voler. De même, les caractéristiques aérodynamiques des avions commencent à être étudiées en soufflerie (Eiffel à Paris et Prandtl à Göttingen) où l'on teste différentes formules : biplans, triplans...
La montée en puissance	1914-1944	En vingt ans, les avions ont rattrapé les voitures en vitesses atteintes et distances franchies. Vient alors l'épopée des périples dont le plus célèbre est celui de Lindbergh en 1927 qui relie New-York à Paris Bourget (le doute demeure pour les malheureux Nungesser et Coli dans le sens inverse). Les grandes compagnies de transport de voyageurs vont alors voir le jour...	 <p>Supermarine Spitfire Douglas DC4</p>	Les progrès réalisés (vitesse, altitude, autonomie) des avions sont dus à ceux de leurs moteurs (puissance, efficacité,...) mais aussi à un meilleur profilage et soin dans leur conception/fabrication. Les moteurs multicylindres sont mieux intégrés et certains bénéficient d'une suralimentation en air qui permet aux avions de voler plus haut dans un air moins dense et donc, plus vite ou plus loin.
Franchir les limites	1945-1970	Voler plus vite que le « mur du son » revient à précéder l'onde produite dans l'air qu'on déplace. Pourquoi « mur » ? Car tenter de dépasser cette vitesse causait de grands soucis de vibrations aux premiers avions qui s'y risquaient... jusqu'au jour où on comprit comment reconfigurer les avions et leurs ailes : cela fut fait en 1945. Voler plus vite encore et c'est alors ... le « mur de la chaleur ».	 <p>Avion adapté (aile+fuselage) au vol supersonique Cône de "Mach" passage du "Mur du Son" Les ondes sonores se propagent plus vite que l'avion subsonique</p>	Le « Bang » de l'avion supersonique (volant aussi vite ou plus que la <u>vitesse du son</u> variable avec la température de l'air : 1060 à 1260 km/h) est dû à la concentration d'ondes sonores/ ondes de choc (brusques variations de pression de l'air déplacé). Le mur de la chaleur n'en est pas un : il dépend de la résistance des matériaux à l'échauffement des parois qui s'amplifie avec la vitesse.
Relier les citoyens du monde	1918 à nos jours	Latécoère , entrepreneur français, ouvre une des premières liaisons postales aériennes qui, au départ de Toulouse, va gagner en quelques années le Maroc, Dakar puis l'Amérique du Sud. Ainsi va naître l' Aéropostale qui inspirera les très grandes pages du courage humain, relatées par Saint Exupéry , en hommage à ses camarades pilotes Mermoz , Guillaumet et leur chef Daurat .	 <p>Mermoz Guillaumet Saint Exupéry AIR FRANCE 1962</p>	Air France reprend le flambeau de l'Aéropostale en 1933 pour constituer en quelques années un des plus grands réseaux de lignes aériennes au monde pour le transport de voyageurs. Le transport aérien moderne date des années 60, avec les « Jet » comme la Caravelle biréacteur « moyen-courrier » ; il se démocratise avec les gros porteurs (Boeing 747 puis Airbus A380).

Thème	Illustrations	Observations et progrès	Schémas	Eclairages et compléments
<p>Aérodynamique science complexe à apprivoiser</p>		<p>L'Aérodynamique étudie les effets liés au mouvement relatif des corps dans l'air ; elle concerne avions et tous corps mobiles, sinon fixes soumis au vent. L'air est un <u>fluide</u> et l'étude des fluides a mobilisé nombre savants : Bernoulli et Euler au XVIIIe siècle, Navier, Stokes et Reynolds au XIXe. Prandtl enfin fit progresser l'Aérodynamique, début XXe.</p>		<p>L'air fluide, si léger soit-il, est <u>pesant</u> : cela explique les effets des tempêtes, mais cela permet aussi de pouvoir « s'appuyer » dessus. Les souffleries (dont la plus ancienne, déjà innovante avec son <i>diffuseur</i> créée par l'ingénieur Eiffel en 1912 est encore en activité à Paris 16è) visualisent les écoulements et mesurent les efforts sur des maquettes d'avions, mais aussi de voitures, trains et bâtiments (tours, ponts)...</p>
<p>La Portance aérodynamique : subtil maintien dans les airs</p>		<p>La portance est la <i>contribution utile</i> de la résistance de l'air à tout corps qui s'y déplace : elle varie avec la vitesse ², la surface de contact et dépend du profil. Les ailes d'avions sont réglées à la vitesse de croisière ; à basse vitesse, elles s'étendent, de plus l'avion se cabre. Les hélicoptères, eux, se maintiennent en l'air grâce à leurs pales mobiles.</p>		<p>Plusieurs phénomènes liés créent la portance. L'air est un fluide qui, si peu soit-il, est <u>visqueux</u>. Cela lui permet d'adhérer aux parois et selon leur contour, d'être rejeté <i>dans un sens</i> (ici le bas) produisant par <u>réaction</u> (selon Newton) une portance <u>en sens opposé</u>. Une différence de pression est donc établie des deux côtés du contour : dépression où l'air accélère et surpression où il ralentit (selon Bernoulli). Subtil !</p>
<p>La traînée aérodynamique : le prix à payer</p>		<p>Un fluide visqueux qui adhère à la paroi crée du frottement résistant, mais là n'est pas la <u>seule</u> résistance : de même qu'un navire « traîne » son sillage, le moindre mobile - ou vent contraire - crée des remous consommateurs d'énergie.</p>		<p>La portance serait impossible sans frottement comme on ne pourrait marcher sans adhérence au sol (sinon c'est la glissade !). A la traînée minimale de frottement se rajoute la traînée de forme que tout bon aérodynamicien s'efforce de réduire comme la traînée induite par la portance.</p>
<p>La propulsion</p>		<p>L'hélice est connue depuis l'Antiquité. Vers 1850 apparaît sa forme moderne appliquée aux navires à vapeur, puis on songe à elle pour la conquête des airs. Son dessin est régulièrement amélioré mais pour aller toujours plus vite, il faut un moyen radical : le turboréacteur mis au point vers 1939-41 (le statoréacteur encore plus radical se passe de turbine)</p>		<p>En donnant un supplément de vitesse à l'air vers l'arrière, l'hélice comme le réacteur procurent une <u>poussée</u> à l'avion. Cela implique un rendement propulsif qui exprime le rapport de l'énergie utile du déplacement à l'énergie cinétique fournie : pour une majeure partie des avions, l'hélice qui refoule <i>beaucoup d'air</i> à <i>faible vitesse</i> est supérieure au réacteur qui, pour s'améliorer, use d'une soufflante pour « diluer » la vitesse en aval.</p>
<p>Concevoir un avion est d'abord définir sa mission</p>		<p>Les avions de transport de <i>voyageurs</i> n'ont bien sûr pas les mêmes missions que ceux destinés aux actions <i>militaires</i>, mais dans tous les cas, c'est bien la définition précise des objectifs visés et la prise en compte des bons paramètres qui doit dicter les choix finaux plutôt que n'importe quel autre critère.</p>	 <p>Avion plus économe à fabriquer et à utiliser lorsqu'il est strictement adapté à : 1) la masse utile à emporter (voyageurs, fret,...) 2) son rayon d'action (distance maxi imposée) 3) sa durée limite de vol [2] et [3] donnent la vitesse de croisière Tout surdimensionnement entraîne un surcoût</p>	<p>Par exemple, il est demandé à un avion de transport d'emporter tant de voyageurs sur telle distance au moindre coût, en toute sécurité : Les calculs de ses dimensions tiennent compte alors de la vitesse de croisière, du rapport de masse utile sur totale, et doivent converger vers un optimum qui fait appel à l'énergie la plus faible pour effectuer la distance imposée.</p>

Thème	Illustrations	Observations et progrès	Schémas	Eclairages et compléments
<p>Construction</p>	 <p><i>Éléments principaux d'une Aile en Bois</i></p>	<p>Les premiers avions ne volant pas vite se contentaient très bien du bambou et de la corde à piano qui rigidifiait le tout. Ensuite, le bois permit de réaliser des ailes plus épaisses et mieux profilées. La construction métallique se généralisa peu à peu avant de recourir il y a 40 ans aux matériaux composites modernes.</p>	 <p><i>Structure d'un avion de tourisme assemblée majoritairement par des rivets</i></p>	<p>En aéronautique, il faut savoir faire léger et solide. Pour la sécurité, on construit en distinguant les pièces/systèmes qui doivent assurer la vie entière de l'avion et ceux et celles qui sont régulièrement remplacés, compte tenu d'une tolérance. Notons que le Bois naturel est lui-même un matériau composite - fibres (cellulose) et matrice (lignine) - c'est pourquoi il n'est pas obsolète.</p>
<p>Eloge de la légèreté</p>	 <p><i>Santos-Dumont "Demoiselle" 1907-1909</i> 56 à 118 kg selon version 18ch - 100 km/h</p> <p><i>Michel Colombar "Cri-Cri" 1972</i> 65 kg - 2 x 8ch 200 à 220 km/h</p>	<p>Santos-Dumont (1873-1932) qui fut le 1^{er} à voler en Europe (à Paris avec son propre avion) propose en 1909 en droits libres sa « Demoiselle » ancêtre d'ULM. Colombar, ingénieur à l'Aérospatiale construit durant ses loisirs, le plus petit bimoteur du monde, également proposé librement aux amateurs, 65 ans après.</p>	 <p><i>Gouvernail de profondeur</i> <i>Bulle Plexiglas</i> <i>Aile en Tôle d'Alu</i> <i>Volets et Ailerons</i> <i>2 moteurs de 137 cm3 tournant à 6500 t/mn</i></p>	<p>Comment est-il possible de faire aussi léger sans mettre en danger la vie d'autrui ? En partant d'une feuille blanche, en calculant tout et en testant soi-même, et bien sûr en innovant et en faisant appel à un système D de 1^{er} ordre... Tôle d'aluminium et mousse compactée sont les matériaux de base et deux moteurs de tondeuse actionnent les hélices ! Et ça vole depuis 40 ans !</p>
<p>Eloge de la pureté des lignes et de la finesse</p>	 <p><i>Sharp Nemesis NXT</i> 650 km/h en altitude avec 350 ch suralimenté</p> <p><i>Caudron C460 1934</i> moteur Renault 330 ch - 500 km/h</p>	<p>Si la coupe Schneider pour hydravions favorisa la course à la puissance, la coupe Deutsch de la Meurthe limitant la cylindrée des moteurs incita à la recherche des formes les plus aérodynamiques : c'est ainsi que furent conçus notamment les Caudron... Imités par de belles bêtes de nos jours...</p>	 <p><i>Des lignes très progressives et entrées/sorties bien disposées maintiennent les filets d'air</i> <i>Un design "moderne" (d'après la Pub)</i> <i>Un resserrement trop brusque et cela se gâte... et l'hélice à l'arrière n'apprécie pas trop !</i></p>	<p>L'air sait bien accélérer mais très mal ralentir, dès lors, il faut le guider au mieux. Aussi, il faut des lignes courbes aux courbures logiques (tout un art !) avec l'écoulement (tout comme le refroidissement du moteur) et tendues très progressivement vers l'empennage arrière. Amusant : des avions au design « moderne » font plus mal en traînée qu'il y a 90 ans !</p>
<p>Du Delta au Gothique</p>	 <p><i>Un Concorde ...</i> <i>... un Mirage</i></p>	<p>Pour voler au-delà de la vitesse du son, on comprit qu'il fallait reculer les ailes en flèche et amincir leur profil pour tenir compte des ondes de choc, ce qui posa d'autres contraintes (structurelles). Une solution fut l'aile Delta pour retrouver de la rigidité et de la portance en plus (+20%) grâce aux tourbillons.</p>	 <p><i>visualisation de la portance tourbillonnaire</i> <i>expériences ONERA</i></p>	<p>Dans les années 50 où l'ordinateur ne régnait pas en maître, l'ONERA (recherches aéronautiques françaises) mit au point la cuve « rhéoelectrique » (analogie [courants électriques/écoulements air]) et détermina les formes d'ailes - celle « gothique » si subtile du Concorde - et les profils adéquats. Nous pouvons admettre avec Marcel Dassault qu'un « <i>un avion doit être beau pour bien voler</i> »</p>
<p>Toujours plus haut toujours plus vite</p>	 <p><i>X 15</i> <i>"Black Bird" SR 71</i></p>	<p>Les avions espions volent très haut pour échapper à la vigilance adverse, tel le célèbre Lockheed SR71 qui atteignait, à 25 km d'altitude, 3600 km/h (3,4 fois la vitesse du son), il y'a déjà 50 ans. L'avion-fusée X15 fut conçu pour tester les vols spatiaux et finit par atteindre 7300 km/h et 108 km de haut !</p>	 <p><i>Echauffement cinétique à Mach3 (3200 km/h) du Lockheed SR71</i> 280°C 300°C 270°C 560°C 330°C 260°C</p>	<p>Le SR 71 et, encore plus, le X15 subissent un fort échauffement « cinétique » de leurs parois à cause du frottement de l'air, même raréfié en altitude : cet échauffement croît également avec le carré (?) de la vitesse. Pour en tenir compte, les concepteurs du SR71 l'ont dessiné « disjoint » au sol et parfait en vol, une fois dilaté par la chaleur (!)</p>

Avec la même énergie, savoir aller plus vite ou plus loin revient à savoir l'économiser pour un même service rendu