



# POWER TO FLY

Auteur  
Lionel Gabriël, Ir

Deel 2:  
Het Jet Tijdperk

Inleiding

Eind de jaren 1940 heeft de zuigermotor de limiet van zijn mogelijkheden bereikt met motoren die tot 2.750 kW ontwikkelen, zoals de Wright Cyclone R-3350 of de Napier Sabre. Ondertussen is echter reeds een ander type motor in ontwikkeling die toelaat de jacht op steeds performantere prestaties verder te zetten. In Engeland, maakt op 15 mei 1941 de Gloster E 28/29, uitgerust met een straalmotor ontworpen door Frank Whittle, zijn eerste vlucht. Op 27 augustus 1939 had de Heinkel He 178 met een motor van Hans Pabst von Ohain reeds hetzelfde gedaan in Duitsland. In 1944 beschikken Groot-Brittannië en Duitsland elk over een operationeel straalgevechtsvliegtuig : de Gloster Meteor en de Messerschmitt Me 262. Tijdens de Koreaanse oorlog vindt op 8 november 1950 het eerste gevecht tussen straaljagers plaats, wanneer een Amerikaanse P-80 Shooting Star een MiG 15 neerhaalt. Op 3 mei 1952 treedt ook de burgerluchtvaart het straaltijdperk binnen met de eerste luchtverbinding Londen - Johannesburg door een De Havilland Comet.

De technische vooruitgang van de straalmotoren is ronduit spectaculair : waar de Junkers Jumo 004 motor van de Messerschmitt Me 262 een stuwkracht had van 1.800 lbf be-

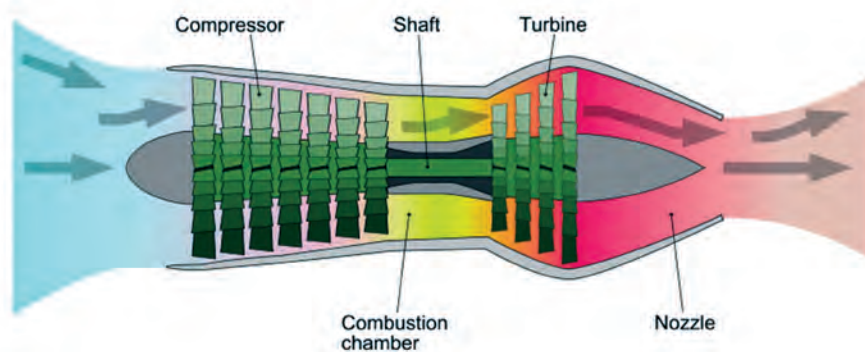
Deuxième partie :  
L'ère du jet

Introduction

Fin des années 1940, le moteur à pistons a atteint les limites de ses possibilités avec des moteurs qui développent jusqu'à 2.750 kW, comme le Wright Cyclone R-3350 ou le Napier Sabre. Entretemps naît un autre type de moteur qui permet de poursuivre la chasse aux performances. En Angleterre, le 15 mai 1941, le Gloster E 28/29, équipé d'un moteur à réaction, conçu par Frank Whittle, fait son premier vol. Le 27 août 1939, le Heinkel He 178 avec un moteur de Hans Pabst von Ohain avait déjà fait la même chose en Allemagne. En 1944, la Grande Bretagne et l'Allemagne disposent chacune d'un avion de combat à réaction opérationnel : le Gloster Meteor et le Messerschmitt Me 262. Pendant la guerre de Corée, le 8 novembre 1950 a lieu le premier combat aérien entre avions à réaction, quand un P-80 Shooting Star américain descend un MiG 15. Le 3 mai 1952, l'aviation commerciale entre à son tour dans l'ère du jet avec la première liaison Londres - Johannesburg par un De Havilland Comet.

Le progrès technique des moteurs à réaction est carrément spectaculaire : le moteur Junkers Jumo 004 du Messerschmitt Me 262 avait une poussée 1.800 lbf, alors qu'un des moteurs les plus puissants actuels, le GE 90, donne 114.600 lbf. Et le

## Turbojet



draagt deze van een der krachtigste actuele motoren, de GE 90, 114.600 lbf. En het aantal incidenten dat het stilleggen van de motor in vlucht noodzakelijk maakt, daalt van 40 per 100.000 vluchten in de jaren 50 tot minder dan één nu.

nombre d'incidents en vol nécessitant l'arrêt du moteur diminue de 40 par 100.000 heures de vol dans les années 50 à moins de un actuellement.

## Turbojet, turbofan, turboprop en naverbranding

### Turbojet

In een turbojet wordt de aangezogen lucht door een compressor samengedrukt en vervolgens naar de verbrandingskamer<sup>1</sup> geleid. Hier wordt kerosine toegevoegd en verbrand, waardoor de temperatuur en dus de energie van het gas enorm toeneemt. Dit energierijke gas passeert vervolgens door een turbine, die via een as de compressor aandrijft, en wordt dan in de straalpijp versneld en naar buiten geleid. Deze hete gasstraal creëert een naar achter gerichte stuwkracht, die volgens de wet van actie en reactie zorgt voor een voorwaartse beweging van de motor.

Vermelden we onder andere :

De **Rolls-Royce Derwent**, de eerste straalmotor van Rolls-Royce, die 9.700 exemplaren produceert tussen 1944 en 1954. Een aantal Derwents worden verkocht aan de Sovjet-Unie, die door reverse engineering er een kopie van bouwde, de Klimov RD-500. De Derwent, voorzien van een centrifugale compressor, ontwikkelt 3.600 lbf stuwkracht en is vooral gekend van de Meteor.

Ook de Canadese motorbouwer Avro Orenda, ontwikkelde zijn eigen motor. De Belgische versie van de CF-100 werd uitgerust met **Orenda 11** (7.400 lbf).

De **Rolls-Royce Avon**, een axiale turbojet met 7.600 lbf stuwkracht. Tussen 1950 en 1974 bouwde RR iets meer dan 11.000 exemplaren van de Avon. De motor blijft in operationeel gebruik bij de Royal Air Force tot in 2006,

<sup>1</sup>. Meestal een ring van cilindervormige kamers die zich rond de verbindingssas tussen de turbine en de compressor bevinden. Dit wordt duidelijk op de foto hierna (Orenda).

## Turbojet, turbofan, turboprop et postcombustion

### Turbojet

Dans un turbojet, l'air entrant est comprimé par un compresseur et puis amené vers la chambre de combustion<sup>1</sup>. Ici, le kérosène ajouté brûle et augmente très fortement la température et donc l'énergie du gaz. Ce gaz, riche en énergie, passe ensuite à travers la turbine, qui est reliée au compresseur qu'elle entraîne via un axe. Après, le gaz sort via la tuyère, où il est accéléré. Ce jet de gaz chaud crée une poussée vers l'arrière, qui suivant la loi d'action-réaction propulse le moteur.

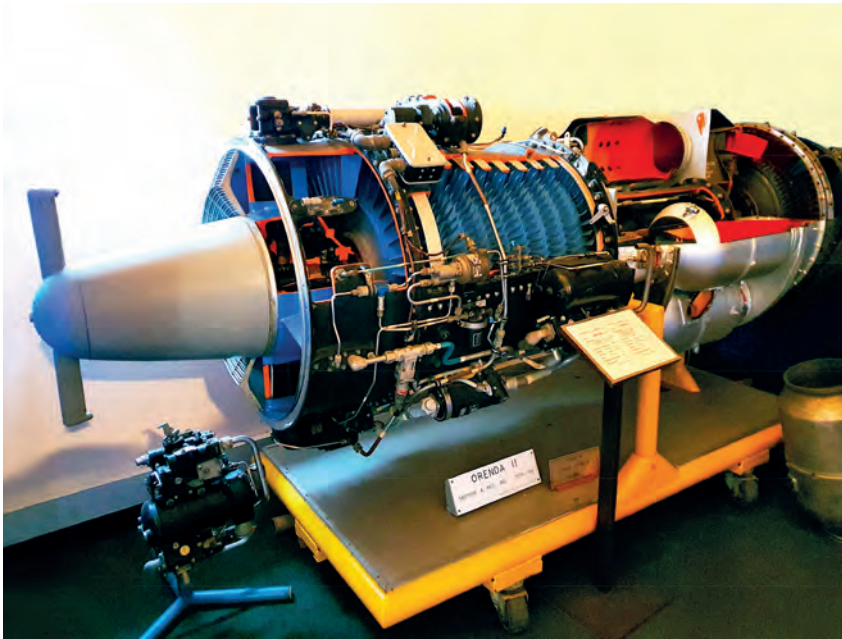
Citons entre autres :

Le **Rolls-Royce Derwent**, le premier moteur à réaction de Rolls-Royce, qui en produit 9.700 exemplaires entre 1944 et 1954. Le Derwent, pourvu d'un compresseur centrifuge, produit une poussée de 3.600 lbf et est principalement connu pour avoir équipé le Meteor. Quelques Derwent sont vendus à l'Union Soviétique qui, par rétro-ingénierie, produit une copie, le Klimov RD-500.

Le motoriste canadien Avro Orenda a développé également son propre moteur. La version belge du CF-100 était équipée de l'**Orenda 11** (7.400 lbf).

Le **Rolls-Royce Avon**, un turbojet axial avec une poussée de 7.600 lbf. Entre 1950 et 1974, RR construit un peu plus de 11.000 exemplaires de l'Avon. Ce moteur reste en service actif dans la Royal Air Force jusqu'en 2006, quand le English Electric Canberra est retiré de service. Ce moteur a du succès aussi bien dans des applications militaires que civiles. Utilisé

<sup>1</sup>. Dans la plupart des cas, il s'agit d'un anneau de chambres cylindriques autour de l'axe qui relie la turbine au compresseur. Ceci se voit clairement sur la photo suivante (Orenda).



**Cut of the Orendo II,  
powering the CF-100**

(on display in the  
1 Wing Historical Centre)

wanneer de English Electric Canberra uit dienst wordt genomen. Deze motor kent zowel succes in militaire als in civiele toepassingen. Gebruikt in English Electric Canberra, Hawker Hunter F4, Saab Lansen, Saab Draken, Vickers Valiant, De Havilland Comet en Sud Aviation Caravelle.

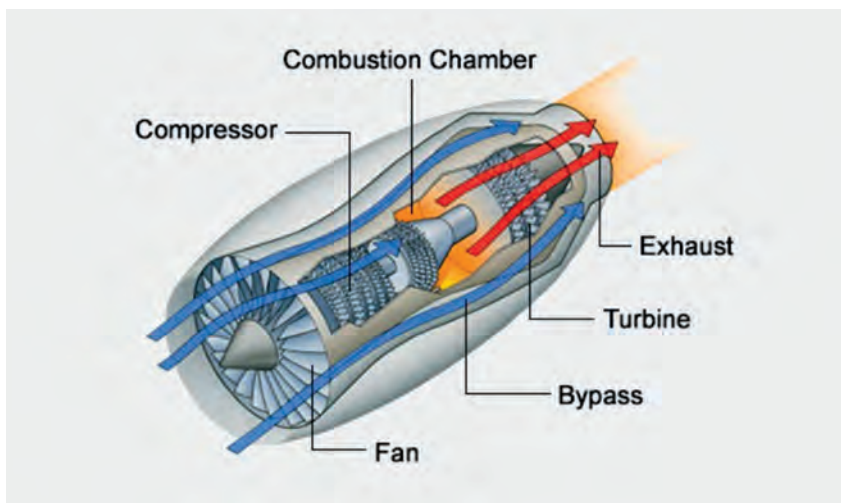
De **GE J79**. In 1955 presenteert General Electric de J79, een axiale turbojet met naverbranding die ontwikkeld is voor snelheden tot Mach 2. In de komende dertig jaar worden meer dan 17.000 exemplaren gebouwd in de Verenigde Staten en onder licentie in België, Canada, Duitsland, Israël, Italië en Japan. Stuwkracht 10.000 lbf zonder en 15.800 lbf met naverbranding. Gebruikt in de Convair B-58 Hustler, IAI Kfir, Lockheed F-104 Starfighter en McDonnell-Douglas F4 Phantom.

De **Rolls-Royce / Snecma Olympus 593**. Alhoewel hiervan slechts 67 exemplaren werden gebouwd, is deze turbojet toch het vermelden waard omdat hij tussen 1969 en 2003 de Concorde voortstuwde. De stuwkracht bedroeg 32.000 lbf zonder en 38.000 lbf met naverbranding.

sur les English Electric Canberra, Hawker Hunter F4, Saab Lansen, Saab Draken, Vickers Valiant, De Havilland Comet et Sud Aviation Caravelle.

Le **GE J79**. En 1955, GE présente le J79, un moteur conçu pour des vitesses jusqu'à Mach 2. Dans les trente années qui suivent, plus de 17.000 exemplaires sont construits aux États-Unis et sous licence en Belgique, au Canada, en Allemagne, Israël, Italie et au Japon. Poussée 10.000 lbf sans et 15.800 lbf avec postcombustion. Utilisé sur Convair B-58 Hustler, IAI Kfir, Lockheed F-104 Starfighter et McDonnell-Douglas F4 Phantom.

Le **Rolls-Royce / Snecma Olympus 593**. Bien que seulement 67 exemplaires aient été produits, ce turbojet mérite d'être mentionné parce qu'entre 1969 et 2003, il propulsait le Concorde. La poussée était de 32.000 lbf sans et 38.000 lbf avec postcombustion.



**Turbofan**

## Turbofan - CFM 56, powering A320, A340, B737

(Coll: Asianaviation.com)



### Turbofan

Turbofans verschillen van turbojets doordat ze een bijkomende fan hebben voor de compressor, die een gedeelte van de lucht versnelt, die rond de interne turbojet geleid wordt. Deze extra luchtstroom vergroot de stuwkracht, met slechts een klein verbruik aan kerosine voor de aandrijving van de fan. Fan en compressor worden aangedreven door aparte turbines, via concentrische assen. Bij subsonische snelheden zijn turbofans efficiënter dan turbojets, die dan weer beter geschikt zijn voor supersonische vluchten.

Een paar voorbeelden :

De **Pratt & Whitney F100-PW-220E**. Dit is de motor van de huidige F-16. Het is een turbofan met naverbranding die een stuwkracht levert van 14.600 lbf zonder en 23.800 lbf met naverbranding. Hij dateert uit 1986 en is een verdere ontwikkeling van de oorspronkelijke F-16 motor, de F100-PW-200.

De **Pratt & Whitney F135**. Het prototype van deze motor vloog in december 2006. Het is een turbofan met naverbranding voor de Lockheed F-35 Lightning II. Zonder naverbranding geeft hij 28.000 lbf stuwkracht en met 42.700 lbf.

**CFM 56**, dit is een reeks high-bypass turbofans met stuwkracht gaande van 18.400 lbf tot 33.700 lbf, gebouwd door CFM International, een joint-venture tussen Safran (Snecma) en General Electric. Het eerste succes kwam in 1980 met de hermotorisatie van de USAF KC-135 tankervloot. Verder vinden we ze terug op Airbus A320 & A340 en Boeing 737.

De **General Electric GE90**. De General Electric GE90, een turbofan met een maximale stuwkracht van 114.600 lbf die voor het eerst draaide in 1993. Wordt voornamelijk gebruikt op de Boeing 777.

### Turbofan

Les turbofans diffèrent des turbojets par leur fan supplémentaire, situé avant le compresseur. Ce fan accélère une partie de l'air, qui est conduit autour du turbojet interne. Ce courant d'air supplémentaire augmente la poussée, contre seulement une petite consommation de kérosène pour le fonctionnement du fan. Fan et compresseur sont entraînés par des turbines séparées, à travers des axes concentriques. À vitesse subsonique, les turbofans sont plus efficaces que les turbojets, qui sont plus appropriés pour des vols supersoniques.

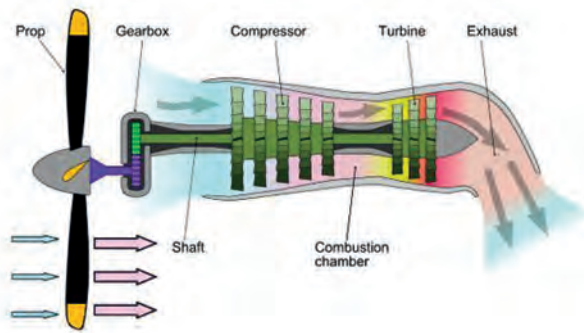
Quelques exemples :

Le **Pratt & Whitney F100-PW-220E**. C'est le moteur du F-16 actuel. Il s'agit d'un turbofan avec postcombustion qui délivre une poussée de 14.600 lbf sans et 23.800 lbf avec postcombustion. Il date de 1986 et est une évolution du moteur initial du F-16, le F100-PW-200.

Le **Pratt & Whitney F135**. Le prototype de ce moteur volait en décembre 2006. C'est un turbofan avec postcombustion destiné au Lockheed F-35 Lightning II. Sans postcombustion, il délivre une poussée de 28.000 lbf et avec 42.700 lbf.

Le **CFM 56**. Il s'agit d'une série de turbofans à grand bypass avec une poussée allant de 18.400 lbf à 33.700 lbf, produit par CFM International, une joint-venture entre Safran (Snecma) et General Electric. Le premier succès venait en 1980 avec la remotorisation de la flotte des ravitailleurs KC-135 de l'USAF. On les retrouve aussi sur les Airbus A320 et A 40 et le Boeing 737.

Le **General Electric GE90**. Un turbofan avec une poussée maximale de 114.600 lbf qui tournait pour la première fois en 1993. Principalement utilisé sur le Boeing 777.



### Turboprop

De **Rolls-Royce Trent**, dit is de naam van een serie high-bypass turbofans. Ze ontwikkelen een stuwkracht gaande van 54.000 lbf tot 94.000 lbf en zijn in gebruik op Airbus A330, A340, A380 en Boeing 777 en 787.

### Turboprop

Bij een turboprop wordt de meeste energie door de turbine geabsorbeerd en gebruikt om een schroef aan te drijven. De uitgestoten gasstroom zorgt slechts voor een kleine bijkomende stuwkracht. Turboprops zijn het efficiëntst bij lage snelheden (tot 550 km/h).

Vertegenwoordigers van dit type zijn :

De **Rolls-Royce Dart**, waarvan er tussen 1952 en 1987 ongeveer 7.100 exemplaren zijn gebouwd. De motor is voortdurend verbeterd, zodat het vermogen van de laatste versies (RR Dart Mk 540) met 2.235 kW het dubbele bedroeg van de eerste exemplaren. Gebruikt in Breguet Alizé, Fokker F 27, Hawker Siddeley 748 en Vickers Viscount.

De **Allison T-56**. Sinds 1954 zijn hiervan meer dan 18.000 exemplaren geproduceerd. Het vermogen steeg met de jaren van 2.240 kW naar 3.900 kW. Gebruikt op Lockheed C-130, Lockheed P-3 Orion en Grumman E-2 Hawkeye.

De **Europrop International TP400-D6** werd speciaal ontwikkeld voor de A400M Atlas door een consortium bestaande uit MTU Aero engines, Safran, Rolls-Royce en Industria de Turbo Propulsores. Met zijn 8.200 kW is het een van de krachtigste turboprops ter wereld, enkel overtroffen door de Russische Kuznetsov NK-12 (11.185 kW) en Ivtchenko-Progress D-27 (10.400 kW).

### Naverbranding

Bij militaire jets injecteert men soms bijkomende brandstof na de turbine. De verbranding hiervan, naverbranding genoemd, zorgt voor een grote toename van de stuwkracht,



### Naverbranding / Postcombustion

Le **Rolls-Royce Trent**. C'est le nom d'une famille de turbofans à grand by-pass. Leur poussée va de 54.000 lbf à 94.000 lbf et on les retrouve sur les Airbus A330, A340, A380 et les Boeing 777 et 787.

### Turboprop

Dans un turboprop, la plupart de l'énergie est absorbée par la turbine et utilisée pour entraîner une hélice. Le jet sortant ne livre qu'une petite poussée additionnelle. Les turboprops sont le plus efficient à vitesse basse (jusqu'à 550 km/h).

Des représentants de ce type sont :

Le **Rolls-Royce Dart**, dont on a produit environ 7.100 exemplaires entre 1952 et 1987. Le moteur a continuellement été amélioré, ainsi la puissance des dernières versions (RR Dart Mk 540) qui produit 2.235 kW est le double de celle des premiers moteurs. Utilisé sur : Breguet Alizé, Fokker F 27, Hawker Siddeley 748, Vickers Viscount.

Le **Allison T-56**. Depuis 1954, on en a produit plus de 18.000 exemplaires. Au fil des années, la puissance augmentait de 2.240 kW à 3.900 kW. On le retrouve sur Lockheed C-130, Lockheed P-3 Orion et Grumman E-2 Hawkeye.

Le **Europrop International TP400-D6** a été conçu pour le A400M Atlas par un consortium formé par MTU Aero engines, Safran, Rolls-Royce et Industria de Turbo Propulsores. Développant 8.200 kW, il est un des turboprops les plus puissants au monde, seulement devancé par les moteurs russes Ivtchenko-Progress D-27 (10.400 kW) et Kuznetsov NK-12 (11.185 kW).

### Postcombustion

Dans le cas des jets militaires, on injecte parfois du carburant supplémentaire après la turbine. La combustion de ce carburant, appelée postcombustion, augmente fortement la poussée, mais entraîne également une grande con-



Qinetiq Zephyr

maar ook voor een enorm meerverbruik. Deze techniek wordt dan ook alleen in kritieke vliegfasen gebruikt.

## Een elektrische toekomst?

### Nieuwe ontwikkelingen honderd jaar na de eerste pioniers

In deze eenentwintigste eeuw wint de strijd tegen CO<sub>2</sub> uitstoot en geluidsoverlast steeds meer aan belang. Het hoeft dan ook niet te verwonderen dat organisaties als ICAO, EASA en NASA in dit domein actief zijn. Een van de pistes die zij bewandelen is de elektrische vliegtuigpropulsie. Elektrische motoren hebben inderdaad een aantal voordelen : ze stoten geen broeikasgassen uit<sup>1</sup>, ze zijn licht, stil, en betrouwbaar en ze hebben een veel hoger rendement dan thermische motoren<sup>2</sup>. Anderzijds zet de beperkte capaciteit van de batterijen<sup>3</sup> toch een belangrijke rem op de ontwikkeling van elektrische vliegtuigen.

Net zoals honderd jaar geleden de prille luchtvaart een snelle ontwikkeling meemaakte lopen er ook nu heel wat projecten in het domein van de elektrische propulsie, met vaak heel innovatieve ontwerpen<sup>4</sup>. Veel van deze initiatieven zijn experimentele onderzoeksprojecten, andere worden voortijdig stopgezet en enkele leiden tot een (beperkte) productie. Feit is dat het een zeer dynamische sector is waar toekomstmuziek in zit. De meeste projecten betreffen UAS (Unmanned Aerial Systems), motorzwevers, lichte vliegtuigen voor initiële vliegopleiding en VTOL air taxi's.

1. Voor zover de elektriciteit voor het laden van de batterij op een "groene" manier opgewekt wordt.

2. Het rendement van thermische motoren bedraagt 30 - 35 %, dit van elektrische 90 - 95 %.

3. 1 liter kerosene levert evenveel energie als 16 kg batterijen.

4. Het volstaat een blik te werpen op de website van de ICAO: Electric and Hybrid Aircraft Platform for Innovation.



Hélios

sommatie aanvullend. Deze techniek wordt dan ook alleen in kritieke vliegfasen gebruikt.

## Un futur électrique ?

### Une nouvelle évolution cent ans après les premiers pionniers.

En ce vingt-et-unième siècle, la lutte contre les émissions de CO<sub>2</sub> et contre les nuisances sonores arrive de plus en plus au premier plan. Il n'est alors pas étonnant que des organisations comme l'OACI, l'AESA et la NASA s'intéressent à cette problématique. Une des pistes qu'ils explorent est la propulsion électrique. Les moteurs électriques présentent en effet quelques avantages : ils n'émettent pas des gaz à effet de serre<sup>1</sup>, ils sont légers et fiables, et leur rendement dépasse de loin celui de moteurs thermiques<sup>2</sup>. D'autre part, il est un fait que le développement des avions électriques est freiné par la capacité limitée des batteries<sup>3</sup>.

Tout comme lors de l'évolution rapide de la jeune aviation il y a cent ans, on compte aujourd'hui de nombreux projets dans le domaine de la propulsion électrique avec une approche parfois très innovatrice<sup>4</sup>. Beaucoup de ces initiatives se situent dans le domaine de la recherche expérimentale, d'autres sont arrêtées prématurément et quelques-unes mènent à une production de série (limitée). Mais il est un fait que c'est un secteur très dynamique, orienté vers le futur. La plupart des projets concerne des UAS (Unmanned Aerial Systems), des planeurs motorisés, des avions légers destinés à l'écolage de base et des taxis aériens VTOL.

1. À condition que l'électricité utilisée pour charger les batteries soit verte.

2. Le rendement des moteurs thermiques est de 30 - 35 %, celui des moteurs électriques 90 - 95 %.

3. 1 litre de kérosène fournit autant d'énergie que 16 kg de batteries.

4. Il suffit de consulter le site web de l'OACI : Electric and Hybrid Aircraft Platform for Innovation.



Solar Impulse 2



X-57 Maxwell

### Enkele voorbeelden

- **Unmanned Aerial Vehicles (UAV's)**

- o **Helios Prototype**, een door zonne-energie aangedreven, vliegende vleugel met een spanwijdte van 75 m. Het gewicht bedroeg slechts 2 ton en het werd aangedreven door 14 motoren van 1,5 kW elk. Op 23 augustus 2001 bereikte het een recordhoogte van 29.524 m. Op 26 juni 2003 werd het toestel vernietigd door een crash veroorzaakt door slechte weersomstandigheden.

- o **Qinetiq Zephyr** een High-Altitude Long Endurance UAS aangedreven door twee elektrische motoren van elk 0,45 kW, gevoed door zonnecellen. Het toestel heeft een spanwijdte van 22,5 m en weegt slechts 53 kg. Van 9 tot 23 juli 2010 vestigde het een record duurvvlucht van 336 uur.

- **Bemande vliegtuigen**

- o **De Solar Impulse 2** is een experimentele eenzitter waarmee André Borschberg en Bertrand Piccard tussen 9 maart 2015 en 26 juli 2016 in 17 etappes rond de wereld vlogen. Het toestel weegt 2,3 ton, heeft een spanwijdte van 72 m en wordt aangedreven door 4 elektrische motoren van elk 13,5 kW en gevoed door 17.248 zonnecellen. De kruissnelheid bedraagt 60 tot 90 km/u. Typisch voor elektrisch aangedreven vliegtuigen is het hoge gewicht van de batterijen : de vier lithium-ion batterijen van 40 kWh elk wegen samen 633 kg, meer dan een kwart van het totaalgewicht.

- o Om de elektrische propulsie te onderzoeken ontwikkelt de NASA de experimentele **X-57 Maxwell**. Dit toestel is gebaseerd op de lichte tweemotorige Tecnam P2006T. In de uiteindelijke versie wordt de oorspronkelijke vleugel vervangen door een kleinere "high-aspect" vleugel uitgerust met 12 kleine elektrische liftmotoren en 2 elektrische propulsie motoren. Bij lage snelheid genereren de liftmotoren de draagkracht, wat een oppervlaktereductie met 40 % mogelijk maakt. Eens de kruissnelheid van 280 km/h bereikt, worden ze stilgelegd en vouwen de vijfbladige propellers dicht om de

### Quelques exemples

- **Unmanned Aerial Vehicles (UAV)**

- o **Le Hélios Prototype** est une aile volante propulsée par l'énergie solaire avec une envergure de 75 m. La masse n'était que de 2 tonnes avec 14 propulseurs de 1,5 kW chacun. Le 23 août 2001, l'engin a atteint l'altitude record de 29.542 m. Le 26 juin 2003, il fut détruit dans un accident provoqué par de mauvaises conditions météorologiques.

- o **Le Qinetiq Zephyr** est un High-Altitude Long Endurance UAS, propulsé par deux moteurs électriques de 0.45 kW chacun et alimentés par des cellules solaires. L'appareil a une envergure de 22.5 m et ne pèse que 53 kg. Du 9 au 23 juillet 2010, il a établi un record d'endurance avec un vol de 336 heures.

- **Avions pilotés**

- o **Le Solar Impulse 2** est un monoplace expérimental avec lequel André Borschberg et Bertrand Piccard ont fait le tour du monde en 17 étapes entre le 9 mars 2015 et le 26 juillet 2016. L'avion pèse 2.3 tonnes et est propulsé par 4 moteurs électriques de 13.5 kW chacun qui sont alimentés par 17.248 cellules solaires. La vitesse de croisière est de 60 à 90 km/h. Le grand poids des batteries est typique pour les avions électriques : les quatre batteries lithium-ion de 40 kWh chacune pèsent au total 633 kg, ce qui est plus que le quart du poids de l'avion.

- o Afin d'explorer la propulsion électrique, la NASA développe le **X-57 Maxwell expérimental**. L'avion est basé sur le bimoteur léger Tecnam P2006T. Dans sa version finale, l'aile originale sera remplacée par une aile à grand allongement, équipée de 12 petits moteurs électriques créant la portance et 2 moteurs électriques pour la propulsion. À basse vitesse, les 12 petits moteurs génèrent de la portance, ce qui permet une réduction de surface alaire de 40 %. Une fois la vitesse de croisière atteinte, soit 280 km/h, ils sont



**Pipistrel Velis Electro**

luchtweerstand te verminderen. De twee propulsie motoren van elk 60 kW zorgen dan voor de voortstuwing. Hun gering gewicht (53 kg) laat toe ze te monteren op de vleugeltippen, waardoor men de energie die anders verloren gaat in de vleugeltipvortex recupereert. De nodige energie wordt geleverd door 390 kg lithium-ion batterijen die samen een capaciteit van 70 kWh hebben. De grondtesten zijn afgerond en de testvluchten zijn voorzien om te beginnen in 2021.

o **Velis Electro**: dit is een kleine tweezitter, geproduceerd door de Sloveense firma Pipistrel en bedoeld als lestoestel voor de initiële vliegopleiding. Op 10 juni 2020 zorgde het voor een primeur door als eerste elektrisch vliegtuig een EASA type-certificatie te behalen. Het is ook een van de weinige toestellen dat al de stap heeft gezet van projectontwikkeling naar commerciële uitbating; in januari 2021 melde Pipistrel dat het al 111 toestellen had geleverd en nog orders had voor 70 meer. De Velis Electro wordt aangedreven door een elektromotor van 57 kW, gevoed door een batterijpak met een capaciteit van 25 kWh. De kruissnelheid bedraagt 170 km/h en het heeft een autonomie van 50 minuten.

• **Luchttaxi**

o De **Lilium Jet** is een eVTOL<sup>5</sup> luchttaxi met zeven plaatsen<sup>6</sup>, ontworpen door de Duitse firma Lilium GmbH. Het wordt aangedreven door 36 elektromotoren, waarvan 6 in elk van de voorste vleugels en 12 in elke achterste vleugel. Een eerste onbemande testvlucht had plaats op 4 mei 2019. De ontwerpers mikken op een kruissnelheid van 280 km/h op een hoogte van 3.000 m en een autonomie van 60 minuten. Ze hopen de serieproductie te kunnen starten in 2024. Deze doelstellingen lijken in ieder geval zeer ambitieus en men kan zich afvragen of deze niet zullen moeten bijgesteld worden.

5. Electrical Vertical Take-Off and Landing.

6. Zes passagiers en één piloot. Lilium plant om de piloot na verloop van tijd overbodig te maken en het toestel te automatiseren



**Lilium Jet**

arrétés, et les hélices à cinq pales se replient pour diminuer la résistance de l'air. Les deux moteurs de propulsion (60 kW) suffisent alors. Comme ils sont légers (53 kg), il est possible de les monter au bout de l'aile et de récupérer ainsi l'énergie du vortex de bout d'aile qui autrement serait perdue. L'énergie nécessaire est fournie par 390 kg de batteries lithium-ion avec une capacité totale de 70 kWh. Les essais au sol sont terminés et les essais en vol sont prévus pour 2021.

o **Velis Electro** : c'est un petit biplace, produit par la firme slovène Pipistrel et destiné comme appareil pour l'écolage de base au pilotage. Le 10 juin 2020, le Velis Electro obtenait comme premier avion électrique au monde la certification de type par la AESA. C'est également un des rares avions électriques qui a franchi le stade de développement vers l'exploitation commerciale ; en janvier 2021, la firme Pipistrel a annoncé avoir déjà livré 111 appareils et avoir des commandes pour 70 supplémentaires. L'avion est propulsé par un moteur électrique de 57 kW, alimenté par des batteries d'une capacité de 25 kWh. La vitesse de croisière est de 170 km/h avec une autonomie de 50 minutes.

• **Taxi aérien**

o Le **Lilium Jet** est un taxi aérien eVTOL<sup>5</sup> avec 7 places<sup>6</sup>, développé par la firme allemande Lilium GmbH. Il est propulsé par 36 moteurs électriques, dont 6 dans chaque aile avant et 12 dans chaque aile arrière. Un premier vol d'essai a eu lieu le 4 mai 2019. Le constructeur vise une vitesse de croisière de 280 km/h à 3.000 m d'altitude et une autonomie de 60 minutes. Il espère commencer la production en série en 2024. Ces objectifs semblent en tous cas très ambitieux et on peut se poser la question s'ils ne devront pas être revus à la baisse.

5. Electrical Vertical Take-Off and Landing.

6. Six passagers et un pilote. Lilium prévoit au cours du temps de rendre le pilote superflu et d'automatiser l'appareil.