

Concours



Que sais-tu de l'aviation?

Depuis des siècles déjà, les inventeurs bricolent des objets volants. Le premier vol des frères Wright à bord d'un biplan, pas plus tard qu'en 1903 marque le début de l'âge de l'aviation. Que sais-tu de l'aviation qui fête cette année son centième anniversaire en Suisse? Teste tes connaissances et gagne un vol en avion ou un couteau de poche. Le concours est ouvert jusqu'au 15 novembre 2010.

www.satw.ch/concours

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences

Vol en avion pour 3 personnes

En répondant correctement aux questions, tu peux remporter un vol pour toi et deux de tes amis. Ce vol d'une vingtaine de minutes à bord d'un petit avion aura lieu au départ de Beromünster, dans le canton de Lucerne. Ce prix est offert par Flugzeugflug.ch.

10 couteaux de poche

Si tu ne remportes pas le premier prix, tu auras encore la chance de gagner un prestigieux couteau suisse aux multiples fonctions. Ces couteaux de poche Outrider sont offerts par Pilatus Flugzeugwerke AG.

a+ Membre des
Académies suisses des sciences

techno scope

2/10

Le magazine de la technique pour les jeunes



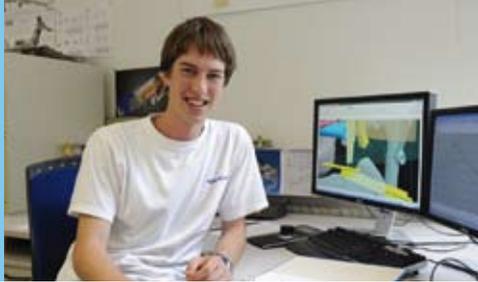
L'aéronautique

Naissance d'un avion

Organisation de l'espace aérien

Avions du futur

Un vol en avion
et des couteaux de poche à gagner



Ingénierie

Ebauche des avions et des pièces détachées. Christoph Hardegger, concepteur technique en 4^e année d'apprentissage, avec un modèle CAO



Production

Fabrication des différentes pièces. Nadine Bucher, polymécanicienne en 1^{re} année d'apprentissage, au travail sur un tour



Montage

Assemblage des pièces détachées. Ivo Meuli, polymécanicien en 3^e année d'apprentissage, devant les plans de montage



Rolf Würsch, constructeur d'appareils en 4^e année d'apprentissage, dans la carlingue encore inachevée de l'avion.

De l'ingénieur au pilote d'essai – naissance d'un avion

Plus de 100 avions sont produits chaque année à Stans. Petite visite sur place pour découvrir comment, au bout de plusieurs mois, des milliers de pièces détachées se transforment en un avion à hélice.

A Stans, Pilatus emploie 1200 collaborateurs, tous unis par la même passion: «ceux qui travaillent ici sont soit pilotes soit fanas d'avions», nous explique Daniel Wey, contrôleur et assistant de direction. La construction d'un avion est un travail de longue haleine: 18 mois s'écoulent entre la commande et la livraison. La production d'un avion occupe 250 à 300 personnes. Plus d'une année est nécessaire rien que pour les autorisations, l'organisation et la commande de tous les composants. La construction d'un PC 12 par exemple nécessite 9500 pièces détachées. Parmi celles-ci, 40 pour cent sont produites par Pilatus à Stans et le reste est acheté dans le monde entier. Pilatus est ce que l'on appelle un avionneur, c'est-à-dire que la société ne fabrique que le châssis de l'avion. Tout l'équipement électronique et les turbines sont commandés à des sous-traitants.

À la recherche de la perfection

Première étape de la construction d'un avion: l'ingénierie. Une équipe de 200 ingénieurs, hommes et femmes, est chargée de développer de nouveaux avions et s'emploie à perfectionner les modèles

existants. Des composants individuels sont développés, comme par exemple un ventilateur de refroidissement pour le conditionnement d'air afin de renforcer ce dernier et d'éviter son remplacement trop fréquent. Des aérodynamiciens travaillent aussi à l'aide de simulations par ordinateur pour trouver des formes d'avions plus aérodynamiques en vue de réduire la traînée aérodynamique et de diminuer la consommation de kérosène. Ce n'est qu'après une étude approfondie du projet et l'élaboration de prototypes qu'un nouveau modèle ou un composant optimisé peut passer au stade de la fabrication. Les composants de l'avion y sont produits en interne. Des ferblantiers et des mécaniciennes fraisent des pièces complexes, façonnent les tôles des ailes ou des composants en fibre de carbone.

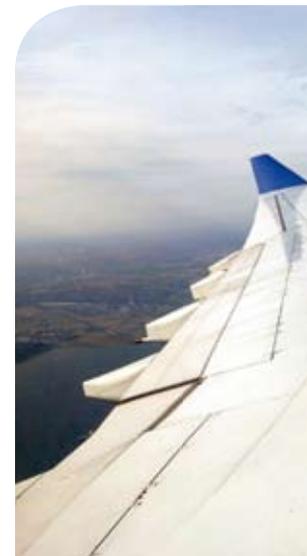
L'avion commence à prendre forme avec l'élaboration de la structure et le montage: le fuselage de l'avion, les ailes et l'empennage sont assemblés pas à pas par les techniciens aéronautiques. Les électriciens commencent eux aussi leur travail: câbler tous les composants techniques. Une tâche

considérable puisque 15 kilomètres de câbles environ doivent être posés par avion.

Des avions sur mesure

Chaque avion est unique. Le client peut choisir la peinture, le revêtement de l'habitacle, le type de sièges pour les passagers et le style de moquette. Des consoles vidéo ou des chaînes hi-fi sont également installées sur demande. Au terme du montage, qui dure environ quatre mois pour un PC 12, tous les systèmes de l'avion terminés sont soumis à des essais statiques minutieux. Des spécialistes

vérifient et règlent les centaines d'appareils nécessaires au pilotage, à la navigation et à la sécurité en cours de vol. Ce n'est que lorsque tous les systèmes fonctionnent sans défaillance que l'avion peut quitter le hangar de montage pour effectuer son premier vol. Des pilotes exclusivement formés à cet effet testent une nouvelle fois l'ensemble des systèmes dans les airs et en établissent un compte rendu. Lorsque tout fonctionne parfaitement, l'avion part chez son futur propriétaire, parfois à 16'000 kilomètres comme à Sydney en Australie.



Vol grâce à la portance aérodynamique

Les avions volent grâce à la portance aérodynamique qui, en vol en ligne droite, est parfaitement égale au poids de l'avion. Les ailes dévient légèrement le courant d'air incident vers le bas, ce qui engendre une circulation d'air autour des ailes avec une pression plus faible au-dessus qu'en dessous des ailes. La force issue de cette différence de pression ou déviation de l'air porte le nom de «portance aérodynamique», c'est la principale composante de la force ascensionnelle d'un avion. Tu peux en faire l'expérience toi-même: lorsque tu es en voiture, passe ta main à travers la fenêtre et penche-la légèrement dans le courant d'air. Elle sera poussée vers le haut ou vers le bas, en fonction de l'inclinaison. Plus l'avancement est grand et plus le courant d'air est rapide, plus la portance aérodynamique sera élevée. On parle aussi de portance statique, par exemple dans le cas de ballons remplis d'un gaz plus léger que l'air. A la différence des avions, les ballons peuvent se maintenir dans les airs sans circulation d'air.



Dans la tour de contrôle de l'aéroport, les aiguilleurs du ciel surveillent aussi les mouvements des avions au sol.

Mouvements aériens au-dessus de la Suisse en date du 8 septembre 2008. Les traits en vert correspondent aux avions civils contrôlés par Skyguide. Les traits en bleu et en rouge à l'intérieur de la Suisse sont des vols militaires.



▲ Les aiguilleurs du ciel suivent sur leur écran radar les avions en cours de vol. Pour chaque avion, des données relatives à l'altitude de vol et à la vitesse apparaissent sur l'écran.

◀ Radar

Un radar produit des ondes électromagnétiques très ciblées dans une direction. Lorsque ces ondes rencontrent un avion, celles-ci sont retransmises au radar. Ces ondes électromagnétiques traversent les nuages et le brouillard de sorte que les avions peuvent être «vus» par tous les temps.

Encombrement dans le ciel

Le trafic aérien a connu une évolution significative au cours de ces dernières années. Aujourd'hui, de nouvelles procédures techniques et des coopérations internationales sont mises au point pour tenter de gérer avec encore plus d'efficacité ce remue-ménage dans les airs.

On se bouscule dans le ciel: de plus en plus d'avions prennent chaque jour leur envol et l'espace aérien commence par conséquent à saturer. Un trafic sans retards nécessite un contrôle efficace de la navigation aérienne pour surveiller en permanence les mouvements des avions et donner aux pilotes des instructions sur la façon de voler. En Suisse, c'est la société Skyguide qui est chargée de contrôler l'espace aérien. La Suisse est d'ailleurs le premier pays européen à avoir confié son contrôle aérien civil et militaire à une seule organisation afin de tirer profit au maximum de son espace aérien restreint. Skyguide surveille l'espace aérien au-dessus de la Suisse mais aussi

proximité de Bâle et du Tessin sont contrôlées par les services français et italiens.

Le trafic aérien est réglé dans le monde entier par des procédures standardisées. La surveillance aérienne doit toujours savoir qui vole, quand et vers quelle destination et veiller à ce que tous les avions respectent les règles obligatoires en matière de distances. A cet effet, l'espace aérien est divisé en plusieurs secteurs sous la responsabilité de différents services. A l'aéroport même, les aiguilleurs de la tour de contrôle surveillent les manœuvres, les décollages et les atterrissages ainsi que le trafic dans les premiers kilomètres aux abords de l'aéroport.

Les décollages et atterrissages sont supervisés par le centre de contrôle d'approche qui surveille le territoire sur un rayon de 50 kilomètres autour de l'aéroport. Lorsque les avions ont atteint leur

«L'espace aérien suisse est l'un des plus complexes. Plusieurs routes internationales importantes se croisent au-dessus de la Suisse.»

altitude de vol, ils circulent dans ce que l'on appelle des couloirs aériens sous la surveillance du centre de contrôle régional.

Plus de 120 avions par heure

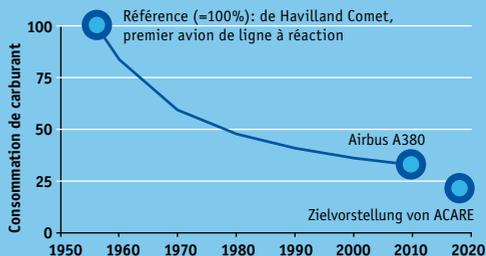
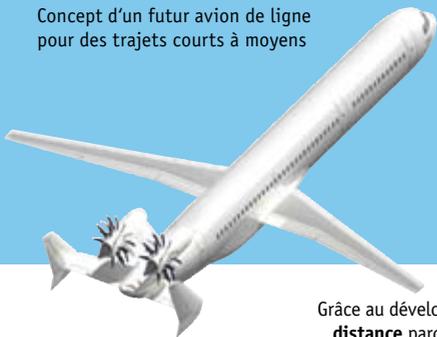
L'espace aérien suisse est l'un des plus complexes. Plusieurs routes internationales importantes se croisent au-dessus de la Suisse. Le pays se trouve en outre à proximité de toute une série d'aéroports importants. Par conséquent, de nombreux avions doivent déjà procéder à un changement d'altitude lorsqu'ils traversent l'espace aérien suisse, ce qui complique encore la surveillance aérienne. Face à la forte augmentation du trafic aérien, de nouveaux procédés techniques sont développés en permanence pour pouvoir utiliser l'espace aérien de manière efficace. Skyguide est d'ailleurs en train de mettre en place une nouvelle surveillance aérienne numérique grâce à laquelle les données de vol peuvent être échangées automatiquement et en temps réel entre les différents postes. Début juin 2010, les secteurs de la région de Zurich ont également été réaménagés, ce qui a nécessité de grosses adaptations

techniques ainsi que des adaptations de personnel. Cette réorganisation permet désormais de guider à travers l'espace aérien supérieur 120 vols par heure au lieu de 100.

Un patchwork dans le ciel européen

L'espace aérien européen ressemble à un patchwork: ses plus de 650 secteurs sont surveillés par près de 50 services de contrôle du trafic aérien et une centaine de centres de contrôle d'approche. D'un point de vue aéronautique, cette répartition est tout sauf optimale: les limites des secteurs se terminent souvent aux frontières nationales et donc pas nécessairement à un endroit considéré comme pratique du point de vue de l'exploitation. L'espace aérien européen connaît pour l'instant une réorganisation complète avec le programme «Single European Sky». Il n'existe désormais plus que cinq à dix blocs fonctionnels. La Suisse forme un de ces blocs avec l'Allemagne, la France et le Benelux. Les 25 systèmes de surveillance aérienne différents constituent un grand obstacle technique. L'infrastructure devrait maintenant avoir une nouvelle base, une condition essentielle pour que le ciel unique européen devienne une réalité.

Concept d'un futur avion de ligne pour des trajets courts à moyens



Grâce au développement technologique, la consommation de carburant par passager et distance parcourue a diminué de plus de 2/3 depuis le lancement des premiers avions à réaction. La poursuite du développement continu des avions actuels est insuffisante pour atteindre les objectifs de l'industrie aéronautique européenne d'ici 2020.

ACARE: Advisory Council for Aeronautics Research in Europe



▲ Les réacteurs avec rotors ouverts ont déjà été étudiés il y a 20 ans. Aujourd'hui, la technologie a atteint un tel point de développement qu'elle pourrait être utilisée dans 10 ans.

◀ Essai avec le modèle d'un futur jet dans la soufflerie de RUAG Aviation à Emmen

L'avenir est dans l'hélice

Les avions devront à l'avenir consommer beaucoup moins d'énergie, ce qui exige des concepts tout à fait nouveaux: des propulsions efficaces, des matériaux légers et des surfaces lisses notamment.

Mi-décembre 2009: le Dreamliner, le nouveau modèle de présentation du fabricant d'avions américain Boeing, est prêt pour son vol inaugural. Avec le Dreamliner, Boeing souhaite ouvrir un nouveau chapitre puisqu'il s'agit du premier gros porteur fabriqué en grande partie en plastique à renfort de fibres de carbone et consommant par conséquent nettement moins de carburant que les avions actuels.

Objectif: 30 pour cent de carburant en moins

«Le principal objectif du constructeur aéronautique est aujourd'hui de réduire de manière significative la consommation de carburant et par la même occasion les émissions de gaz d'échappement», explique Jürg Wildi, vice-président Innovation de la société Ruag Aviation à Emmen. Pour l'ingénieur, c'est évident: «s'il faut diminuer la consommation d'énergie des avions de 20 ou 30 pour cent, les technologies actuelles ne

font pas le poids. Les améliorations qu'elles permettent d'obtenir ne sont que limitées. Nous avons donc besoin de concepts tout à fait nouveaux.»

«En Suisse, les ingénieurs effectuent des essais en soufflerie, testent des concepts de propulsion et font de la recherche de matériaux.»

L'emploi de nouveaux matériaux – le plastique à renfort de fibre de carbone ou des métaux légers par exemple – n'est qu'un des éléments entrant en ligne de compte. Les réacteurs eux aussi sont susceptibles d'être perfectionnés. «Il s'avère pour l'instant que les avions de la prochaine génération – principalement les court courriers – seront à nouveau propulsés à l'aide d'hélices», annonce Jürg Wildi. Ces nouveaux avions

n'ont plus grand-chose à voir avec les anciens avions à hélices. L'idée est de propulser l'avion à l'aide de rotors ouverts dans lesquels deux grandes hélices opposées fournissent la poussée nécessaire. Seul inconvénient: de tels avions seront de 100 à 200 km/h moins rapides que les avions d'aujourd'hui – ils consommeront cependant moins de carburant.

Le troisième élément est l'aérodynamique: les avions actuels produisent en de nombreux endroits des turbulences qui engendrent beaucoup de friction inutile. Si l'on parvient à diriger l'air de manière à ce qu'il traverse l'avion sans perturbation et sans remous, l'on pourrait économiser beaucoup d'énergie. «Pour ce faire, les surfaces de l'avion devraient être aussi lisses et polies que celles d'un planeur», explique Jürg Wildi. «Mais dans le cas d'un gros avion, c'est difficilement réalisable.» Des concepts futuristes du type aile volante avec intégration de la cabine des passagers dans l'aile ne devraient par contre voir le jour que dans plusieurs générations. Selon Jürg Wildi, «ce concept a par principe un grand potentiel mais il reste encore de grands obstacles à surmonter.» Une des difficultés réside par exemple dans la stabilité de la structure: la pression dans la cabine des passagers en altitude de vol doit être plus élevée que dans l'atmosphère environnante. Pour des raisons statiques, une cabine pressurisée avec un fuselage tubulaire est beaucoup plus facile à réaliser. D'autres concepts – comme l'idée de placer les réacteurs sur les ailes afin de réduire les nuisances sonores au sol – sont encore loin d'être opérationnels. Etant donné qu'aucune concession ne peut être faite en matière de sécurité, il s'agit de tester toutes les nouvelles technologies dans les moindres détails

avant de pouvoir les mettre en œuvre – cela exige beaucoup de temps, comme en témoigne l'exemple du Dreamliner dont la production en série est sans cesse retardée.

Une meilleure coordination dans l'espace aérien

Pour un sous-traitant comme Ruag, il était par conséquent pratiquement impossible d'appliquer de sa propre initiative des technologies et des matériaux fondamentalement nouveaux. Les ingénieurs suisses ont quand même pu collaborer en première ligne au développement de l'avion. «Nous effectuons les essais en soufflerie et testons les futurs concepts de propulsion», explique Jürg Wildi. «Au niveau de la recherche de matériaux, la Suisse continue également d'apporter une grande contribution.»

Jürg Wildi fait remarquer que, en optimisant les avions, nous n'aurons pas encore épuisé totalement toutes les possibilités pour rendre l'activité aérienne plus efficace. «Il faut améliorer le trafic aérien dans sa globalité. Si l'on pouvait guider les avions de manière à supprimer les circuits d'attente au-dessus des aéroports, on pourrait économiser beaucoup d'énergie.» Les ingénieurs sont aussi attendus dans ce domaine: «Une gestion bien coordonnée du trafic aérien exige encore pas mal de travail technique fondamental.»



▲ Urs Reber dans son bureau à Stans, en train de concevoir son manuel de formation. Le voici à l'école d'avion à Beromünster. ►



▲ «Speed checked, Altitude checked, Engine Instruments green»: il n'y a pas de meilleur endroit pour savourer la vue que d'en haut.

Toute une vie au service de l'aviation

Urs Reber a fait de sa passion pour l'aviation son métier: voilà 30 ans qu'il travaille successivement comme mécanicien, organisateur ou instructeur dans la production aéronautique. Aujourd'hui, ce pilote et instructeur de vol a encore un grand rêve: réaliser un tour du monde en avion.

En fait, j'ai toujours voulu devenir agriculteur. Mais à 14 ans, j'ai été pris de passion pour l'aviation. Je passais la plupart de mes après-midis libres à jouer avec un avion télécommandé en modèle réduit. J'étais aussi fasciné par la mécanique et les moteurs. À l'époque, nous passions des heures à monter et à démonter nos vélomoteurs et à maquiller les moteurs. C'est ce qui m'a poussé à faire un apprentissage de mécanicien après l'école obligatoire. Après quatre ans d'apprentissage à Lichtensteig, je mise tout sur l'aviation. Quand j'étais encore à l'école, j'avais déjà écrit à plusieurs entreprises du secteur aéronautique pour postuler comme mécanicien d'avions. Et c'est finalement chez Pilatus Flugzeugwerke AG que je décroche le boulot. Aujourd'hui, 30 ans plus tard, je travaille tou-

«Je passais la plupart de mes après-midis libres à jouer avec un avion télécommandé en modèle réduit.»

jours pour la même société et je dois avouer que je ne m'y suis jamais ennuyé !

A 24 ans, je passe mon brevet de pilote. Enfin, je peux voler seul. Mais je me rends vite compte

que, dans le monde l'aviation, on ne peut pas s'en sortir sans savoir l'anglais. Je mets donc le cap sur l'Angleterre pour y passer quatre mois dans une école de langue. Cette nouvelle langue m'est immédiatement utile lors de plusieurs missions à l'étranger pour Pilatus. En 1983, une occasion unique se présente à

moi: je suis choisi par la Flugbetriebs AG (Flugzeugflug.ch) pour diriger l'école de pilotage et l'aérodrome de Beromünster, dans le canton de Lucerne. C'est un job fantastique pour moi en tant que célibataire: voler est désormais mon

métier. Mon activité de pilote et les heures que je donne comme instructeur représentent jusqu'à aujourd'hui pour moi la meilleure «compensation» de mon travail. En règle générale, je suis présent à l'aérodrome de Beromünster un samedi sur deux et un à trois jours par semaine. Un peu moins en hiver car je pars skier dans les montagnes.

Démontage de turbines

En 1987, je suis à nouveau engagé comme instructeur chez Pilatus. Je donne des cours de base aux mécaniciens, électriciens et pilotes qui seront chargés par la suite de l'entretien des avions à hélice chez le client. Je passe mes journées à encadrer des équipes du monde entier durant une à quatre semaines en moyenne. C'est un travail très intense! Au bout de six ans, je reviens à l'atelier. J'y démonte, entre autres, des turbines qui sont révisées chez nous avant de les remonter pièce par pièce.

Plus tard, je change de poste et me retrouve aux achats et, depuis 1999, je suis responsable de la planification et du contrôle de la produc-

tion des avions. Le centre d'administration des commandes est la clé de voûte de l'organisation. C'est ici que sont coordonnées, à l'aide d'un système informatique sophistiqué, toutes les étapes afin que les près de 10'000 pièces détachées d'un avion soient prêtes à temps et se trouvent au bon endroit, et que l'avion soit livré au client dans les délais. A ce poste, l'on est responsable de tout, surtout de ce qui ne tourne pas rond. En période de coup de feu, l'on turbine parfois 14 heures d'affilée. Mais pour moi, ne rien faire est synonyme de régression. Je trouve donc qu'il est intéressant après quelques années de pouvoir aborder à chaque fois un nouveau domaine et je suis content que mon employeur me le permette.

Jusqu'à ce jour, ma passion pour l'aviation est intacte et je souhaiterais encore réaliser un grand rêve: un tour du monde en avion avec plusieurs escales me permettant de partir à la découverte de plusieurs pays. Dans le meilleur des cas, je m'achèterais pour cela mon propre petit avion. Mais comme je l'ai dit, ce n'est encore qu'un rêve!

AHA!



Le Musée des Transports fête les 100 ans de l'aviation avec une salle entièrement rénovée et une exposition spéciale.

Comment un avion parvient-il à trouver sa route autour du globe?

Dans les premiers temps des vols long-courriers, chaque pilote était assisté par un navigateur qui calculait la position de l'avion en fonction de son cap, de sa vitesse et du vent. Ce temps-là est révolu: aujourd'hui les pilotes ont plusieurs procédés automatiques à leur disposition grâce auxquels ils peuvent déterminer leur position même si le ciel est nuageux ou si la visibilité est mauvaise.

Pour naviguer dans les airs, les pilotes suivent un réseau mondial de routes appelées couloirs aériens. Ces «routes» ne sont pas visibles à l'œil nu comme celles sur lesquelles l'on roule en voiture, on ne peut les percevoir que par l'intermédiaire de balises radio et de points de cheminement virtuels décrits par des coordonnées géographiques. Les balises radio sont des dispositifs d'émission radio spécifiques présents au sol qui simulent la trajectoire des couloirs aériens. La direction dans laquelle ces balises se trouvent mais aussi la distance exacte entre l'avion et la station émettrice s'affichent à bord du

cockpit. De cette façon, le pilote connaît à tout moment sa position exacte, pour autant qu'il reçoit le signal de la balise.

Il existe d'autres procédés permettant de déterminer la position d'un avion: la navigation par inertie et la navigation par satellite. Dans le cas de la navigation par inertie, le système mesure les accélérations subies par l'avion qui se déplace. Ces mesures permettent de calculer la vitesse, le trajet parcouru et enfin la position de l'avion. Pour la navigation par satellite, la position de l'avion se calcule à partir de signaux temporels très précis et de coordonnées reçus par plusieurs satellites (GPS).

Pour que le pilote puisse «voir» les couloirs aériens, son itinéraire de vol est introduit avant le départ dans le système de gestion de vol FMS (Flight Management System) de l'avion. Ce système reçoit les coordonnées de positionnement de l'un des systèmes mentionnés ci-dessus et fonctionne plutôt selon le principe du navigateur GPS, comme dans une voiture. L'itinéraire de vol et la position actuelle de l'avion apparaissent alors sous la forme d'un trait sur l'écran de bord du cockpit. Le pilote peut ainsi vérifier si l'avion se trouve effectivement dans le bon couloir aérien.

◀ Carte de vol reprenant les couloirs aériens au-dessus de l'Adriatique nord entre Venise, Trieste et Pula.



A lire

100 ans d'aviation en Suisse

www.100jahreluftfahrt.ch/index.php?lang=fr

Informations interactives sur le contrôle aérien

www.skyguide.ch/fr/Infotainment

Formation

Apprentissages dans le domaine de l'aviation

Polymécanicien, concepteur technique, constructeur d'appareils

www.pilatus-aircraft.com > Human Resources > Career Areas > Apprenticeships (en anglais et en allemand)

www.ruag.com > Career > Work for Ruag > Apprenticeship programmes (en anglais et en allemand)

Génie mécanique

HES SO www.hes-so.ch/modules/formation/detail.asp?ID=171&Language=FR

EPFL bachelor.epfl.ch/page28516-fr.html

EPFL master.epfl.ch/page62873.-fr.html

ETH www.ethz.ch/prospectives/programmes/index_EN (en anglais et en allemand)

Aviation

www.zav.zhaw.ch (en anglais et en allemand)

Formation technique générale

www.tecmania.ch/fr/home.html

A voir

Musée suisse des Transports

Halle de l'Aviation et de la Navigation spatiale et exposition spéciale

www.verkehrshaus.ch/fr/

Musée de l'Aviation Militaire de Payerne

www.clindailes.ch

Air Force Center de Dübendorf

www.airforcecenter.ch

Musée de l'aviation d'Altenrhein

www.fliegertmuseum.ch

Impressum

SATW Technoscope 2/10, septembre 2010
www.satw.ch/technoscope

Conception et rédaction: Dr Béatrice Miller
Collaborateurs rédactionnels: Dr Felix Würsten, Samuel Schläfli, Markus Rohrer, Jürg Wildi
Photos: Franz Meier, Skyguide, Ruag, Flugzeugflug.ch, Musée des Transports suisse, Fotolia, Fotolia, airliners.net/Dieter Spiess
Photo de couverture: Sandro Kraut et Nadine Bucher, apprentis polymécaniciens chez Pilatus Flugzeugwerke AG

Abonnement gratuit et commandes

SATW, Seidengasse 16, CH-8001 Zürich
E-Mail redaktion.technoscope@satw.ch
Tel +41 (0)44 226 50 11

Le Technoscope 3/10 à paraître en décembre 2010 sera consacré à la «Communication mobile».