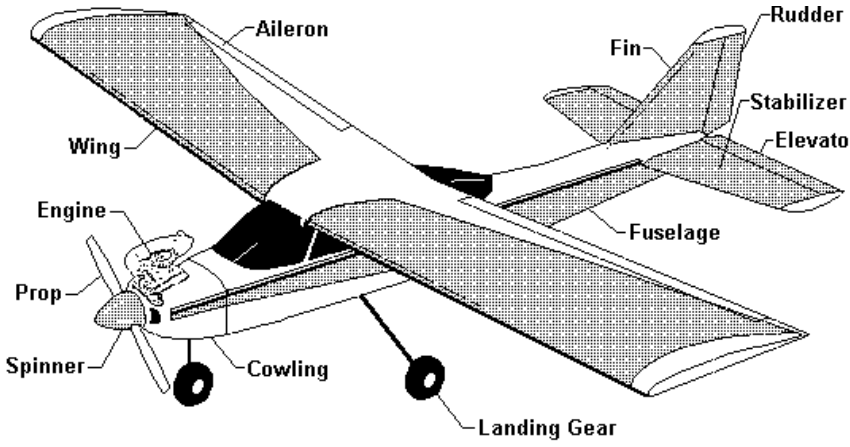
الفصل الثانى

مركبات أثقل من الهواء

١- الطائرة الثابتة الأجنحة **fixed wing airplane** :

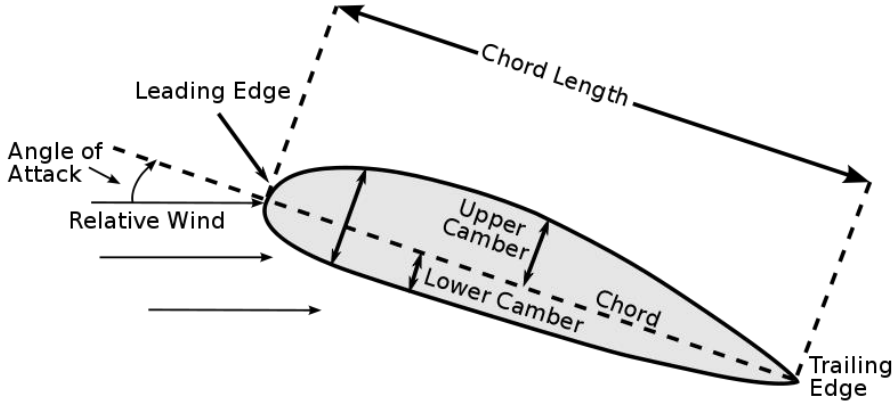
تتكون كل الطائرات . فيما عدا القليل من الطائرات التجريبية . من نفس الأجزاء الرئيسية. وهذه الأجزاء هي :

1. الجناح **wing**
2. البدن (الجسم(**fuselage**
3. مجموعة الذيل **tail assembly (empennage)**
4. جهاز الهبوط **undercarriage**
5. المحرك. **Engine**



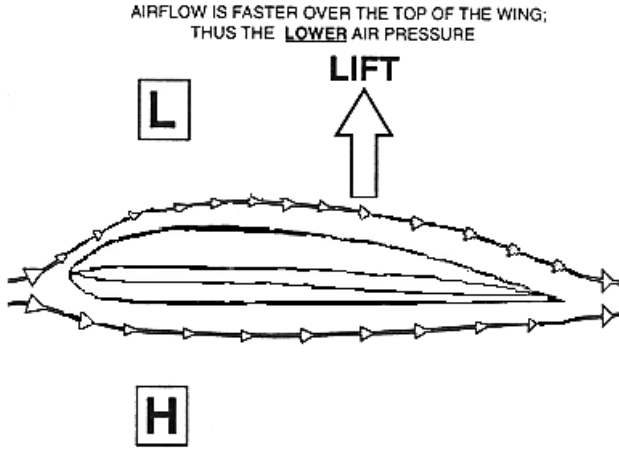
الجناح :

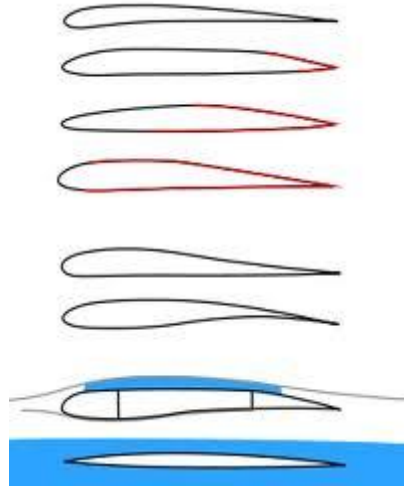
يمتد جناح الطائرة إلى الخارج من كل جانب من جانبي الطائرة. للجناح شكل يدعى شكل السطح الانسيابى الحامل **airfoil shape** .للجناح حافة أمامية مستديرة و أكثر سمكا و حافة خلفية أقل سمك و بينهما يوجد سطح سفلى و سطح علوى ذو انحناء و لكن السطح العلوى يكون أكثر انحناء يدعى ذلك بالتحدب **camber**

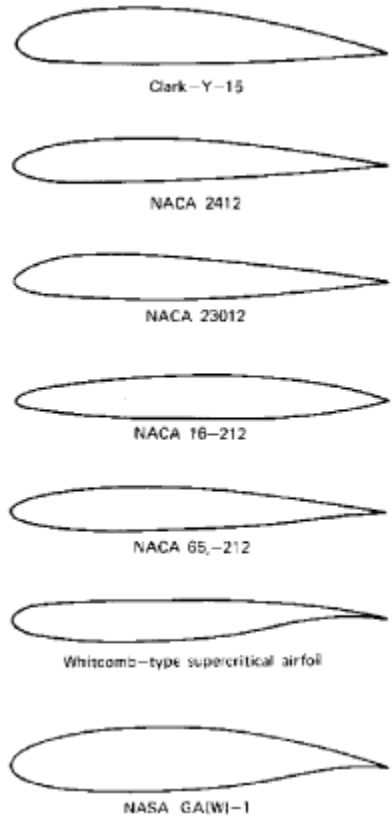


Airfoil

يستفيد الشكل الانسيابى الحامل من مبداء برنولى **Bernoulli principle** بما أن السطح العلوى للجناح اكثر تحدبا من السطح السفلى فان الهواء يسير على السطح العلوى بسرعة اكبر من السطح السفلى و هذا يجعل ضغط الهواء فى الاسفل اكبر منه فى الاعلى مما يولد الرفع .


AIRFLOW IS FASTER OVER THE TOP OF THE WING;
THUS THE LOWER AIR PRESSURE
LIFT
L
H
AIRFLOW IS SLOWER UNDERNEATH THE WING; THEREFORE,
THE AIR PRESSURE IS GREATER/HIGHER





أشكال مختلفة من السطح الانسيابي

تعتمد كمية الرفع التى يولدها الجناح على خمسة أشياء :

١- الشكل الانسيابي للجناح **airfoil shape**

٢- مساحة و شكل الجناح .

٣- زاوية الهجوم **angle of attack** .

٤- كثافة الهواء .

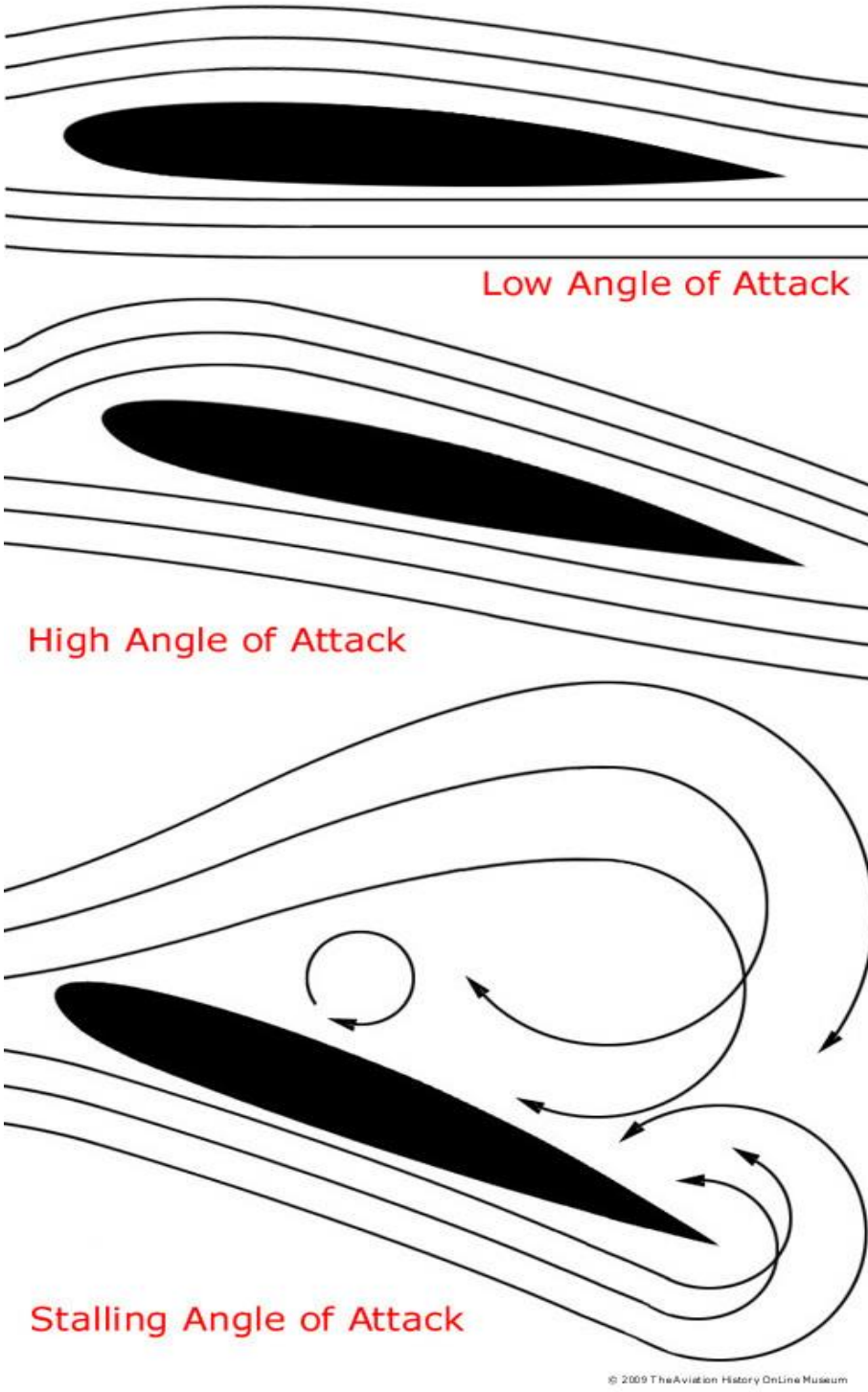
٥- سرعة الطيران .

الشكل الانسيابى للجناح :

يستخدم الشكل الانسيابى لاحداث أقصى رفع ممكن .أن وضع صفيحة منبسطة بزاوية هجوم معينة يولد رفع و لكنه ايضا يولد اعاقة .أظهرت الابحاث أن الشكل الانسيابى **airfoil** يولد رفع أكثر و اعاقة أقل من الشكل المسطح **flat** .أيضا الحافة الامامية المستديرة **rounded** والخلفية الحادة تضيف لزيادة الرفع و قلة الاعاقة .

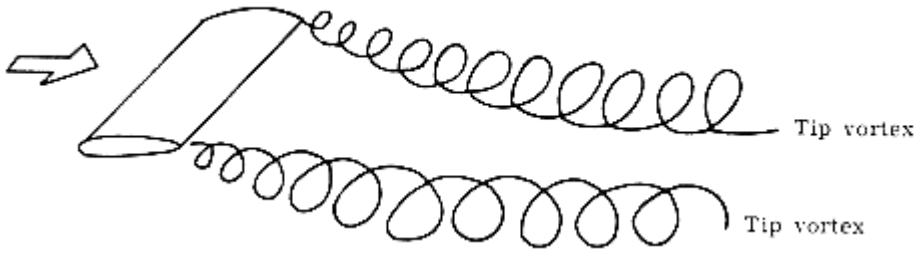
Airfoil shape

الاشكال المختلفة من الاسطح الانسيابية تولد كميات مختلفة من الرفع و الاعاقة .و بوجه عام الطائرات ذات السرعات المنخفضة و المتوسطة لها أسطح انسيابية ذات سمك و تحدب أكبر من الطائرات ذات السرعات العالية .فى عام ١٩٤٠ قامت وكالة **NACA** بأبحاث عن أشكال الاسطح الانسيابية المختلفة وإلى الان تستخدم نتائج هذه الابحاث عند تصميم الطائرات الجديدة .


Low Angle of Attack
High Angle of Attack
Stalling Angle of Attack
© 2009 The Aviation History On Line Museum

مساحة و شكل الجناح :

ان الجناح يولد الجزء الاكبر من رفع الطائرة و لكنه ايضا يولد اعاقة .الهواء المتدفق فوق الجناح يميل للتدفق للداخل نحو بدن الطائرة و الهواء المتدفق أسفل الجناح يميل للتدفق للخارج و عندما يلتقى كلا التياران عند الحافة الخلفية فانهما يكونان عمود دوامى من الهواء يمتد من طرفى الجناح و يدعى دوامات طرف الجناح **wingtip vortex** .تحدث هذه الدوامات الكثير من الاعاقة .

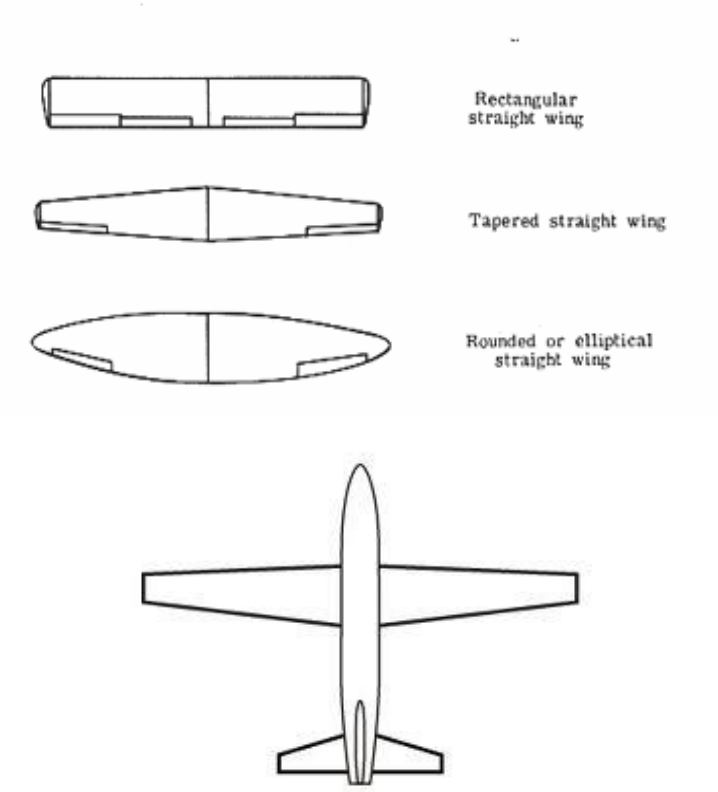


وجد المصممون أن الاجنحة ذات النسبة الباعية **aspect ratio** الكبيرة تقلل الاعاقة .النسبة الباعية تساوى طول الجناح على عرضة .

$$\frac{\text{Length of wing}}{\text{Width of the wing}} = \frac{\text{span}}{\text{chord}} = \text{aspect ratio}$$

أن شكل الجناح يؤثر بطريقة كبيرة على أداء الطائرة و على قدرات المناورة لديها و على سرعتها .يوجد ثلاث أشكال أساسية للجناح المستقيم و و المرتد و جناح دلتا .

الجناح المستقيم يوجد فى معظم الطائرات الصغيرة ذات السرعات المنخفضة حيث أنه يعطى أقصى رفع فعال فى سرعة منخفضة و لكنه غير مجدى فى السرعات العالية التى تقترب من سرعة الصوت .

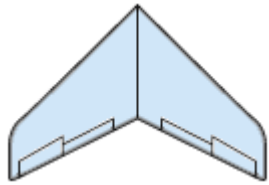


أشكال من الجناح المستقيم

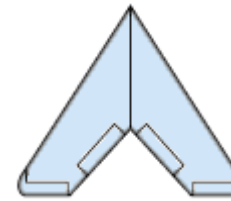
الجناح المرتد يوجد فى معظم الطائرات الحديثة ذات السرعات العالية حيث انه يوفر اقل اعاقة **drag** و يؤخر تطور الموجة الصدمية عند الاقتراب من سرعة الصوت و لكنه غير مستقر فى السرعات المنخفضة .

Slight Sweepback Wing

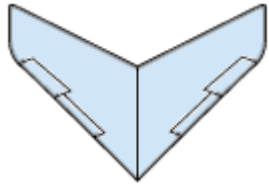
Moderate Sweepback Wing



Great Sweep back Wing

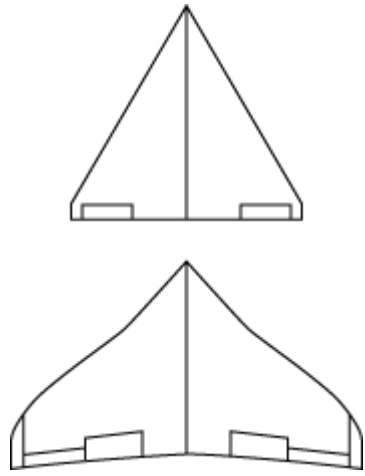


Forward Sweep Wing



جناح دلتا هو نوع من أنواع أجنحة الطائرات على شكل مثلث ذو ارتداد عالى و حافة خلفية مستقيمة يركب على الطائرات المصممة لبلوغ السرعات الفوق صوتية. سمي جناح دلتا نسبة إلى الحرف اليوناني دلتا والذي يشبه شكل المثلث. طور الجناح لأول مرة في ألمانيا بواسطة "إليكساندر ليبش" قبل الحرب العالمية الثانية مع أن ايا من تصميماته لم يشهد تطبيقا واسعا. قام بالانتقال بعد الحرب إلى الولايات المتحدة حيث عمل بشركة كونفير لصناعة الطائرات. بعد الحرب أصبح الجناح دلتا بلا ذنب تصميما مفضلا للطائرات ذات السرعات العالية واستخدم بشكل كبير أيضا في شركة داسو الفرنسية في معظم (أو تقريبا كل) طائراتها. كما استخدمت عدد من الطائرات البريطانية الجناح دلتا مثل القاذفة أفرو فولكان. كما طور نوع أخر من أجنحة الدلتا حيث

أضيف إليه ذنب فسمي دلتا بذنب، واستخدم في العديد من الطائرات السوفييتية مثل الميج-٢١، السوخوي-٩، السوخوي-١١ والسوخوي-١٥ وبنيت عشرات آلاف الوحدات من هذه الطائرات.



جناح دلتا

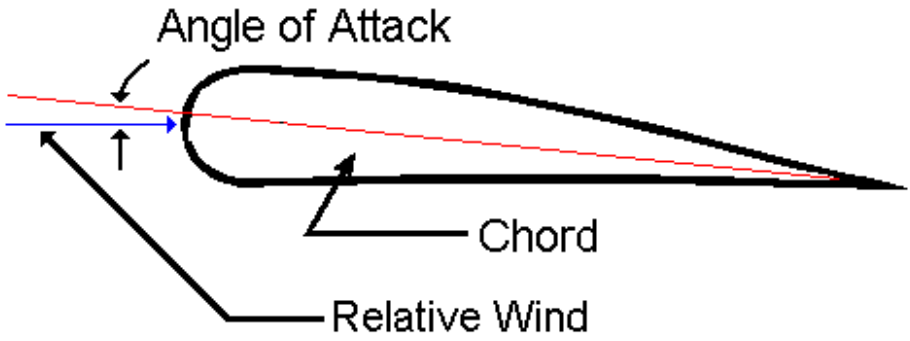
تعد الميزة الرئيسية للجناح دلتا أن حافته تظل وراء موجة الصدمة التي يولدها أنف الطائرة عند الطيران بسرعات فوق صوتية ويعد هذا تحسينا هاما عن الجناح العادي. ومع أن هذه الميزة تنطبق أيضا على الأجنحة المرتدة للوراء بشدة، إلا أن الجناح دلتا يمتد بكل طول جسم الطائرة تقريبا مما يجعله أقوى من الجناح المرتد الذي يتصل بسجم الطائرة في مساحة أقل. وبشكل عام يكون الجناح

دلتا أقوى من الجناح المرتد للخلف الشبيه به كما يوفر الجناح دلتا للطائرة حجما يمكنها من حمل وقود داخلي أكثر وأماكن تخزين أخرى.

من مميزاته أيضا، أنه كلما زادت زاوية الهجوم، تشكل حافة الجناح دوامة تبقى ملتصقة بالسطح العلوي للجناح مما يعطيه زاوية مناورة عالية جدا. كما أن الجناح العادي المصمم للسرعات العالية، عادة ما يكون خطرا في السرعات البطيئة، ولكن عند استخدام الجناح دلتا، يتغير الجناح تبعا للدوامة التي تنشأ فوق سطحه، مما يجعله مناسبا للسرعات العالية والمنخفضة.

من المميزات أيضا هي سهولة تضنيع الجناح، المتانة ومساحة داخلية كبيرة لتخزين الوقود أو المعدات الأخرى. وبسبب بساطة الجناح، من الممكن تصنيعه بصلابة شديدة (حتى لو كان رفيعا بشكل كبير) كما أنه سهل التصنيع ورخيص نسبيا. كل هذه العوامل أدت إلى نجاح الطائرات ميج-٢١ وميراج III. من عيوب الجناح (تلحظ خصوصا في التصميمات القديمة التي بلا ذنب) هي خسارة جزء كبير من الطاقة والسرعة عند الانعطاف بالطائرة مما يعد أحد العيوب في المناورات الجوية وعراك الكلاب **dog fighting** .

زاوية الهجوم او الهبوب :

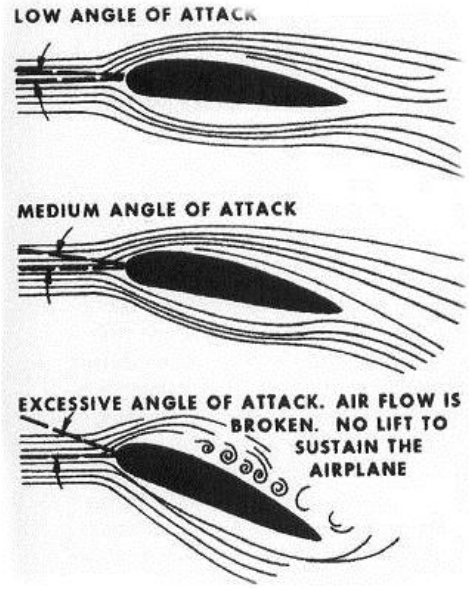


الزاوية بين خط الوتر و تيار الهواء القادم تدعى بزاوية الهجوم .يزداد الرفع بزيادة زاوية الهجوم طالما أن تيار الهواء يتدفق بسلاسة فوق و تحت أسطح الجناح و لكن اذا زادات زاوية الهجوم لدرجة أن الهواء يعجز عن التدفق بسلاسة و يفشل فى اتباع سطح الجناح فيحدث انفصال لتيار الهواء .لكل جناح زاوية هجوم معينة على سرعات محددة عندها يتفصل تيار الهواء عن السطح و يتوقف الجناح عن توليد الرفع تسمى هذه الزاوية زاوية الانهيار **stall angle** .

قوة الرفع لجناح تتعلق مباشرة مع زاوية المواجهة، كلما زادت الزاوية كلما زادت قوة الرفع (وهذا بسبب زيادة المسافة التي تقطعها التيارات فوق الجناح ما يسبب فرقا في الضغط بين فوق وتحت الجناح فيؤدي إلى نشوء قوة رافعة للأعلى)، ويبقى ذلك صحيحا حتى الوصول إلى درجة القطيعة أين تتراجع.

زاوية الهجوم الحرجة:

هي زاوية المواجهة التي لا يعود عندها الهواء يجري بسلاسة كافية فوق السطح العلوي للجسم الطائر.



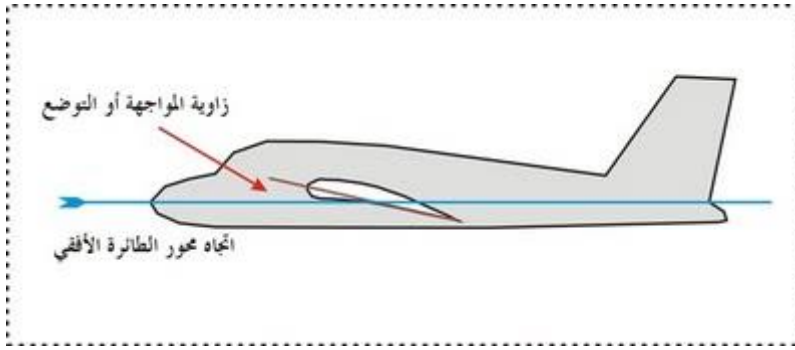
الفرق بين زاوية الهجوم وزاوية المواجهة:

أن زاوية الهجوم (**Angle of Attack**)هي الزاوية المحصورة بين اتجاه السريان أو اتجاه انسياب الهواء –النسبي– (**Relative Air Flow**)، ووتر المقطع الانسيابي للجناح (**Aerofoil wing section**) أو الجناح. أو يمكننا القول إن زاوية الهجوم هي الزاوية التي يحتاجها الجناح أو الطائرة لإنتاج قوة الرفع (**Lift**

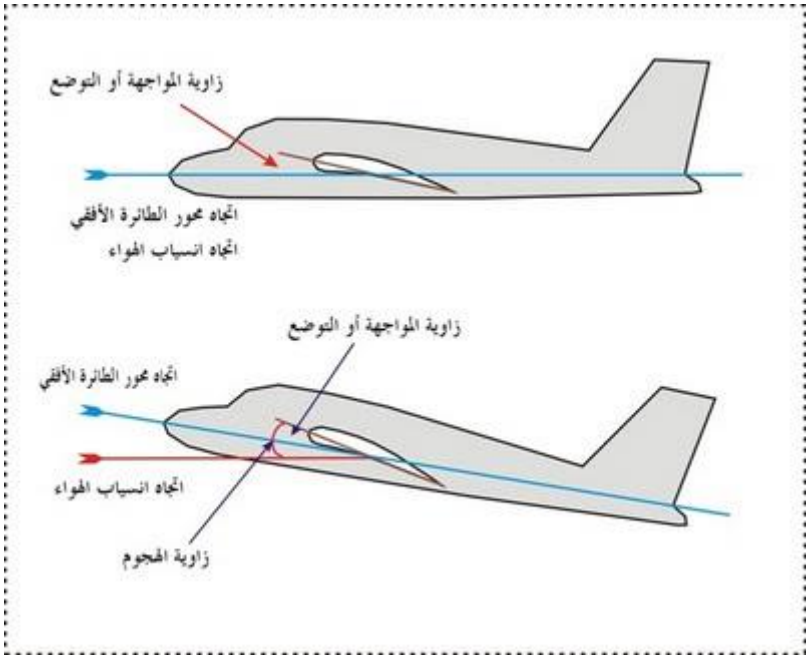
force) اللازمة لرفع أو حمل الطائرة. لذا فهي وظيفياً تختص بقوى حركية للهواء **(Aerodynamics force).**

زاوية المواجهة– زاوية التوضع **(Incidence Angle)**

أما زاوية المواجهة، فتعرف بالزاوية المحصورة بين وتر المقطع الانسيابي للجناح أو الجناح، والخط الأفقي المرجعي للطائرة **(Line datum)**. وأما وظيفياً، فهي الزاوية التي يواجه بها الجناح أو يتوضع بها الجناح على الطائرة، بمعنى الزاوية التي يثبت بها الجناح للطائرة.



من الأشياء التي يمكن ملاحظتها، أنها يمكن لهاتين الزاويتين أن يتساويا، وهذا الظرف يحدث عندما يكون اتجاه انسياب الهواء موازياً للخط الأفقي المرجعي للطائرة، كما يحدث عند حركة الطائرة على مدرج الإقلاع **(Runway)**، لكن عند ارتفاع مقدمة الطائرة، فإن زاوية الهجوم تبدأ بالتغير، حيث تزداد قيمتها، بينما تظل قيمة زاوية المواجهة ثابتة.

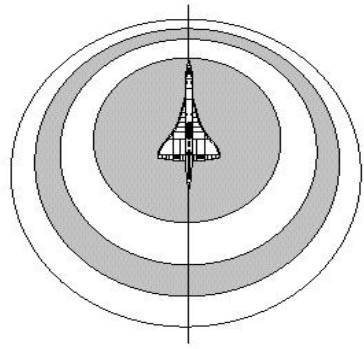


كثافة الهواء :

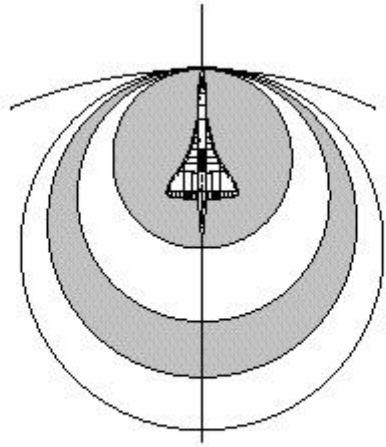
تقاس كثافة الهواء بمدى انضغاط جزيئاته .تكون جزيئات الهواء متقاربه فى الطبقات السفلى من الغلاف الجوى عنها فى الطبقات العليا .عندما يوجد الكثير من جزيئات الهواء فمن السهل توليد الرفع و العكس صحيح .و لذلك من الاسهل الطيران فى الطبقات القريبة من الارض نظرا لزيادة الكثافة بها . كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر (مثل المناطق الجبلية المرتفعه)كلما قلت كثافة الهواء وقل رفع الطائرة . عندما تتفير درجة الحرارةوضفط الهواء تتغير كثافة الهواء فضغط منخفض مع درجة حرارة مرتفعه يؤدي الى تمددالهواء الذي يحدث نقصا في كثافة الهواء فع الطائرة.

سرعة الطيران :

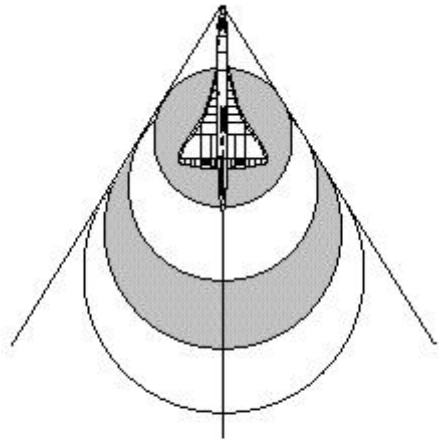
عندما تتحرك الطائرة فى الهواء فانها تخلق موجات ضغطية مثلما يفعل حجر يرمى فى الماء فانه يشكل حلقات حوله . وعندما تطير الطائرة بسرعة الصوت أو سرعة عبر صوتية فانها تواجه هذه الموجات .و هذا يقلل الرفع .



AIRPLANE FLYING SLOWER THAN THE SPEED OF SOUND WITH PRESSURE WAVES MOVING OUT FROM AROUND IT.



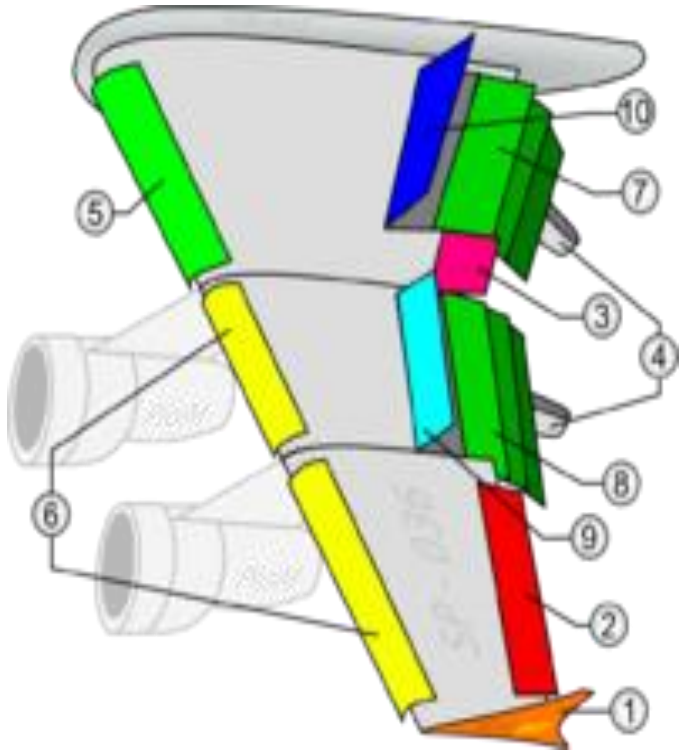
AIRPLANE FLYING AT THE SPEED OF SOUND WITH PRESSURE WAVES BUILDING UP AT THE AIRPLANE'S NOSE TO FORM A SHOCK WAVE



AIRPLANE FLYING AT SUPERSONIC SPEED WITH SHOCK WAVES MOVING AWAY AND BEHIND THE AIRPLANE, REACHING THE GROUND WITH A SONIC BOOM.

أجزاء الجناح

الرسم البياني التالي يوضح أجزاء الجناح ومسمياتها:



أسطح التوجيه بالجناح:

١- طرف الجناح و عليه الزعنفة الطرفية. **wing tip and Winglets**

٢- جنيح للسرعة المنخفضة. **Low Speed Aileron**

٣- جنيح للسرعة العالية. **High Speed Aileron**

٤- عمود مانع للصدمة الموجية. **Flap track fairing**

٥- قلاب كروجر (**Krüger flap**).

٦- السدفة أو الستر (**slat**).

٧- ثلاث قلابات داخلية مشقوقة. **Three slotted inner flaps**

٨- ثلاث قلابات خارجية مشقوقة. **Three slotted outer flaps**

٩- مفسد الرفع (**Spoilers**).

١٠- مفسد الرفع- فرامل جوية . **-Air brakesSpoilers**

wing body أو جسم الجناح عبارة عن هيكل معدني مجوف وفى هذا التجويف توجد خزانات الوقود ويغلف الجناح صفائح الالمونيوم المحشوه بـ **honeycomb** أى خلية النحل وهى مادة من الفايبر جلاس التي تتميز بخفة وزنها وقوة أكبر من قوة الفولاذ. و **fule tanks** (خزانات الوقود) تكون داخل تجويف الجناح وتنقسم الى أكثر من خزان تحتوي على طرمبات ضخ للوقود وعوامات قياس كمية الوقود وأيضا محابس الوقود .

slats وتقع في مقدمة الجناح وتستخدم قبل الاقلاع والهبوط وذلك لزيادة مساحة الأجنحه فهي تزيد من معامل الرفع والدفع من خلال انسيابية مرور الهواء فوق السطح العلوي للجناح ذات الشكل((المقعر)) ونتيجه لهذه الحركة الانسيابيه للهواء على السطح العلوي تقل الضغط مقارنة بالسطح السفلي ويتم تحريك الـ **slats** بموتور تدفعه قوة من الهواء أو الهيدروليك أو الكهرباء حسب نوع الطائره أما **flaps** فتقع في مؤخرة الجناح وهي تستخدم نفس الـ

slats وتحرك بنفس الطريقه وبعد الأقلاع يتم ارجاعها الى وضعها الطبيعي وذلك لأنها لاتتحمل ضغوط الهواء الـ **air loads** ويتم التحكم بهما عن طريق الـ **flap l slat handle** .

engine pylon تقع على الجناح وهو الجزء الذي يثبت فيه المحركات .

hf antenna:- تقع هوائي الـ **hf antenna** في طرف الجناح .

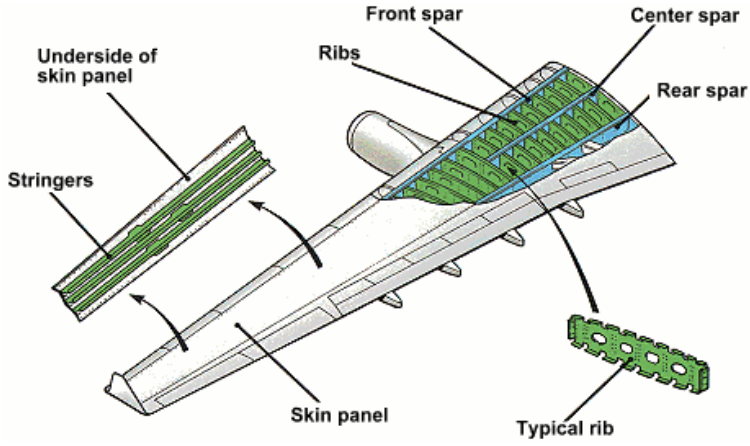
fule panal:- وهي تقع على الجناح أيضا وهو مكان تعبئة الوقود بحسب الطائره .

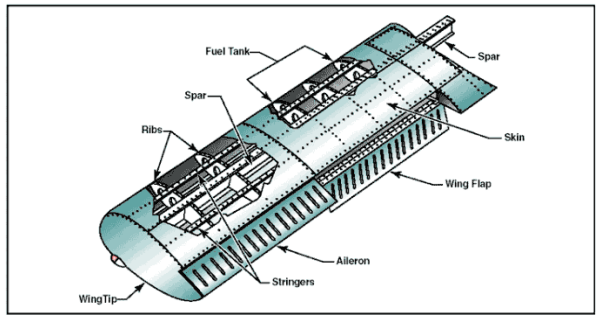
static wigs:- وهي عباره عن عصيات صغيره بطول ١٥ سم تقريبا تستخدم لتفريق الشحنات الكهربائيه في حال حصول صواعق البرق .

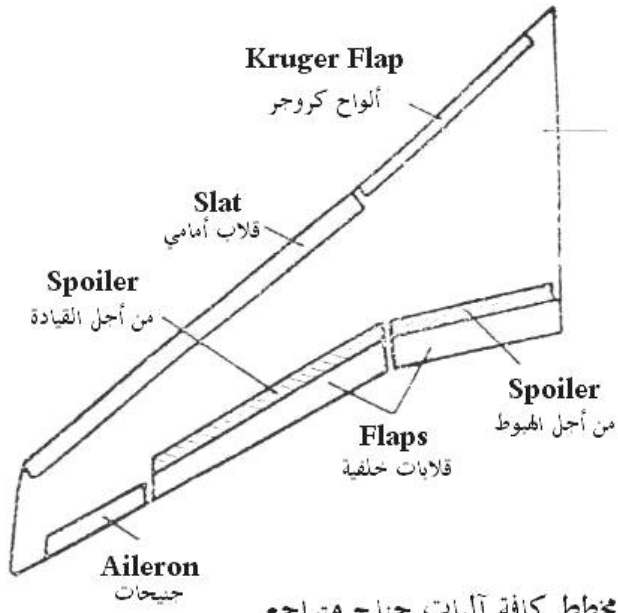
fule dump valves:- وهي محبس تفريق الوقود وتستخدم عند الحاجه لتفريق الوقود في حالات الهبوط الاضطراري .

landing light:- وهي لمبات المدرج للهيوط .

logo light:- وهي لمبات اضاءة علامة الشركه على الذيل.


Front spar
Center spar
Underside of skin panel
Ribs
Rear spar
Stringers
Skin panel
Typical rib


Fuel Tank
Spar
Spar
Ribs
Skin
Wing Flap
Aileron
Stringers
WingTip

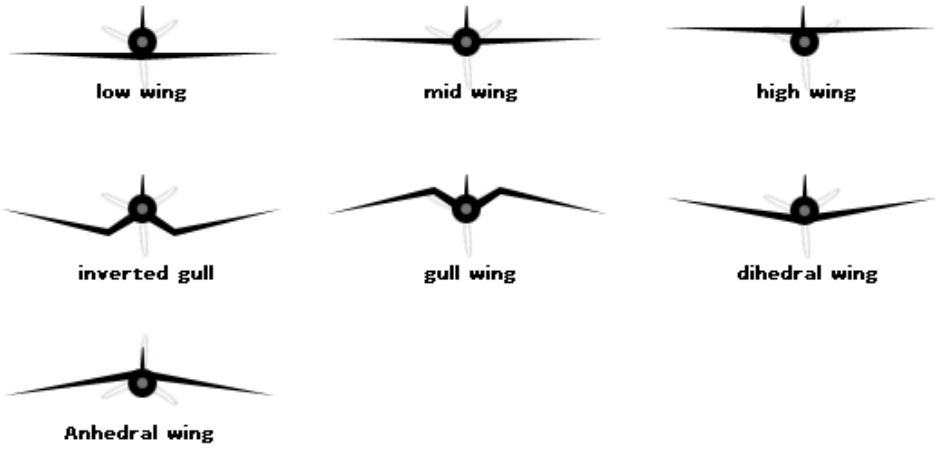


مخطط كافة آليات جناح متراجع

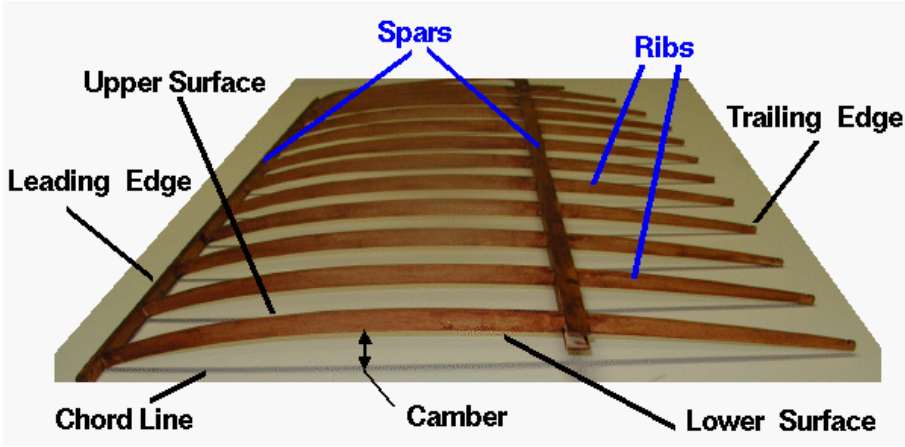
وتُصنع معظم أجنحة الطائرات من المعادن مثل الفولاذ و التتانيوم أو سبائك الالومنيوم. وللجناح هيكل يتركب من قوائم طولية، وأضلاع عرضية. ويغطي الهيكل بغطاء رقيق يصنع عادة من سبيكة ألومنيوم. (السبيكة خليط من الفلزات) ومعظم الطائرات لها أجنحة كابولية مثبتة تماما في الجسم.

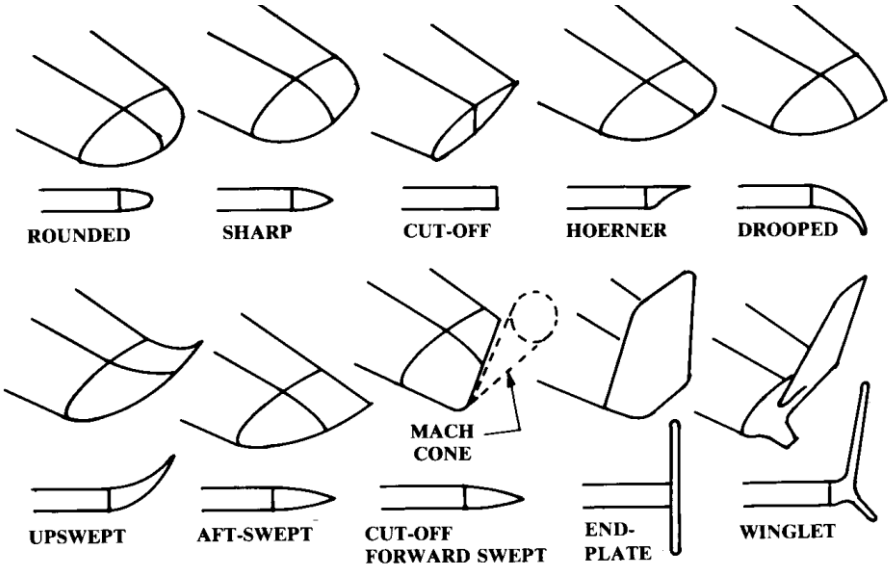
وفي معظم الطائرات تكون الأجنحة سفلية التثبيت، أي أنها مثبتة في الجزء الأسفل من بدون الطائرة. إلا أنه توجد طائرات ذات أجنحة وسطى، حيث

تثبت قرب منتصف علو جانب الجسم. كذلك هناك طائرات ذات أجنحة عليا، حيث تثبت الأجنحة قرب الحافة العليا للجسم. والأجنحة المستقيمة تصنع الحافة الأمامية لها زاوية قائمة مع الجسم.



وتثبت المحركات . في كثير من الطائرات . إما فوق الأجنحة أو داخلها. وتوجد المحركات داخل غلاف معدني مغلق يسمى كِنَّة المحرك، يوجد عادة أسفل الجناح. وتتسع أيضًا معظم الأجنحة في داخلها لاحتواء خزانات الوقود وجهاز الهبوط. وتتوزع أنواع مختلفة من كشافات الإنارة على أجنحة الطائرة. فيوجد عند كِل من طرفي الجناح ضوء ملاحي ملون، أو ضوء تحديد للموقع. فالضوء الموجود عند طرف الجناح الأيسر يكون ذا لون أحمر، أما الضوء الموجود عند الطرف الأيمن فيكون أخضر اللون. وعند رؤية هذين الضوئين، يمكن . من اللمحة الأولى . تحديد اتجاه سير الطائرة.





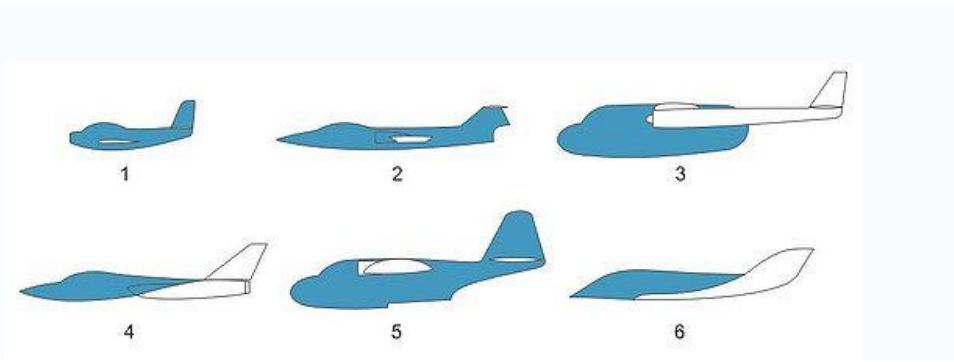
أشكال أطراف الجناح

البدن (fuselage) :

إنّ بدن الطائرة (عن الفرنسية fuselé " على هيئة مغزل") هو الجزء الرئيسى فى الطائرة الذي يحوى الطاقم والمسافرين و\أو البضائع. في الطائرات

ذات المحرك الواحد يثبت هذا المحرّك عادة فى البدن، بالرغم من أنه في بعض الطائرات البرمائية، المحرّك الوحيد يثبت على برج معدني ببدن الطائرة الذي تباعا يستعمل كهيكل عائم . يستخدم بدن الطائرة أيضا لوضع أسطح الإستقرار و التحكم بطريقة تحكمها علاقات معيّنة مع أسطح الرفع.

انواعه :



١: دون سرعة الصوت

٢: سرعة عالية / أسرع من الصوت

٣: استيعاب عالى دون سرعة الصوت

٤: مناورة عالية أسرع من الصوت

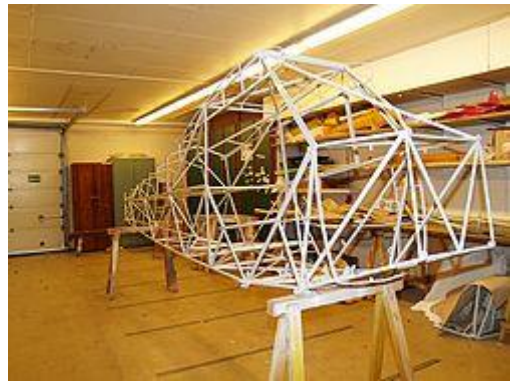
٥: مركب طائر (طائرة مائية)

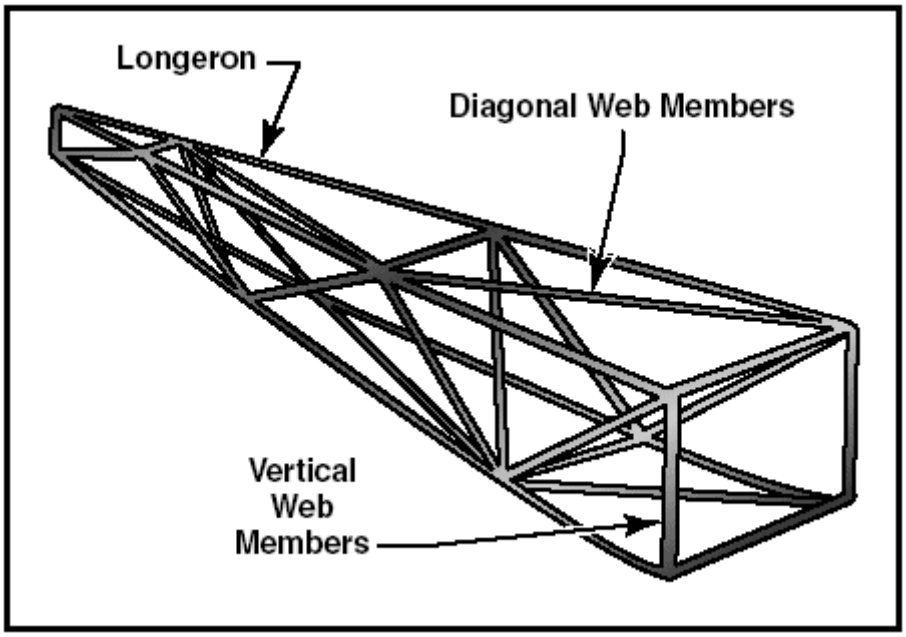
٦: هيبيرسونيك (فرط صوتى أى أكثر من ٥ ماخ)

أنواع هيكل البدن :

الهيكل الجملونى structuretruss

العناصر الهيكلية تشبه عناصر تركيب الجسور المعدنية حيث يتم التركيز على إستعمال عناصر ربط مستقيمة كحواف المثلثات. و يكتمل الشكل الايروديناميكى بعناصر إضافية تدعى المشكلات و الاضلاع الطولانية **formers and stringers** ثمّ يغطّى الهيكل بالنسيج و يدهن. إستعملت أكثر الطائرة المبكّرة هذه التقنية بالخشب الذى يربط بالسلك وهذا النوع من التركيب ما زال قيد الإستعمال في العديد من طائرات الوزن الخفيف.

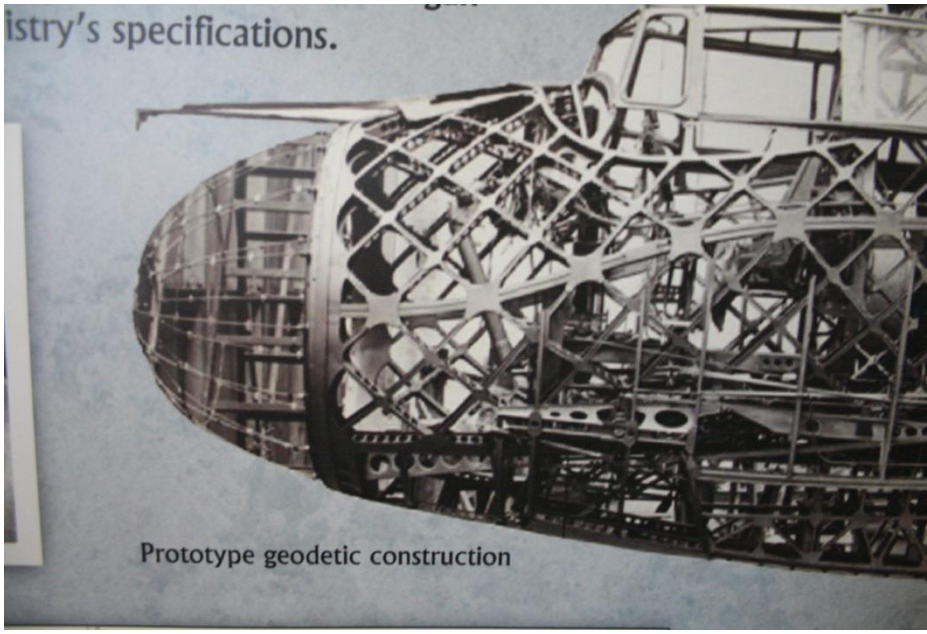


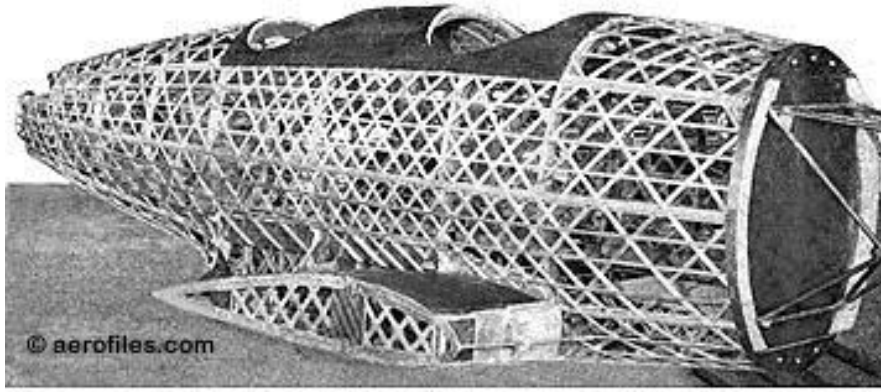


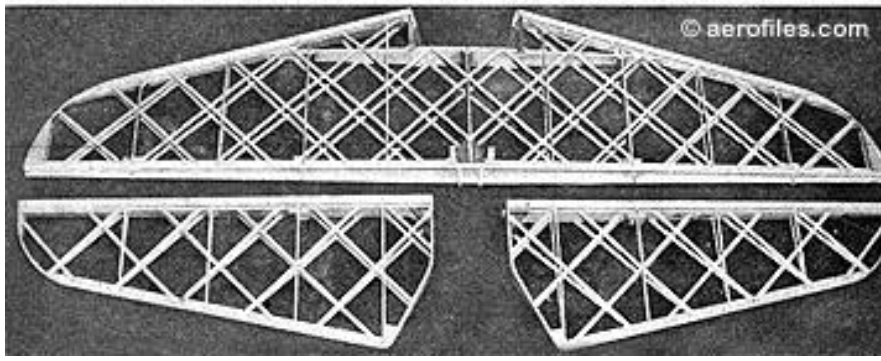
بنية جيوديسية Geodesic construction :

استخدمت العناصر الهيكلية الجيوديسية من قبل بارنز والس فى طائرات الفايكرس البريطانية **Vickers** بين الحربين العالميتين وأثناء الحرب العالمية الثانية لتشكيل كلّ هيكل الطائرة، بما فى ذلك الشكل الديناميكي الهوائي. في هذا النوع تلف شرائط الاضلاع الطولية **stringers** حول المشكّلات **formers** في إتّجاهات حلزونية متعاكسة، تشكل ما يشبه سلة. أثبت هذا الهيكل صلابتة وقوتة وخفة وزنه حيث كان يصنع من الخشب. تم استعمال الألمنيوم فى هياكل مماثلة. يغطى القماش الهيكل لاكمال الشكل الديناميكى الهوائى (مثل طائرة **Wellington Vickers**). إنّ التطور المنطقيّ لهذا النوع من هياكل الطائرات

هو استعمال الخشب المصبوب، حيث توضع ألواح خشبية فى إتّجاهات مختلفة و تلصق لإعطاء نوع **monocoque** فى الاسفل.

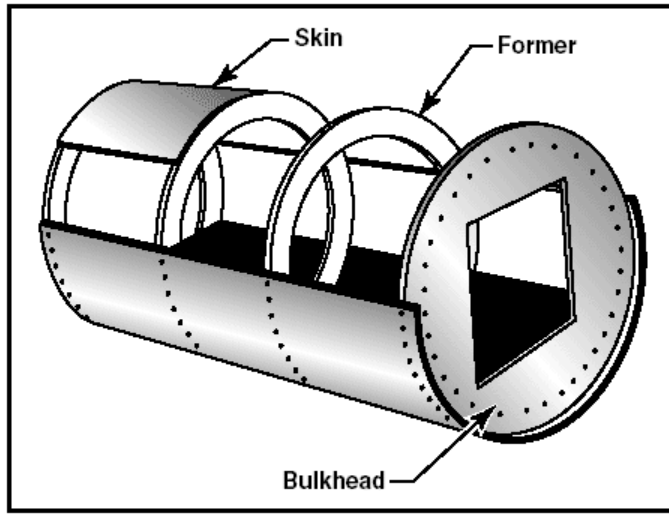


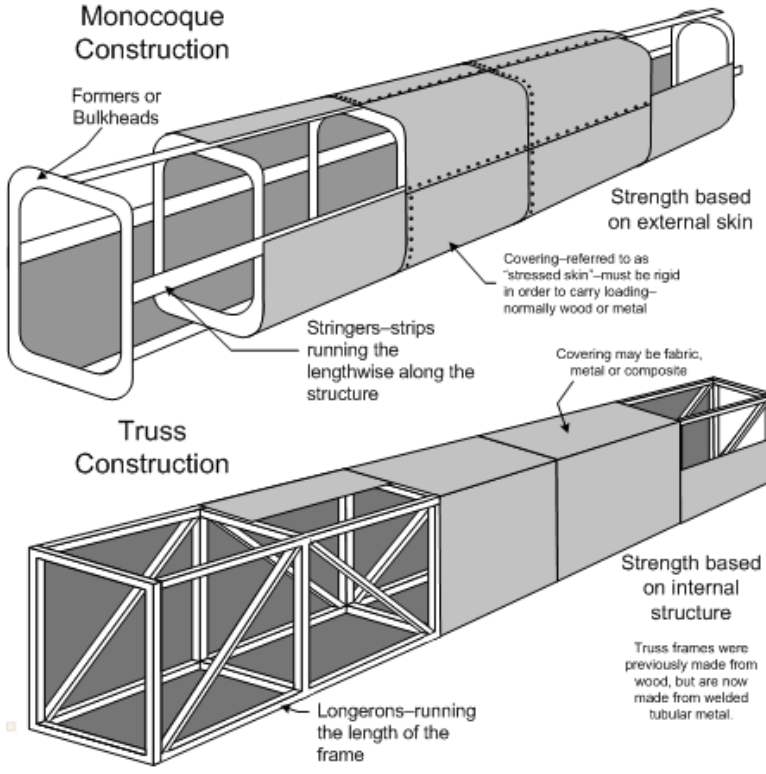


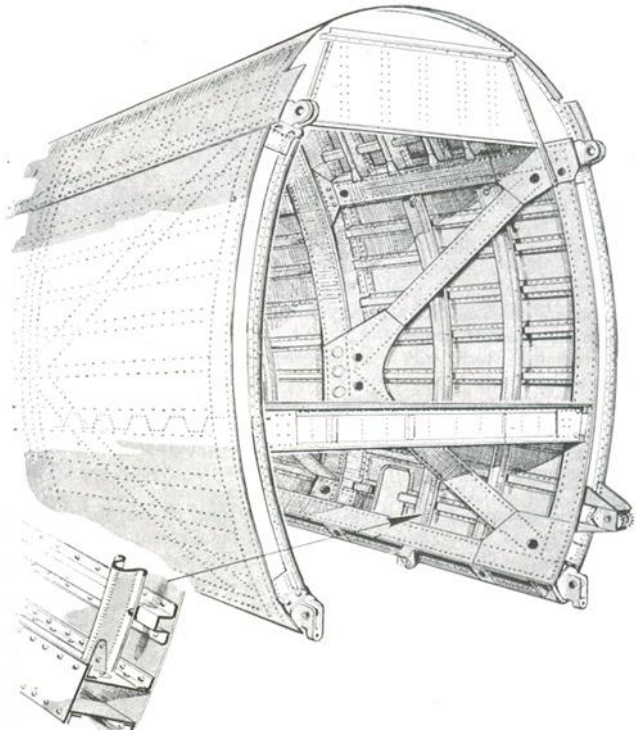


الهيكل القشرى Monocoque shell :

في هـذه الطريقـة، السـطح الخـارجي لهيكـل الطـائرة يكـون أيضـا الهيكـل الأساسي. الطائرة **Lockheed Vega** هى شكل مبكّر من هذا الهيكل حيث بنيت بإستعمال ألواح الخشب المتعاكسة المصبوبة،شكل تالي من هذا الهيكل استعمل قماش أليـاف زجاجيـة ملقّـح بالبولسـتر أو راتـنج الايبوكسـى. يجـب ملاحظة ذلانه لا يوجد هيكل طائرة قشرى **monocoque** تماما حيث يجب وضع عناصر تقوية لحمل الأحمال . ان إستعمال المواد المركّبة المصبوبة فى هيكل الطائرة امتد إلى طائرات المسافرين الكبيرة مثل البوينغ ٧٨٧ دريملنير.

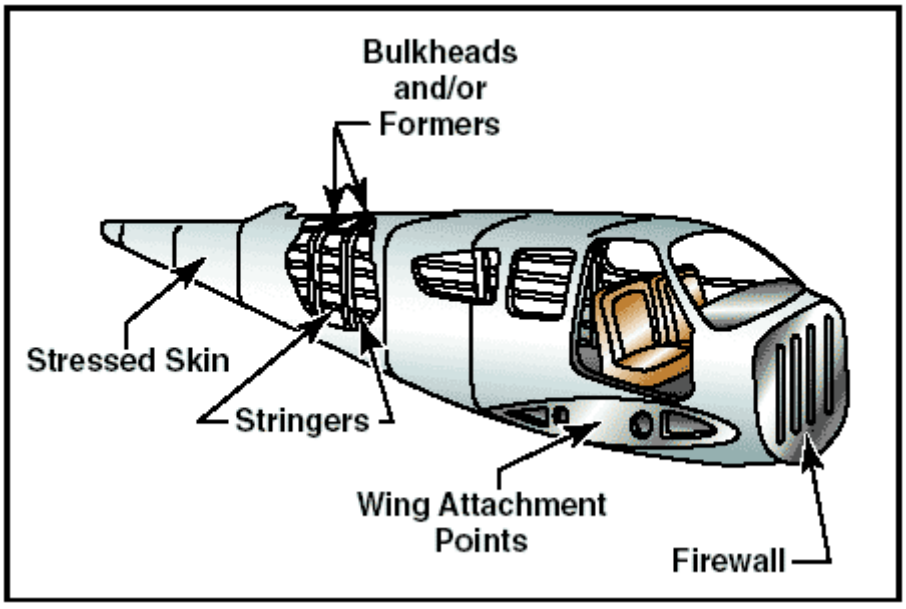

Skin
Former
Bulkhead

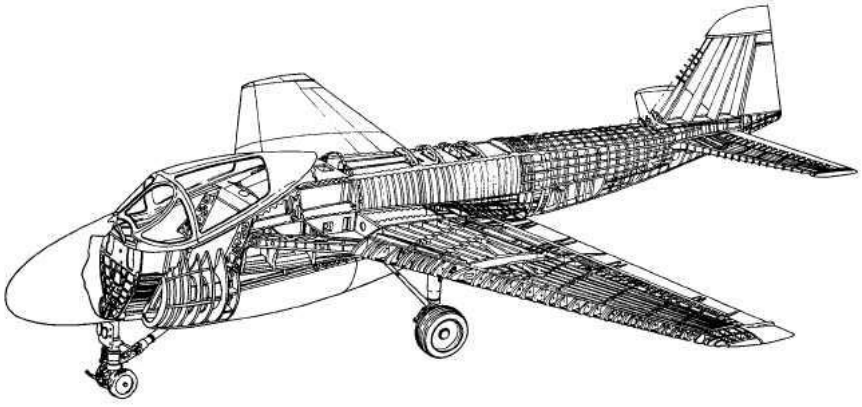

Monocoque Construction
Formers or Bulkheads
Strength based on external skin
Covering–referred to as "stressed skin"–must be rigid in order to carry loading–normally wood or metal
Stringers–strips running the lengthwise along the structure
Covering may be fabric, metal or composite
Truss Construction
Strength based on internal structure
Truss frames were previously made from wood, but are now made from welded tubular metal.
Longerons–running the length of the frame



نصف قشرى Semi-monocoque :

هيكل طائرة غلافه الخارجى غير ملائم لحمل الإجهادات الأساسيه و يقوى بإطارات و مشكلات و أضلاع طوليه . هذه هى الطريقة المفضّلة فى بناء هياكل الطائرات من الألمنيوم. أولا، توضع سلسلة من الإطارات في شكل مقطع هيكل الطائرة الموقع ثم تربط هذه الإطارات بواسطة عناصر طولية خفيفة الوزن تدعى اضلاع طولانية **stringers**. ثم تغطّى تباعا بصفائح ألمنيوم ، تربط هذه االواح بالتثبيت أو بمواد لاصقة خاصّة. معظم الطائرات الكبيرة الحديثة تبني بإستعمال هذه التقنية .


Bulkheads
and/or
Formers
Stressed Skin
Stringers
Wing Attachment
Points
Firewall



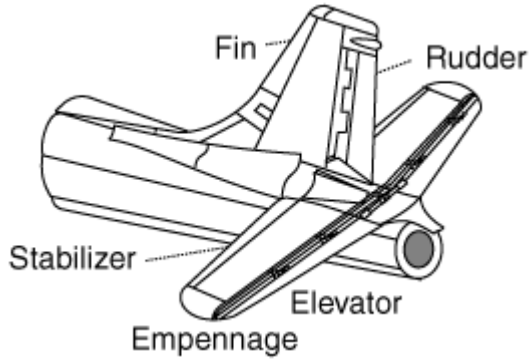
هناك استثناءات حيث يوجد ما يمسى بالجناح الطائر **flying wing** حيث لا يوجد بدن مميز و لكن البدن عبارة عن جزء سميك من الجناح و هناك ايضا طائرات ليس لها أجنحة حيث يستخدم البدن فى توليد لرفع .

يتدرج البدن القشرى و النصف قشرى تحت نوع البدن ذو العوارض **beam type fuselage** مع اضافة البدن ذى الدعامات الى هذا النوع **spars beam** حيث بتالف الاطار من دعامات طولانية و اضلاع عرضية و حلقات و يغطى بضفائح الديورالومين .و يمكن ان يكون البدن مختلط ايضا اى يكون الجزء الامامى جملونى و الخلفى ذو عوارض .

مجموعة الذيل . (tail assembly \ Empennage)هي:

الجزء الخلفي من الطائرة .وتساعد مجموعة الذيل على التحكم في قيادة الطائرة والمحافظة على اتزانها في الجو.أى يؤمن الإستقرار للطائرة و يتحكم فى الخطوة **pitch** و الانعراج . yaw ومعظم مجموعات الذيل تتكون من زعنفة ودفة رأسيتين، وموازن ورافعة أفقيتين .وتقف الزعنفة رأسيا ثابتة دون حركة، لتحافظ على مؤخرة الطائرة من التأرجح يمينًا أو يسارًا. وتثبت الدفة في الطرف الخلفي للزعنفة، وتتحرك في أي من الجانبين للتحكم في الطائرة أثناء الدوران.

ويشبه الموازن جناحًا صغيرًا مثبتًا عند الذيل، ويعمل على منع الذيل من



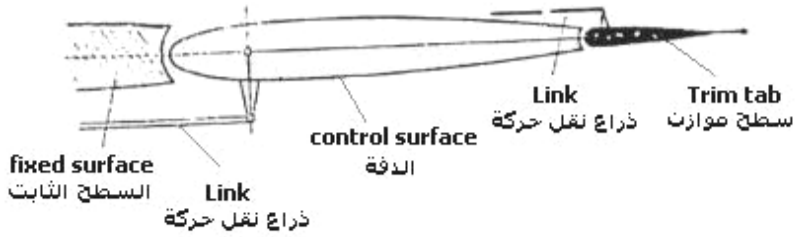
التذبذب إلى أعلى أو أسفل محافظًا على الاستقرار الأفقي للطائرة. وتثبت الرافعة في الطرف الخلفي للموازن، ويحركها الطيار إلى أعلى أو أسفل ليرفع أو ليُخفض مقدمة الطائرة هيكليا، الذيل يشمل كامل مجموعة الذيل، يتضمن ذلك الزعنفة، و ذيل الطائرة و الجزء من هيكل الطائرة الذي تثبت به مجموعة الذيل و فى الطائرات الكبيرة **airliner** تكون مجموعة الذيل كلّ سطوح التحكم والطيران وراء حاجز الضغط الخلفي **bulkhead**.و لكن فى الطائرات الفوق صوتيه يستخدم الذيل المتقدم **canard** حيث تكون مجموعة الذيل امام الجناح وتعتبر سطح رافع .

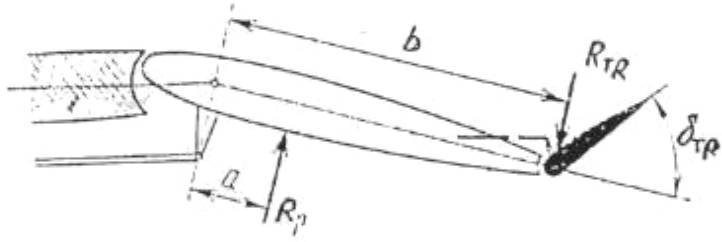
فى مقدمة الزيل، قسم ثابت عادة يدعى الموازن الأفقي **horizontal stabilizer** ويستعمل للموازنة و المشاركة فى رفع الأحمال معتمدا على إعتبارات مركز الثقل و ذلك بتقليص التذبذبات فى الخطوة **pitch** . القسم الخلفي يدعى الرافع **elevator** و يعلق مفصليا عادة على الموازن الأفقي. إنّ

الرافع هو سطح إنسيابى متحرّك يتحكم فى تغيّر في درجة الخطوة، بعض الطائرات تستخدم موازن و رافع في وحدة واحدة تعرف بـ**stabilator** .

تركيب الذيل العمودي (أو الزعنفة **fin**) له جزء أمامى ثابت يدعى الموازن العمودي **vertical stabilizer** ، يستعمل لتقييد حركة الطائرة من جانب الى آخر (الانعراج **yawing**). الجزء الخلفي للزعنفة العمودية هو الدفّة ،و هى سطح إنسيابى متحرّك يستعمل لدوران الطائرة بالتمازج مع الجنيح . وهناك طائرات يكون لديها ذيل على شكل حرف V وتجمع خصائص كلا من أسطح التوجيه الرافع والدفة معا. هناك طائرات تحتوي أجنحة تسمى دلتا ويكون سطح التحكم بنهاية الجناح ويسمى رافع خلفي **Elevon**. تستخدم فى بناء الذيل نفس العناصر الانشائية المستخدمة فى الجناح و هى العوارض **spars** و الاضلاع الطولية **stringers**، و الاضلاع العرضية **ribs** و الاسطح .إنّ مسجل صوت قمرة قيادة وصندوق تسجيل معلومات الطائرة في أغلب الأحيان يقعان في الذيل، لأن مؤخرة للطائرة تعطى حماية أفضل لهذه المعدات في معظم حوادث التحطّم.

Trim أو سطيح تعديل الموازنة ،سطح موازنة : سطوح صغيرة تستخدم للحفاظ على توازن واستقرار الطائرة عند انحراف أحد سطوح التحكم كالدفة مثلا .أى انها توجد لاراحة الطيار من الضغط المستمر على أدوات التحكم فى الرافعة والدفة .

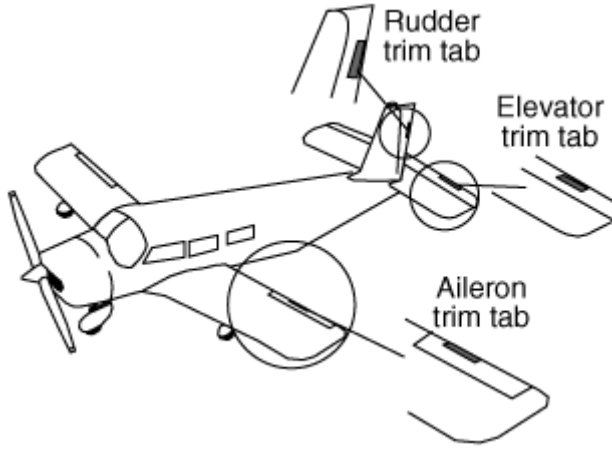




R_{TR} : القوى الآيرودينامية المؤثرة على Trim tab

R_p : القوى الآيرلودينامية المؤثرة على الدفة

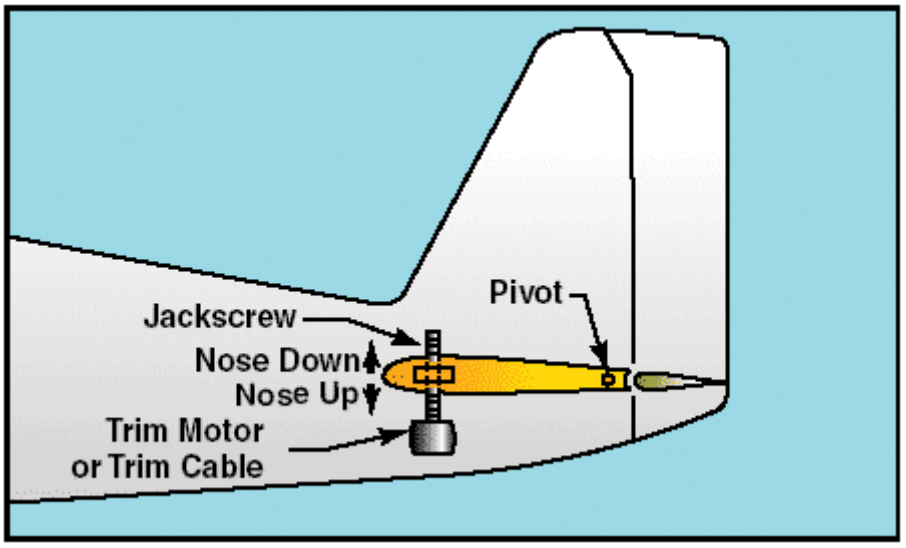
مخطط عمل Trimmer



انواعه :

Trim tab سطح موازنة على مؤخّرة الروافع أو الدفّة الذى يعمل لتغيير الحمل الديناميكي الهوائي على السطح. عادة يتم التحكم به من مقود قمرة القيادة أو ذراع الادارة .

adjustable stabilizer موازن قابل للتعديل حيث يثبّت الموازن في ساريته بمفصلات وبشكل قابل للتعديل يعلق بضعة درجات فى الميل أمّا فوق أو أسفل. عادة يتم التحكم به من ذراع ادارة قمرة القيادة .

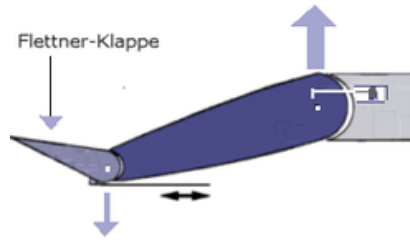


نظام **bungee** الذي يستعمل زنبرك لاعطاء قابلية لتعديل الحمل على أدوات التحكم. عادة يتم التحكم به من رافعة **lever** ادارة قمرة القيادة .

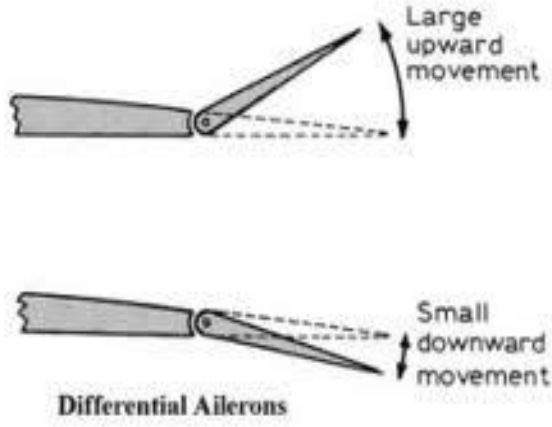
anti-servo tab سطح عكس مؤازر يستعمل لموازنة بعض الروافع و **stabilators** . عادة يتم التحكم به من مقود قمرة القيادة أو ذراع الادارة . وهو سطيح يعمل بطريقة معاكسة للسطيح الموازن. فهو يعمل بنفس اتجاه سطح التوجيه الرئيسي. فتحريك سطح التوجيه الرئيس له بعض الصعوبة يتطلب قوة أكثر من قبل الطيار، فهذا أحيانا يعطي نتائج عكسية ولكن استخدامه بالطائرات التي يكون التحكم سهل أو يتطلب توازن اضافي لمحاور الدوران. فميزة السطيح المعاكس أنه يرفع من التوازن ولكن يجعل التحكم أصعب من طرف الطيار. بعض الطائرات التي تطير بالرافع الموازن (**Stabilator**) يكون عمل الموازن المعاكس كآلة تعديل، ويسمى أحيانا بمصطلح سطيح توازن (**balance tab**).

servo tab سطح مؤازرة يستعمل لتحريك سطح التحكم الرئيسي، بالإضافة إلى استخدامة كسطح موازنة عادة يتم التحكم به من مقود قمرة القيادة أو ذراع الادارة . هو آلة مفصلية صغيرة تثبت بنهاية سطح التوجيه الرئيسي للمساعدة بتحريك سطح التوجيه خلال الطيران. السطيح الموازن يتحرك بالإتجاه المعاكس للسطح التوجيه الرئيسي. فموقع السطيح مهم جدا فهو قريب من الحافة الخلفية للسطح لذلك يتمكن من تحريك سطح التوجيه للإتجاه المعاكس، والفائدة من هذا الشيء هو تخفيف تحريك سطح التوجيه من

قبل الطيار، فيحرك السطيح ميكانيكيا والذي بدوره يحرك السطح الرئيسي (عادة يكون الجنيح أو الرافع) بالإتجاه المعاكس فيحقق المطلوب.



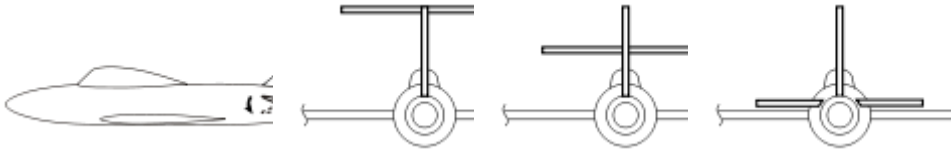
Servo tab



Servo and anti servo

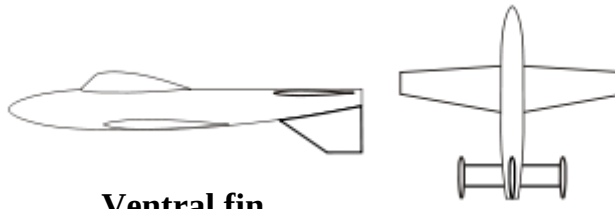
شكل الذيل : بالاضافة الى الشكل المألوف فى الصور السابقة يوجد انواع الترتيبات التالية :

الموازن الافقى و الروافع :



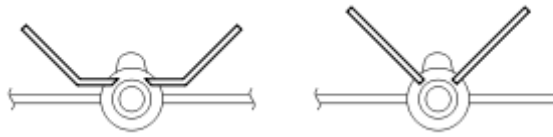
Flying tailplane **T-tail** **Cruciform** **Fuselage mounted**

الزعنفة و الدفة :

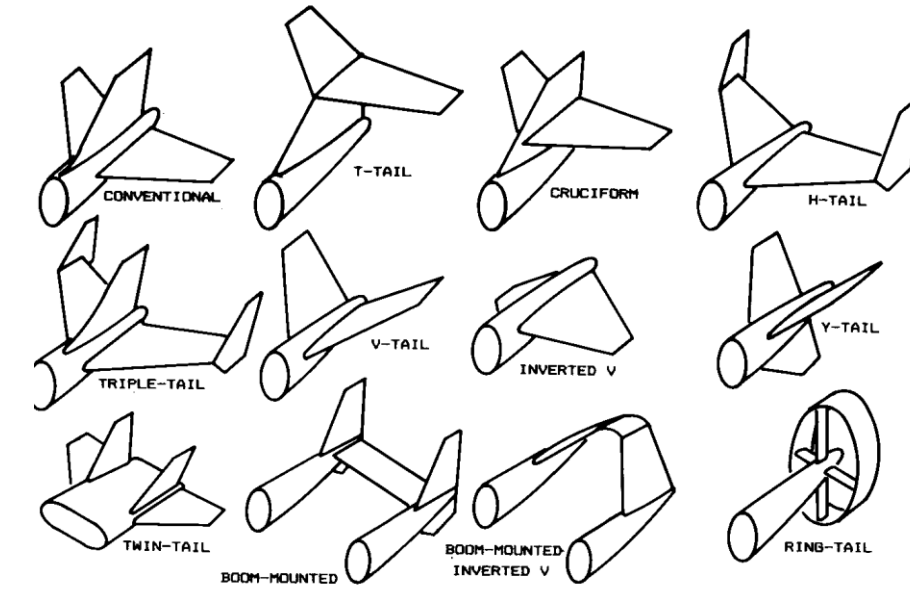


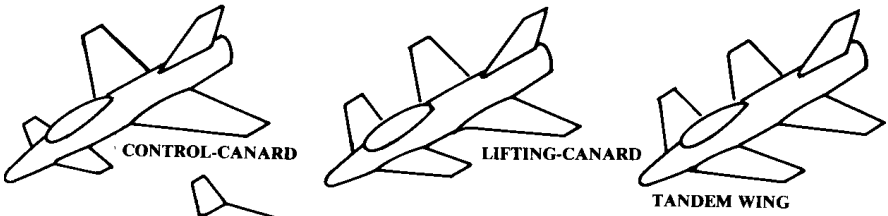
Ventral fin **Triple fins**

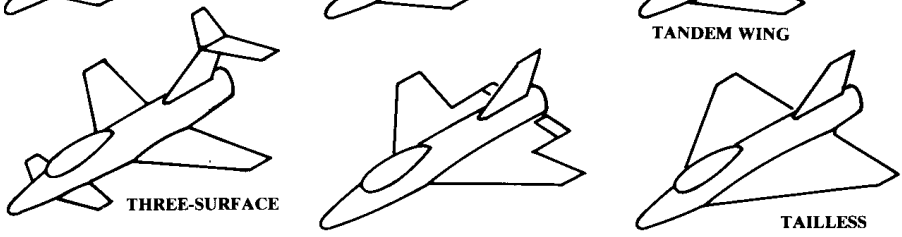
أشكال أخرى :

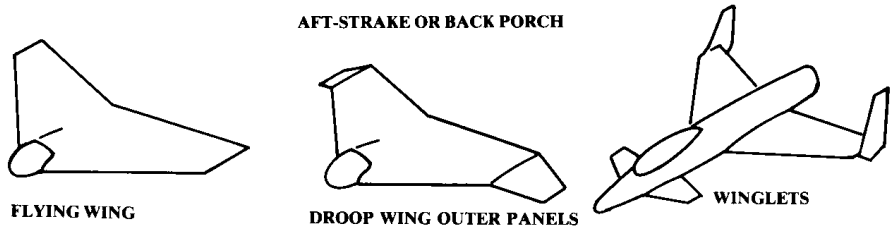


Pelikan tail **V-tail**









أشكال لمجموعة الذيل

جهاز الهبوط landing gear أو العربة السفلى :

تستخدم فى الاقلاع و الهبوط و سير و استقرار الطائرة على الارض و تختلف عجلات هبوط الطائرات عن العجلات المستخدمة في السيارات من حيث الشكل والميلان، حيث أن إطارات السيارات يتطلب منها العمل مدة طويلة وحمل أوزان كبيرة نوعاً ما وسرعة عالية لذلك توضع لها كمية قليلة من الميلان تكون تقريباً ١٢-١٤% ، أما بالنسبة لإطارات الطائرات يجب أن تكون قوية بما يكفي لتمتص الصدمات القوية عليها خلال الهبوط وأيضاً خلال السرعات العالية عند الإقلاع و فترة دوران الإطارات على الأرض محدودة لذلك نسبة ميلان الإطارات هي ٣٢ - ٣٥%.

أشكال جهاز الهبوط **configuration** :

هناك عدة أشكال لجهاز الهبوط يمكن تقسيمها على أساس ارتكازه فمن أجل تأمين استقرار الطائرة يلزم على الأقل ثلاث نقاط ارتكاز و من هنا يمكن أن تصنف الإشكال كالتالي :

١-ارتكاز زيلي (أو جهاز هبوط تقليدي **conventional (tail wheel landing gear**.

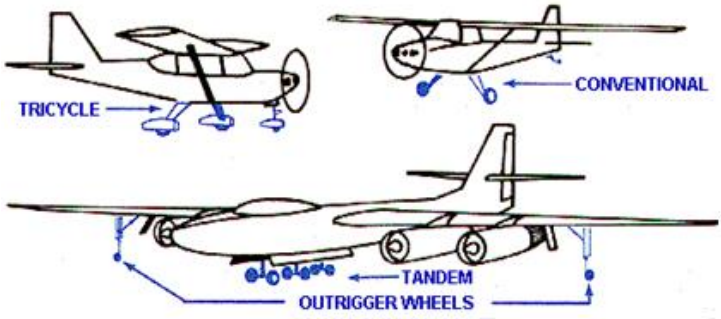
٢-ارتكاز أمامي **nose wheel landing gear** أو **tricycle** و هي الأكثر انتشارا في الطائرات الحديثة.

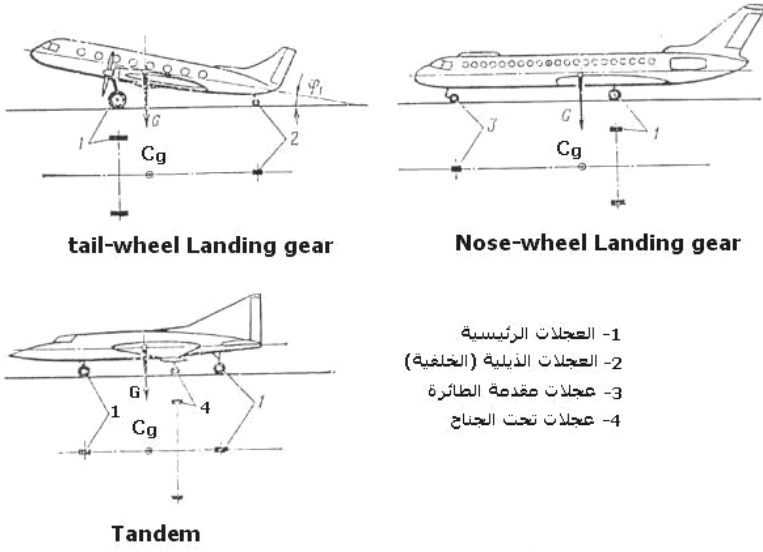
٣-عجلات ترادفية **tandem**.

ارتكاز أمامي

ارتكاز ذيلي

ترادفية



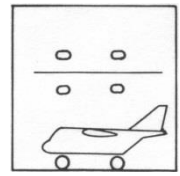


أنواع عجلات الهبوط

أشكال أخرى من جهاز الهبوط :

هناك أشكال اخرى من جهاز الهبوط و هى :

١- **جهاز هبوط رباعى qudricycle** : أربع مجموعات من العجلات المتماثلة مركبة على طول البدن



qudricycle

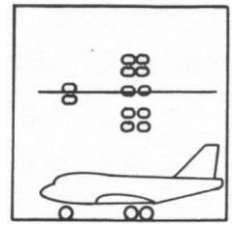
٢- **جهـاز هبـوط غيـر تقليـدى unconvenational** :مثـل العوامـات و الزلاجـات skid و المخـدات الهوائيـة **air cushion**. و فى الطـائرات البحرية أو المراكب الطائرة هناك ما يعرف ب **hulls and floats** حيث ال **hull** هو الجسم الانشائى الرئيسى للسفينة الطائرة وهو يحوى الركب الطائر والركـاب ويصـمم بأشـكال انسيابية لتقليل مقاومة المـاء امـا ال **float** او العوامه حيث تمكن الطائرة المائية من النهوض من الماء أو الحط عليه . وتعتمد الطائرة المائية على زوج من العوامات أسفل الجسم . وقد تكون هناك عوامة صغيرة أخرى تحت ذيل الطائرة البرمائية أو تحت طرفى الجناح . و هناك ايضا الزلاجات **skis** التى تمكن الطائرة من الهبوط و الاقلاع من على الجليد .

Hull

Floats

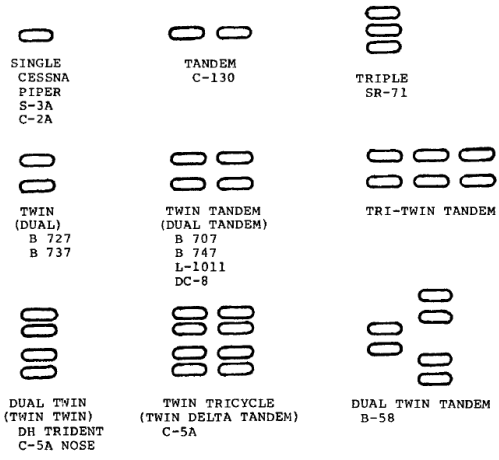
Skis

٤- **bogiey** جهاز حط بمجمع عجلات:عربة سفلى تتكون من عدد مجتمع من العجلات ، لتوزيع ثقل الطائرة على مساحة أكبر من ممر النزول .أى إستعمال عدة عجلات لكلّ جهاز هبوط .



Bogiey

هناك تقسيم آخر بناء على عدد العجلات و نمط تجميعها كالتالى :



وهناك تنويعات على هذه الاشكال .

تصنيف جهاز الهبوط:

جهازة هبوط رئيسيmain landing gear :

يحمى من صدمة الهبوط . يتكون جهاز الهبوط الرئيسي من تركيب يحمل الوزن الرئيسي. تتضمّن أجهزة الهبوط المساعدة اما على عجلات خلفية،أو أمامية أو زلاجات ، الخ.

جهاز هبوط غير ماص nonabsorbing landing system

تتضـمّن أجهـزة هبـوط ثابتـة rigid كمـا فى المروحيـات،و الطـائرات الشراعية.، و أجهزة هبوط ذات حبل مطاطى **chock-cord** حيث تستخدم أحبال **bungee** و أجهزة هبوط نبضية تستخدم معدن نبضى (زنبرك)

Rigid

Chock cord

Spring

جهاز هبوط ماص للصدمات

يشتت الطاقة الناتجة عن الهبوط بدفع سائل معين خلال حيز مقيد، يولّد هذا السائل حرارة، تفرّق هذه الحرارة فى الجوّ . و هو نوعان: ممتص للصدمات زيتى نابضى **spring oleo**، و ممتص للصدمات زيتى هوائى **air-oil** .النوع الاول لم يعد يستخدم الان أما الثانى فيتكون من صمام يقييد تدفق المائع .يستخدم هذا النوع فى معظم الطائرات الكبيرة و المتوسطة .

Spring oleo

Air-oil oleo

جهاز الهبوط الثابت :

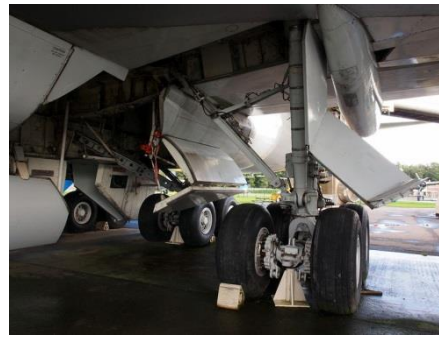
غير قابل للضم، مثبّت عادة على الهيكل، غالبا ما تستعمل تغطية انسيابيه **fairings** أو سروايل **pants** كما فى سيسنا ١٥٢

fixed

جهاز هبوط قابل للضم Retractable :

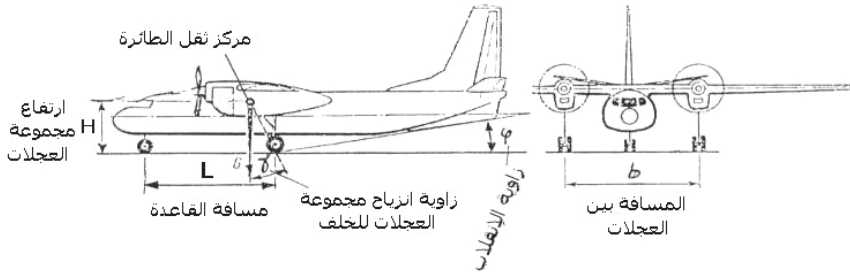
مصمم لتقليل الاعاقة لأعظم حد (الفائدة الأعظم)، يمكن أن يكون قابل للضم كليا أو جزئيا، يعتمد إتّجاه إعادة الضم على نوع الطائرة، طرق الضم:

هيدروليه أو ميكانيكية أو كهربائية أو ضغطى هوائى **pneumatic** .يعتبر هذا النوع منطقة حرجة فى صيانة الطائرة لأسباب الأمان .



Retractable

الخصائص الهندسية لمجموعة العجلات :



أهم قياسات مجموعة الذيل

المسافة بين العجلتين الجانبيتين b : المسافة بين نقاط تماس العجلات الرئيسية مع الأرض و يعتمد عليها الاستقرار العرضي للطائرة و سهولة المناورة

على الارض و كلما كانت المسافة أكبر كلما قلما قل احتمال انقلاب الطائرة على الأرض و أصبح التحكم فيها أسهل غير ان الطائرة تصبح أكثر حساسية لعدم استواء الممر .و اذا كنت المسافة b غير كافية فان الطائرة تميل اجنحتها عند الإقلاع و الهبوط و من الممكن أن تلامس الأجنحة الأرض .

- **ارتفاع مجوعة العجلات** H : المسافة بين الارض و مركز ثقل الطائرة ،فى الطائرة ذات المرواح يصمم الارتفاع بحيث تكون المسافة بين الشفرات و الارض ٥ سم فى ضغط كامل لهواء العجلات، و فى الطائرات النفاثة فأن الارتفاع يؤخذ بشكل يضمن زاوية الهجوم الملائمة للهبوط .

- **مسافة القاعدة** H : المسافة بين مراكز العجلات الامامية والاساسية و تكون من ٢٠ الى ٤٠ بالمائة من طول البدن .

- زاوية الانقلاب : الزاوية بين المستوى المماسى للعجلات الاساسية و السكح الذيلى السفلى مع مستوى الارض عند توقف الطائرة .

- **زاوية التوقف للطائرة** : الزاوية بين المحور الطولى للطائرة و الافق .

- **زاوية انزياح مجموعة العجلات للخلف** : الزاوية بين الشاقول والمستوى المار بمركز ثقل الطائرة و نقاض تماس العجلا الاساسية مع الارض عند توقف الطائرة .

أهم الاجزاء الرئيسية لمجموعة العجلات :

١. وحدة العجلات **(wheel & tire assembly)** .

٢. المخمدات لامتصاص الطاقة .

٣. قوائم انضغاطية (جانبية و خلفية و امامية) **strut** .

٤. أقفال لمنع الحركة الغير مرغوبة أو وحدة المكابح وحدة المكابح **break assembly** .

٥. روافع تؤمن ضم و فتح العجلات .

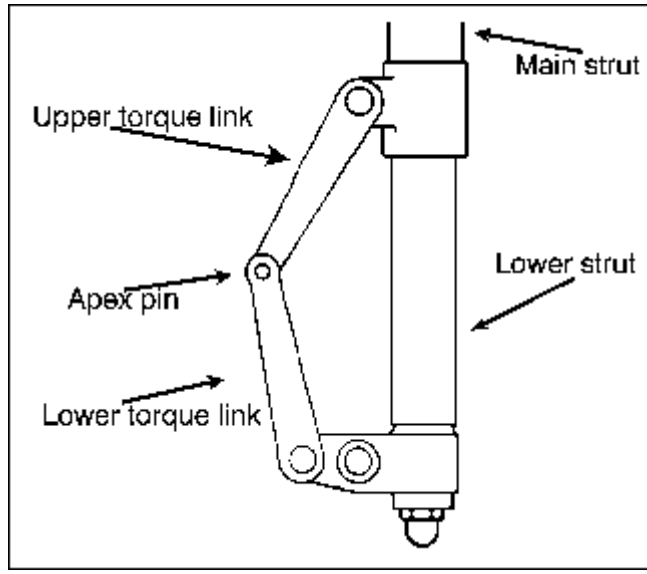
٦. جهاز مانع الإنزلاق**(anti-skid detector)**

و فيما يلى أهم الاجزاء الرئيسية فى جهاز الهبوط الزيتى الماص **air-oil oleo** :

- الدعامة الزيتية الماصة **Oleo strut** هى الشكل الاكثر استعمالا لامتصاص الصدمات فى أجهزة الهبوط
- **مرتكز الدوران أو المحور trunnions:** الجزء من جهاز الهبوط الذي يرتبط بهيكل الطائرة يستخدم كحامل و كمحور للدوران .
- **الدعامات أو العوراض struts** : العضو العمودي يحتوي يحتوى على آلية امتصاص الصدمة .أعلى الدعامة تثبت في مرتكز الدوران . تشكّل الدعامة الإسطوانة للزيت **oleo** (الإسطوانة الخارجية) .
- **المكبس:** و هو الجزء المتحرك . يضخ الزيت من الجزء المنخفض لدعامة إلى الأعلى . يتم تقييد تدفق الزيت أو ترك الدفق بتفاوت طبقا لقياس ابرة المعايرة .

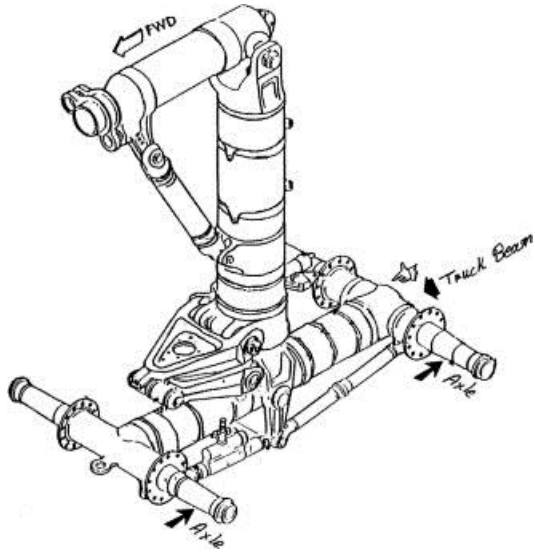
- خامد الصدمة **Snubbers** يستعمل لمنع الهبوط أو الحركة المفاجئة للعجلات عند الإقلاع .
- ابرة المعايرة تتحكم فى تدفق المائع بين الغرف. يتم امتصاص صدمة الهبوط عن طريق المائع الذى يضخ عبر فوهة معايرة. تقوم ابرة المعايرة بتقليل حجم الفوهة بشكل تدريجي بينما تتمدد دعامة الصدمة **shock strut**، التي تقاوم التمدد السريع بعد الصدمة الأولية للهبوط و الارتداد المرتبط به.
- تستخدم موانع تسرب **Chevron seals** في الدعامات لمنع تسرب الزيت .

- وصلات العزم **Torque Links** . أيضا تسمّى المقصّ **scissors assembly** . يصل و يحاذى الاسطوانات العليا و السفلى . يصل

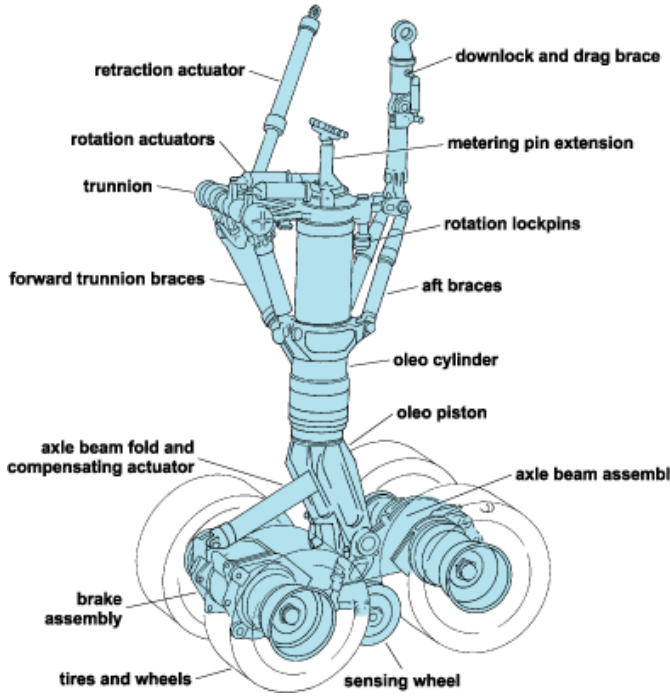


إسطوانة الدعامة بالمكبس . بيمنع إمتداد المكبس أثناء الضم . يحاذى المحور بشكل صحيح مع الدعامة . الهدف الاساسى منها هو المحاذاة و منع المكبس من الخروج من الاسطوانة .

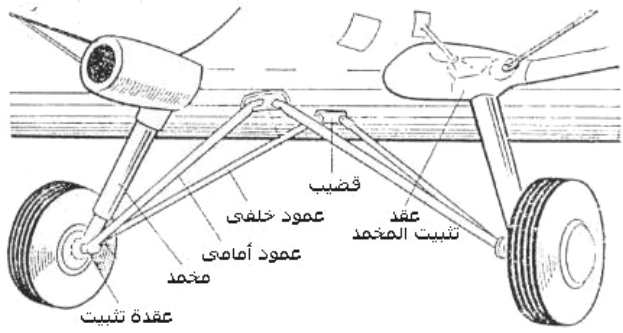
- **الروافعtrucks** : تقع في أسفل مكبس الدعامة . تركب عليها المحاور . يمكن أن تميّل للأمام أو الخلف للسماح للطائرة بتغيير وضعها .


FWD
Truck Beam
Axle
Axle

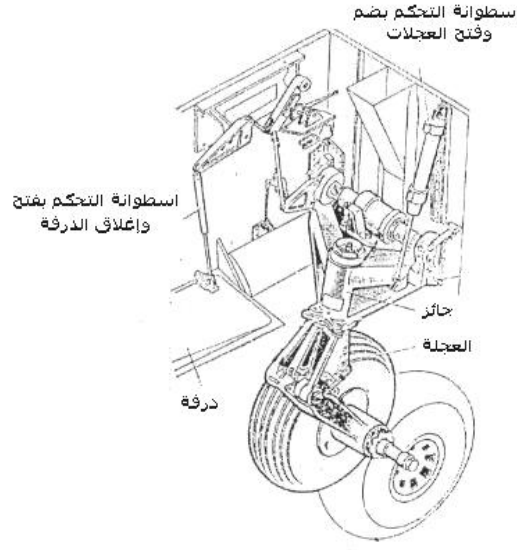
- **وصلات السحب Drag Links** : تمكن أجهزة الهبوط من الاستقرار الطولى .قد تكون بمفصلات للسماح بالضم . أيضا مسمّى دعامة السحب .
- **وصلات تكتيف جانبي side brace Links** : تمكن من الاتسقرار الجانبي . قد تكون بمفصلات للسماح بالضم . أيضا تسمّى دعامة جانبية .
- **وصلات Overcenter فوق المنتصف(آلية اكا للغلق السفلى downlock)** : تستعمل للضغط على الوصلة المحورية في وصلة التكتيف أو الوصلة الجانبية . يتم ضمها هيدروليكيا للسماح بضم عجلة الهبوط .أيضا تسمّى غالق سفبى **downlock**، و/ أو دعامة انضغاط مؤقت .
- **وصلات دوران Swivel Glands** : مفصلة مرنة ذات ممرات داخلية . توجّه السائل الهيدروليكي إلى كابحات العجلة . تمستعمل عندما لا يوجد مكان للخراطيم .
- **موهنات الاهتزاز Shimmy Dampers**: وحدة تخميد هيدروليكية . يخفّض نزوع العجلات الامامية للتذبذب .



ومن الناحية الإنشائية فان مجموعة العجلات تنقسم الى تشابكي و ذو عوارض (قوائم) و مزيج منهما



مجموعة عجلات الهبوط ذو النوع التشابكي



عجلات الهبوط ذات الجائز (ذات العوارض)

أنواع إطارات الطائرة :

تقسم إطارات الطائرات حسب النوع والحجم وعدد الطبقات ومن حيث أنها أنبوبية(**TUBE**) أو غير أنبوبية (**TUEBLESS**)، وهناك ثلاثة أنواع من العجلات هي الأكثر شيوعا في استخدمها وهي:

Type III : هو من أكثر الأنواع المستخدمة حالياً من حيث الضغط المنخفض ويستخدم على الطائرات الصغيرة ذات المحركات المكبسية.

Type VII : وهو إطار عالي الضغط ويستخدم على الطائرات النفاثة وله القدرة على تحمل أوزان عالية.

Type VIII : هو إطار عالي الضغط ويستخدم على الطائرات النفاثة التي يكون فيها سرعة إقلاع عالية

المكابح الهوائية في العجلات : وهذه الكوابح موجودة على عجلات الطائرة الخلفية، ولا توجد على العجلات في مقدمة الطائرة، ويوجد زوج من الكوابح على كل العجلات الخلفية وتعمل بواسطة القوه الهيدروليكيه وتقسم إلى:

- كوابح داخليه INNER BRAKES
- كوابح خارجية OUTER BRAKES

والهدف من تقسيمها لمجموعتين هو ان كل مجموعه يتم التحكم بها من مصدر قوه هيدروليكيه مختلفة، نظام مختلف حتى لو فقدنا ضغط الهيدرولك

على نظام؛ يعمل معنا الآخر. ويتم التحكم بها من خلال كيابل موصولة بدعسات الكوابح تحت أرجل الطيارين، مثل دواسة البريكات في السيارة، وكلما ضغط عليها الطيار أكثر كلما ضغطت أكثر على العجلات فتوقفها.

المظلة الفرملية:

وهي أحد الأجزاء الثانوية في الطائرة وتتواجد في مؤخرتها أحيانا إن الغاية الأساسية من المظلة الفرملية هي تقليل مسافة هبوط الطائرة حيث يتوضع مقرها أعلى المخروط الخلفي وعند قاعدة دفة الإتجاه ويبنى هذا المقر من مجموع من الصفئح وقد تكون أغلب الأحيان مصنوعة من ديور الألمنيوم ويكون بشكل دائري أو متعدد الأشكال وذلك حسب تصميم كل طائرة

وفي نهاية المقر نجد مصراعين متحركيم وهما عبارة عن الأبواب التي ستخرج منها المظلة.

ويمكن أن نحدد لكل نوع من المظلات عمرا زمنيا وعلى هذا الأساس يتم تحديد صلاحية المظلة.

التغطية الانسيابية fairing :

قطعة انشائية اضافية ، القصد منها خفض مقاومة الجزء الذى تركب اليه بالنسبة إلى الهواء .أى غطاء انسيابى فوق وصلة أو فواصل أو حول الاجزاء الزاوية مصممة لتقليل المقاومة و مصنعه من معدن خفيف . توجد على أغطية المحركات و على الذيل و على عجلات الطائرة الغير قابلة للضم و على جذر

الجناح و طرفيه و على طرف الزعنفة و الدفة و كذلك أطراف الورافع و الموازن الافقى و على الوصلات بين البدن و الدعامات و الجناح و الدعامات .ايضا هناك ما يسمى بتغطية مسار القلابات أو جزرة كوتشيمان **Küchemann Carrots** و هى سنفة **pod** أى جسم مضادّ للصدمات يضاف إلى الحافة الخلفية للجناح، لتأخير بداية الصدمة و تخفّيض موجة الاعاقة الفوق صوتيه. تتضمّن الأمثلة **Handley Page Victor B.2** و **the Convair 990 Coronado**.

تغطية انسيابية لجذر الجناح

انظمة التحكم control systems :

هى الأدوات والأنظمة التي تتحكم فى وضع الطائرة، وكنتيجة لذلك، إتجاه الطيران الذى تتبعه الطائرة. تقسم انظمة التحكم الى ثلاثة أنواع رئيسية **primary** و مساعدة **auxiliary**، و آلية **automatic**. في الطائرات

التقليدية، انظمة التحكم الرئيسية تستعمل أسطح متمحورة على مفصلات على الحافة الخلفية تدعى الروافع elevators للخطوة **pitch** ، و الجنيح **ailerons** للفّ **roll**، والدفّة **rudder** للإنحراف **yaw**. هذه السطوح تشتغل من قبل الطيار في قمرة القيادة أو من قبل الطيار الآلي. الادوات التى تتحكم فى قوّة وسرعة المحرّك لا تصنّف عادة تحت انظمة التحكم فى الطيران .

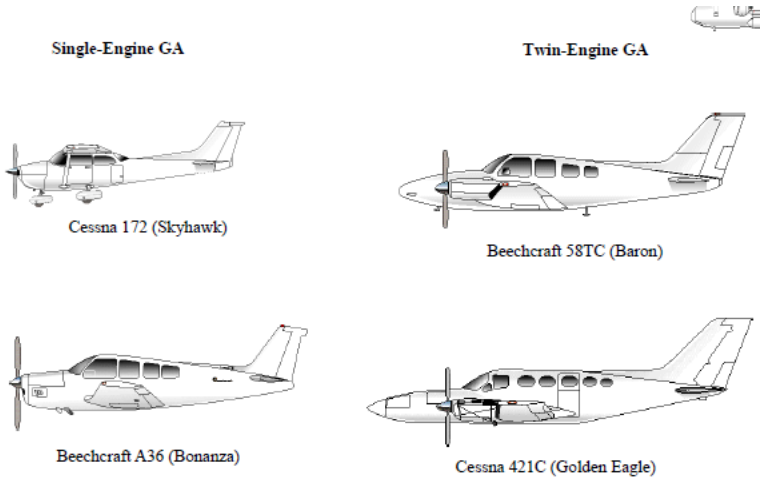
أدوات التحكم المساعدة تتضمّن وسائل موازنة **trimming** أدوات التحكم الرئيسية، بالإضافة إلى قلابات الهبوط **landing flaps** و قلابات أو شرائح الحافة الامامية **leading-edge flaps or slats**، الموازن القابل للتعديل **adjustable stabilizer**، الجناح ذو الارتداد القابل للتعديل و كوابح الغوص او كوابح السرعة **dive brakes or speed brakes** وعجلة المقدمة **nose wheel** .

أدوات السيطرة الآلية تتضمن الأنظمة التي تكمل أو تحلّ محل الطيار الانسان للتحكم فى وضع أو مسار الطائرة. تتضمّن مثل هذه الأنظمة الطيار الآلي، أنظمة تعزيز الإستقرار stability augmentation systems، أنظمة الهبوط الآلي، و التحكم النشط active controls التى تشمل الانظمة الآلية التي تؤدّي إلى تحسين أداء الطائرة بالسماح بالتخفيضات في الوزن الهيكلي أو الاعاقة drag الديناميكية الهوائية، بينما تحافظ على السلامة المطلوبة للهيكل وإستقرار الطيران.

فئات الطائرات الثابتة الأجنحة :

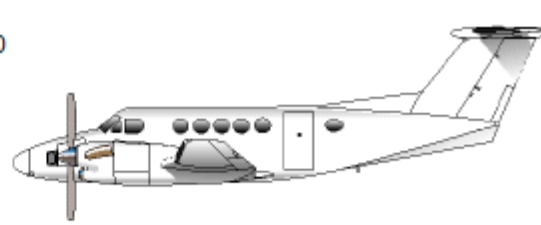
هناك العديد من الطرق لتصنيف الطائرات الثابتة الاجنحة:

طائرات صغيرة small aircraft : طائرة وزنها عند الإقلاع ١٢٥٠٠ رطل (٥٧٠٠ كيلوجرام) أو أقل .



طائرة أعمال corporate aircraft : الطائرات المخصصة لنقل الأفراد تحت الطلب. في غالب الأحيان المسافرون هم رجال أعمال. هذا ما يميزها عن طائرات الخطوط الجوية التجارية.

Raytheon-Beechcraft King Air B300



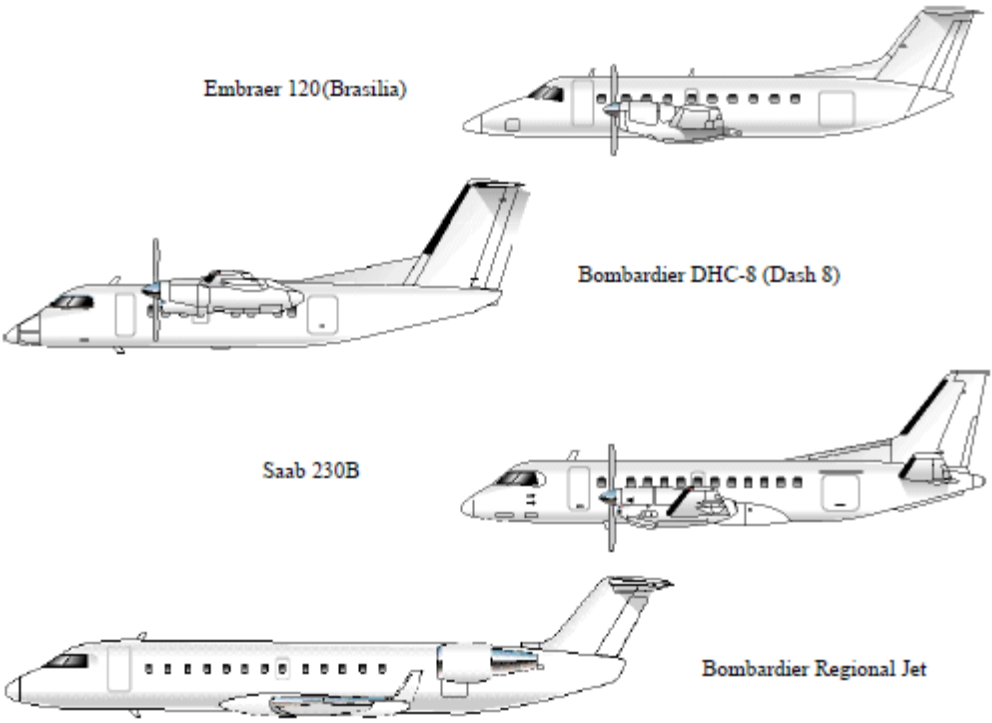
Cessna Citation II

Gulfstream G V

طائرات السفر الاقليمى القصير commuter aircraft :

طائرة تستخدم لنقل الركاب لمسافات قصيرة . تستعمل للنقل القصير المدى و في الغالب تستعمل من قبل شركات الطيران الإقليمية أو شركات الطيران العارض (الشارتر) القصير المدى. الحاجة لهذه الطائرة ظهرت في

السبعينات، عندما تبنّت صناعة شركات الطيران بشكل كبير استراتيجية "المحور و الاطراف . **hub-and-spoke** .

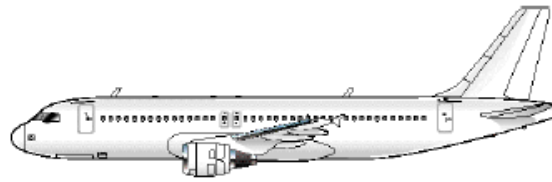


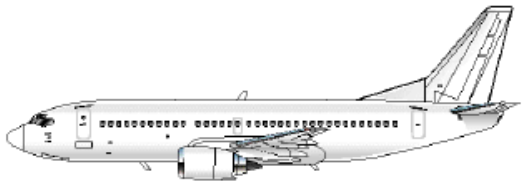
طائرات المسافات القصيرة short haul transport aircraft:

تعرف شركة توماس كوك الرحلة القصيرة بأنها الأقل من ثلاث ساعات .و حسب التعريف البريطاني هي رحلة أقل من ٢٠٠٠ ميل .

Fokker F100

Airbus A-320





Boeing 737-300

McDonnell-
Douglas MD 82

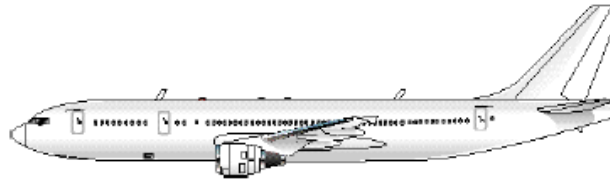
طائرات المسافات المتوسطة medium haul transport aircraft :

رحلة مدتها بين ٣ و ٦ ساعات .

Beoing B727-200

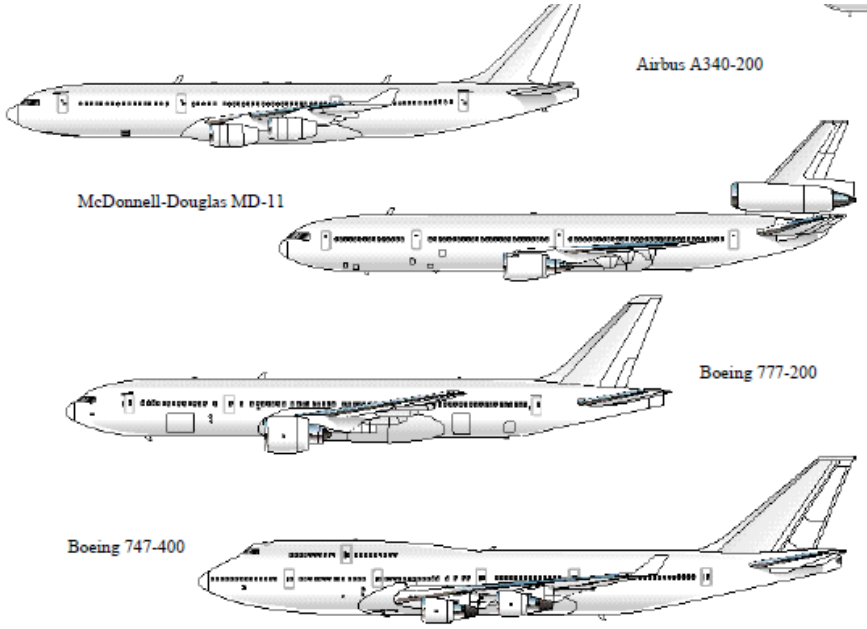
Boeing 757-200

Airbus A300-600R



طائرات المسافات الطويلة long haul transport aircraft :

رحلة أكثر من ٦ ساعات و نصف .



طائرات المسافات الطويلة جداً ultra long haul transport aircraft :

طائرة تقوم برحلات بلا توقّف بدون التزود بالوقود لمسافة تقريبا أكثر من ١٢,٠٠٠ كيلومتر (٧,٥٠٠ ميل) ووقت طيران أكثر من ١٤ ساعة بين نقطة المغادرة و نقطة الوصول .مثل الطائرة **Airbus A340-500** .

صنفت الايكاو (**ICAO**) الطائرات كل حسب آثار اضطراب الهواء الناتج منها. وبما أن آثار الاضطراب له علاقة بوزن الطائرة، فتلك التصانيف تعتمد على الوزن. لذلك فالطائرة التي يكون الوزن الأقصى للإقلاع فوق ١٤٠,٠٠٠ كغم (٣٠٠,٠٠٠ باوند) فهي تصنف كطائرة ثقيلة (**H**) **heavy**، أما تلك التي ما بين ١٤٠,٠٠٠ كغم (٣٠٠,٠٠٠ باوند) و ٧٠٠٠ كغم (١٥,٥٠٠ باوند) فهي مصنفة كطائرة متوسطة (**M**) **medium**، أما ماتحت ال ٧,٠٠٠

كغم (١٥,٥٠٠ باوند) فتصنيفها طائرة خفيفة (**light** (**L**. و هناك الطائرات الجامبو (**jumbo** (**J** للإشارة إلى البوينج ٧٤٧ والايرباص ٣٨٠ .

تستخدم هيئة الطيران الفيدرالية الامريكية تصنيف مختلف كالتالى :

Super و هى فئة منفصلة تشير إلى طائرة النقل العملاقة **A380** .

"ثقيلة **heavy** – طائرة ذات وزن إقلاع من ٣٠٠,٠٠٠ رطل (١٤٠,٠٠٠ كيلوغرام) أو أكثر .

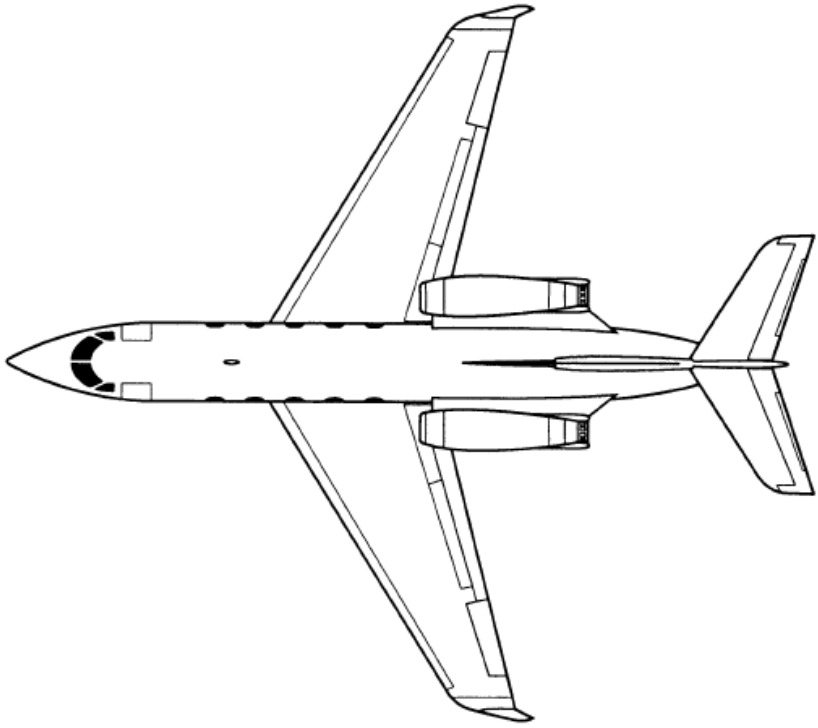
"كبيرة **large**– طائرة ذات وزن إقلاع أكثر من ٤١,٠٠٠ رطل (١٩,٠٠٠ كيلوغرام)،

الصغيرة **small** – طائرة ذات وزن إقلاع من ٤١,٠٠٠ رطل أو أقل وزن .

يستخدم تصنيف الهواء أيضا للاستدلال على نظام تباعد الطائرات، فتصنيف الطائرات الثقيلة يتطلب تباعد كبير خلف بعض أكثر من تباعد تصنيف طائرات متوسطة، والتي هي بالأخرى تتطلب تباعد أكثر من تصنيف طائرات خفيفة.

هناك ايضا طائرة بدّن واسع (بالإنجليزية: **Wide-body aircraft**) هو تعريف لطائرة مدنية ذات ممرين بقمرة الطائرة ويكون قطرها النموذجي ما بين ٥ إلى ٦ امتار، وتكون كراسي الركاب بالخط الواحد ما بين ٧ إلى ١٠ كراسي. وللمقارنة فإن الطائرات ضيقة البدن **Narrow-body aircraft** لها قطر من ٣ إلى ٤ امتار، وممر واحد وخط الكراسي يكون ما بين ٢ إلى ٦

كراسي. الطائرة ذات البدن العريض تستطيع حمل ما بين ٢٠٠ إلى ٦٠٠ راكب بينما أضخم طائرة بدن ضيق فإنها تحمل إلى ٢٨٠ راكب، شركات الشحن الجوي تفضل طائرات الجسم العريض.

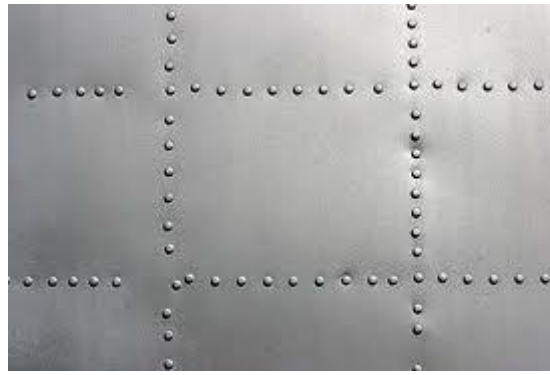


Lear Jet

٢- المواد المستخدمة فى بناء بدن الطائرة airframe :

تبدأ القصة عندما استعمل الاخوان رايت الخشب لبناء طائرتهما ثم تلى ذلك استعمال الخشب مع تطعيمه بالمعدن أثناء الحرب العالمية الاولى ،و من هنا يمكن أن نميز أربعة مراحل لتطور استخدام المواد الاولى فى العشرينيات من

القـرن العشـرين حيـث تم اسـتخدام الالومنيـوم ثم الثانيـة فى الاربعينيـات حيـث استخدمت السبائك ذات المقاومة العالية و الاسطح الإنسيابية ذات السرعة العالية ،الثالثة استخدام تصاميم لقطع مسافات بعيدة المدى و تحسين الكفاءة في الستّينات، و الرابعة تبدأ في الثمانينات حيث تم استخدام المواد المركبة.على سبيل المثال الطائرة بوينج ٧٨٧ المحددة بنيت بالكامل من قطعة واحدة من الالياف الكربونية و كذلك الطائرة ايرباص ٣٨٠ بنيت من المواد المركبة.



الالومنيوم

من الممكن لمصممي طائرةِ أَنْ يَقترحوا تصاميمَ نظريةَ لا يَستطيعوا أَنْ يَبْنوها لأن المـوادَ المطلوبـة لِبنائهـا لَمْ توجـد بعـد. (التعبـير "**unobtainium**" أحيانـاً يُستَعملُ لتَمييز الموادِ التي يَرْغبُ فيها لكن لم تتوفر بعد) على سبيل المثال، طائرات الفضاء **spaceplanes** مثل المكوك الفضائي كَانَ من الصعب جداً، إنْ لَمْ يكن مستحيل، بِنائها بدون وجود السيراميك المقاوم للحرارةِ لحِمايتها أثناء العودة **re-entry**.

الموادَ المركبة **Composites** هى أكثر المواد المستخدمة أهميةً منذ إستعمالِ الألمنيومِ في العشريناتِ. الموادَ المركبة هى مركبات مِنْ إثنين أَو أكثر من مكوّناتِ عضويةٍ أَو لا عضويةً. تَعْملُ مادّةُ منهم كقالب (أساس matrix) حيث تحتوى المواد الأخرى، بينما المادّة الأخرى تَعْملُ كمعزز أو مقوى **Reinforcement** على شكل أليافِ ضَمّنَ هذا القالب .

حتى فترة قريبة، مواد القالب الأكثر شيوعاً كَانتْ موادَ مصلدة بالحرارة "**thermosetting**" مثل **epoxy**، **bismaleimide**، أَو **polyimide**. مواد التقوية يُمكنُ أَنْ تَكُونَ ألياف زجاجة، أو ألياف البورونِ، أو ألياف الكاربون، أَو خلطات أخرى.

نتبين وجود ثلاث أنواع من مواد الأساس

المواد المركبة ذات مادة الأساس العضوية:

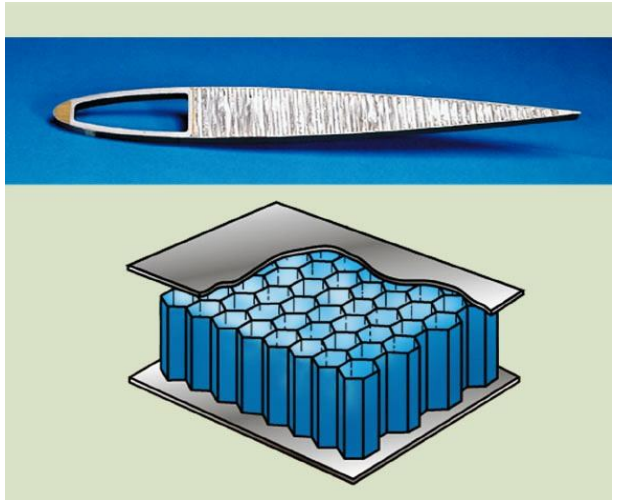
يتم فيها استعمال البوليمير كالبوليستر، الفينول ، الفينيل استر، البوليبروبيلين ، البولي أكريليك إلخ

المواد المركبة ذات مادة الأساس الخزفية:

للتطبيقات المتقدمة في الجوفضاء وفي المجال العسكري والنووي .

المواد المركبة ذات مادة الأساس المعدنية:

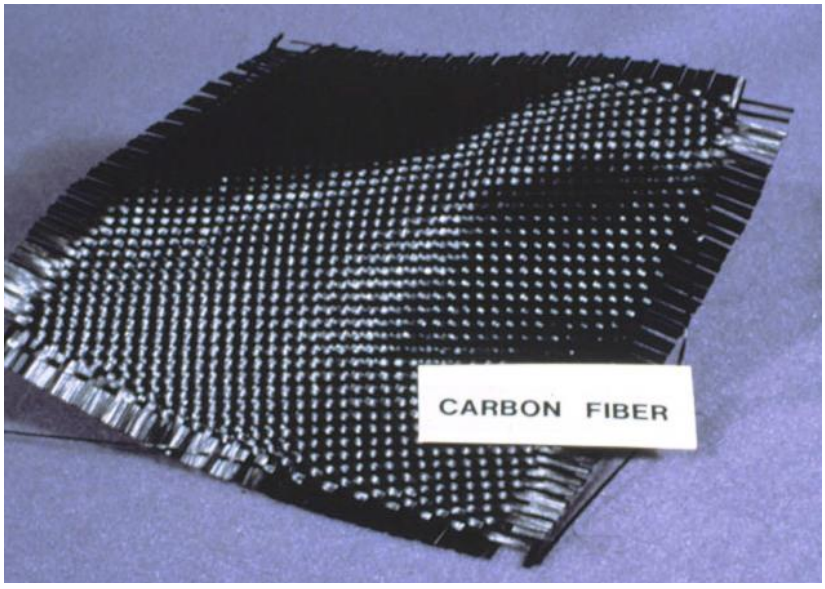
في هذه الحالة: تكون مادة الأساس معدنية (ألومنيوم ، زنك ، مغنزيوم ، نيكل) و مادة التقوية معدنية أو خزفية.



الالياف الزجاجية هى المادّةُ المركّبةُ الأكثر شيوعاً، و تتكون من أليافِ زجاجيةِ يحتويها قالب أو نسيج راتنجِ **resin.** كَانَت الالياف الزجاجية تستعملَ فى البداية على نحو واسع في الخمسيناتِ للمراكبِ والسياراتِ، فى الطائرات استعملَت الالياف الزجاجية أولاً في البوينغِ ٧٠٧ طائرة في الخمسيناتِ، حيث شكلت حوالي إثنان بالمائة مِنْ بنية الطائرة. فى الستّيناتِ، مواد مركّبة أخرى أصبحتْ متوفرة، بشكل خاص ليف البورونِ والجرافايتِ، حيث توضع في راتنجِ **epoxy** ايبوكسى.

الياف زجاجية

أحد الميزّات المفيدة للمواد المركّبة أنّه يُمْكِنُ جعلها طبقات أو شرائح، و جعل الأليافِ في كُلّ طبقة تتجه في إتّجاه مختلف. هذا يَسْمحُ للمهندسين بتَصميم تراكيب معينة مرغوبة. على سبيل المثال، ممْكِنُ تصمّيم تركيب يُتقوّسُ فى إتّجاهَ واحد، لكن لَيسَ فى الاتجاه الآخرَ. إنّ القيمةَ الأعظمَ للموادِ المركّبةِ أنّها خفيفة الوزن و قوية اذ انه من المعروف أنه كلما ثقل وزن الطائرة ، كلما أحترق وقود أكثر .



إن المواد المركبة التي تألف من ألياف يربط بينها مادة لاصقة (ملاط أو ريزين)، تم تطويرها في العقود الأخيرة وازداد استخدامها في الطائرات بشكل واسع حتى غدت تمثل المواد المستقبلية في صناعة الطائرات والتي يمكن أن تحقق مواصفات حسب الطلب. إن خواص المادة المركبة تختلف باختلاف خواص الألياف والمادة اللاصقة وكذلك باختلاف طريقة تنضيد هذه الألياف بالاتجاه وطريقة الإنتاج حيث أن بناء إنشاءات من المواد المركبة يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالتصميم ويسيران معاً. إن الأنواع الأساسية للألياف هي الألياف الزجاجية، ألياف البور، ألياف الفحم (الكربون)، ألياف الكيفلار، ويتم اختبار أنواع جديدة، كالألياف المعدنية، وألياف السيراميك.

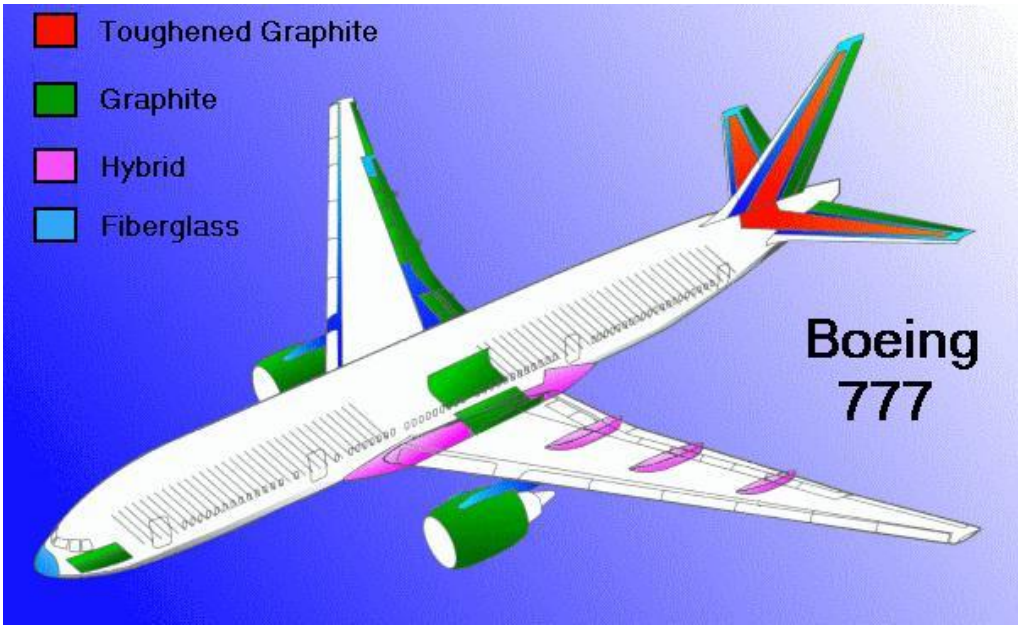
أما أنواع الريزينات الأساسية فهي: - ريزينات راتنجية مثل الايبوكسي والبوليستر - ريزينات شبه معدنية مثل الكربون، كربونات السيليسيوم، السيراميك - ريزينات معدنية مثل الألمنيوم.

إن المادة المركبة ليس لها وجود ذاتي خارج نطاق المنتج النهائي، إذ أن المنتج النهائي هو الذي يحدد مواصفاتها وخواصها النهائية. إن الميزة الأساسية للمواد المركبة التي جعلتها تستخدم بشكل واسع في إنشاء الطائرات هي المتانة النوعية العالية والجساءة النوعية العالية بالإضافة إلى خفة الوزن بالمقارنة مع باقي المواد التقليدية في بناء الطائرات .

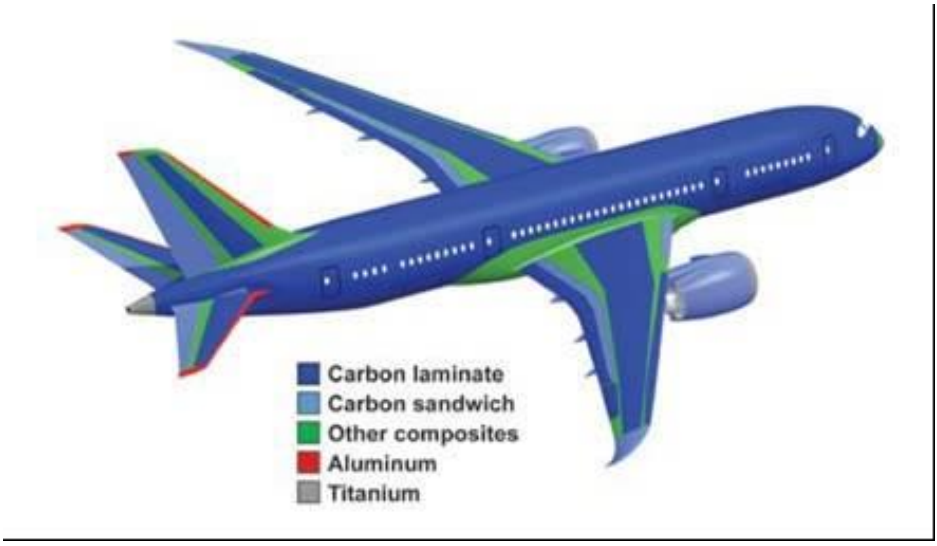
المزايا الأخرى للمواد المركبة هي: ١- سهولة التشكيل وبأشكال معقدة (حسب القالب) ٢- اقتصادية في التصنيع (يعتمد على نوع المواد المنتجة وشكل المنتج) ٣- مقاومة عالية للتعب ٤- مقاومة عالية للتآكل ٥- عوامل تمدد حرارية حسب الطلب ٦- تخميد إنشائي مرتفع ٧- عدم التأثر بالمواد الكيميائية الشائعة الاستخدام: (شحوم، زيوت، وقود، دهانات ...)

أما سلبيات المواد المركبة: ١- التقادم تحت تأثير الرطوبة والحرارة (ديمومة زمنية قليلة نسبياً) ٢- مقاومة متوسطة للصدمات (الأنواع الحديثة المطورة لها خواص جيدة لمقاومة الصدمات) ٣- صعوبة الإصلاح ٤- صعوبة الإنتاج المتسلسل ٥- القصافة (تجري أبحاث لتحسين هذه المواصفات باستخدام ريزين من السيراميك) ٦- التناثر في خواص وضعف الثقة بالنسبة للحسابات ٧- التأثير السلبي على البيئة عند التخلص من النفايات.

تستخدم المواد المركبة لتصنيع أجزاء كثيرة من إنشاءات الطائرات (الغلاف الخارجي، اللوحات الصندوقية، اللوحات الشطيرية، شفرات الجناح الدوار للحوامة، مركز تجمع شفرات الجناح الدوار وعناصر نقل الحركة، المدادات، الإطارات) تصل نسبة المواد المركبة في الطائرات الحالية إلى ٣٠% وزن الهيكل ويتوقع أن تصل النسبة إلى ٧٥% الطائرات المستقبلية.

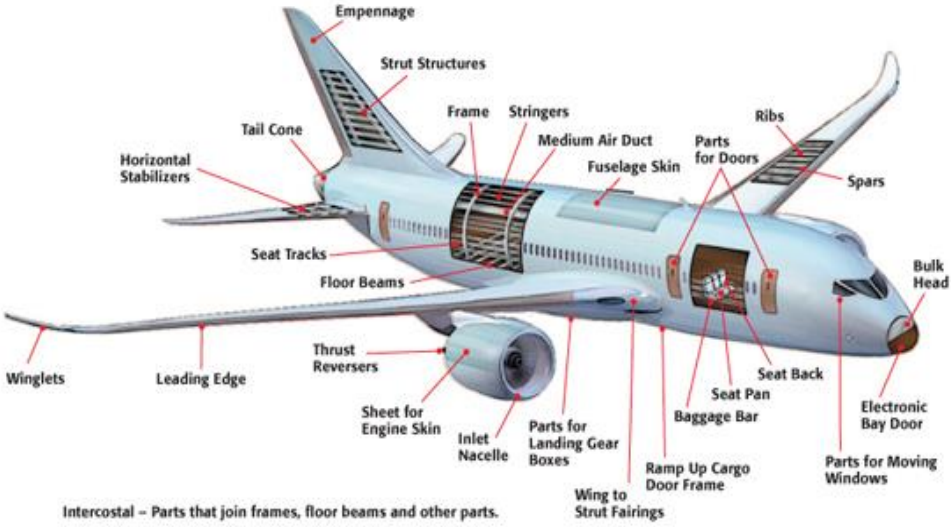


على الرغم مِنْ قوّتِها ووزنِها المنخفضِ، فان المواد المركّبة من الصعب التُفتّيشَ فيها عن العيوبِ.و بعضها يمتصّ الرطوبةً. والأهم جداً، يُمكنُ أَنْ تكُون باهظة التكلفة،الألمنيوم، فى المقابل، سهلُ التصنيع و التَصليح. فى حادثة سيارات بسيطة تلاحظ بأنّ المعدنِ المعيب يُمْكِنُ أَنْ يُسوّي بالطرق، لكن الألياف الزجاجيةِ يَجِبُ أَنْ تُستَبدلَ بالكامل، و هذا يسرى على العديد مِنْ الموادِ المركّبةِ المستعملة في الطيرانِ.



المواد المستخدمة فى البوينج 787 دريملاينر

الألمنيوم مادّة متسامحة جداً ويُمْكِنُ أَنْ تتحمّلَ الكثير مِنْ الضغوط قَبْلَ أَنْ تنهار. فمن المُمْكِنُ أَنْ تُخبط أَو تثْقَبَ وما تزالَ متماسكة . المواد المركّبة لَيستْ كذلك حيث انها إذا تضرّرت، تتطلّب تصليحَ فوريَ، الذي يكون صعبُ و باهظ التكلفة. الطائرةُ المصنوعة كليَّاً مِنْ الألمنيومِ يُمْكِنُ أَنْ تصلّحَ تقريباً فى أي مكان. هذه لَيستْ الحالةَ فى الموادِ المركّبةِ، خصوصاً اذا استعملت موادَ غريبةَ مختلفةَ . بسبب هذا، تستعمل المواد المركّبة غالبا فى الطائرات العسكريةِ، التي تتم صيانتها بشكل دورى .



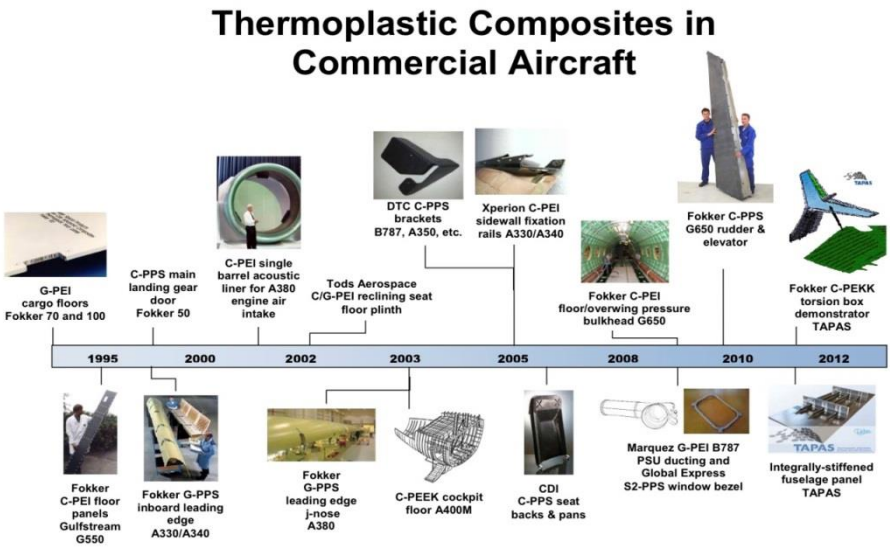
Large Commercial Jet

الألمونيوم في الطائرة (المصدر kaiseraluminum)

وزن الألمنيـوم هـو الأخـف يليـه التيتـانيوم ثم الفـولاذ steel . التيتـانيوم يستخدم في الجناحين عند نقطة الاتصال مع البدن وليس على كامل الجناح لحاجة منطقة الاتصال الى معدن أقصى من الألمنيوم وأكثر مقاومة للتشوهات تحت تأثير الاجهادات الميكانيكية و الحرارية كما كان يستخدم التيتانيوم قديماً في الطائرات المدنية عند أسفل مؤخرة الطائرة لانها كانت تحتك بالأرض عند الاقلاع والهبوط وتلافى المصممون ما سبق بتعديل توزيع الاطارات وتعديل تصميم الطائرة أما الفولاذfيستخدم غالباً في جهاز الهبوط نظراً لقساوته وهو ما يحتاجه جهاز الهبوط تماماً لتعرضه لصدمات عنيفة عند الهبوط ولا يستخدم

الا بتقنين كبير في باقي المناطق بسسب وزنه المرتفع أما في الطائرات الحربية يمكن أن يصنع غلاف الطائرة كاملاً من التيتانيوم . يدخل ايضا الكروم فى بعض الاجزاء .

Thermoplastics اللدائن الحرارية هى مادّة جديدة نسبياً تَستبدلُ المواد المصلدة بالحرارة **thermosets** كمادّة القالب فى المواد المركبة. و تعتبر مادة واعداة فى الكثيراً من تطبيقاتِ الطيرانِ. إحدى فوائدِها الكبيرةِ أنّها سهلة للإنْتاج. و أيضاً متينة و أقوى كثيراً مِنْ **thermosets** .

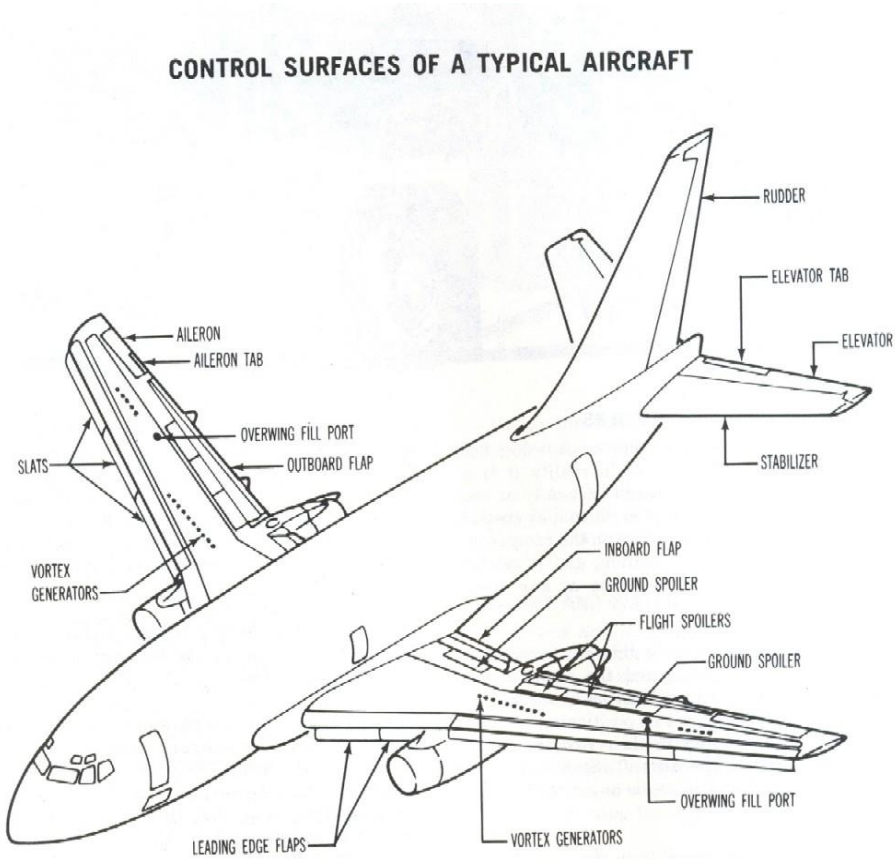


المصدر .compositesworld.com

أثناء الثمانيناتِ، أصبحَ العديد مِنْ مصممي الطائرةِ متحمسينِ للسيراميكِ، الـذي بَـدا وَاعِـداً لأنـه يُمْكِـنُ أَنْ يَتحمّـل درجـاتَ حـرارة أعلـى مِـنْ المعـادنِ التقليديـةِ. لكـن هشاشـتَه وصـعوبَه صِـناعَتة كَانـتْ عوائـقَ رئيسـيةَ، و مـن ثم تقلصت الابْحاثُ على السيراميكِ فى التسعينياتِ.

٣- أسطح التوجيه :

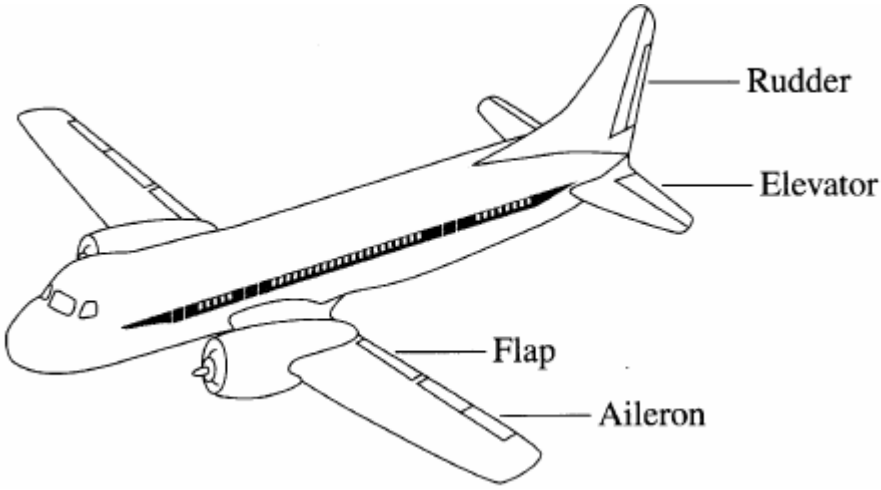
أسطح توجيه الطيران (**flight control surfaces**) الموجودة بالطائرة تسمح للطيـار بالتعـديل والـتحكم بوضـع ومسـار الطـائرة خـلال رحلتهـا. فتنميـة نظـام فعال للتحكم بالطيران كان حاسما في دفع عملية تطوير الطائرات. فالمحاولات الآولى لتصميم الطائرات ذات الأجنحة الثابتة نجحت بتوليد مايكفي من رفع الطـائرة مـن علـى الأرض. ولكـن عنـدما ترتفـع عاليـا و تفقـد السـيطرة فالنتـائج ستكون مأساوية. لـذلك فتطـوير أدوات التحكم الرئيسية ضروري لكي تبقي على رحلة الطيران ثابتة ومستقرة.



الأسطح الرئيسية للتوجيه (**Main control surfaces**) للطائرات ثابتة الأجنحة تكون مرتبطة بجسم الطائرة بمفاصل أو مشدودة بالأسلاك، لذلك يمكنها أن تتحرك فتغير من مجرى الهواء المار عليها، فهذا التغيير بحركة الهواء تسبب بقوة غير متوازنة تحرك الطائرة حول المحور المرتبط لذلك.

الجنيحات ailerons:

سطيح توجيه قلاب فى الطائرةِ ذات الأجنحةِ الثابتة ، مركب عادة على الحافةِ الخلفيةِ للأجنحةِ، يتحكم في تمايل الطائرة حول محورها الطولاني (عطوف الطائره) .تثبت الجنيحات **Ailerons** بمؤخرة الجناح وتكون بالقرب من طرف الجناح **wingtip**، وتتحرك باتجاهات متعاكسة. فعندما يريد الطيار التفاف بالطائرة لجهة اليسار أو عكس عقارب الساعة، فالذي يحصل هو الجنيح الأيسر يرتفع والأيمن ينخفض مما يجعل الطائرة تميل لليسار. فالجنيح المرتفع يقلل من الرفع بذات الجناح مما يسبب بهبوطه، والجنيح المنخفض تزداد قوة الرفع فيه مما يسبب برفع الجناح. وهو مايسمى بتمايل الطائرة الجانبي **BANK**. وعند ارجاع المقود للنقطة المركزية يعود الجنيح إلى النقطة التعادل محافظا على زاوية الميلان. لذلك ستستمر الطائرة على ميلانها حتى حركة معاكسة للجنيح تعيد الطائرة لنقطة الصفر بالطيران المستقيم.



الرافع Elevator :

هو الجزء المتحرك من سطح الذيل الأفقى والذى يتحكم به في خطران الطائرة ، أى في معدل التغير في الحركة الطولانية للطائرة إلى أعلى وإلى أسفل حول المحور الجانبى . دفة العمق سطح رافع وهو الجزء المتحرك من الذيل الأفقي و الذي يتحكم بحركة الطائرة حول محورها الجانبي ويسبب حركة الخطران.يوجد سطح توجيه الرافع **Elevator** بالمؤخرة الخلفية للموازن الأفقي **horizontal stabilizer** بكلا جانبي زعنفة الذيل **Fin tail**. يرتفعان وينخفضان معا. فعندما يسحب الطيار المقود للخلف يتجه الرافع للأعلى فيجعل الذيل ينخفض للأسفل مما يسبب برفع مقدمة الطائرة. وهذا يجعل الأجنحة ترتفع بزاوية مواجهة أعلى مما ينتج قوة رفع وسحب أكثر. ودفع المقود للأمام يجعل الرافع ينخفض مما يرفع الذيل للأعلى فتنحدر مقدمة الطائرة. وعند ارجاع المقود لوضعه الأصلي يعود الرافع لوضعه الطبيعي ويتوقف التغير في الانحدار. العديد من الطائرات تستخدم رافع موازن وهو موازن افقي متحرك بدلا من الرافع.

هناك طائرات مثل (**MD-80**) تستخدم سطيح تحكم **stabilator** مع الرافع لتسهيل تحريك الرافع ايروديناميكيا، فسطيح التصحيح **control tab** يتجه بعكس اتجاه سطح التوجيه لكي يستطيع رفعه .

الدفة rudder :

سطح توجيه رأسى متحرك للتحكم فى حركة الطائرة اثناء الانعراج . اى ان الدفى تتحكم فى الطيران الاتجاهى حول المحور العمودى ، وتولى الطائرة مقدمتها دائما شطر طرف الجناح فى الجبهة التى حركت اليها الدفة . سطح توجيه للتحكم في حركة الطائرة حول محورها العمودي يكون مركبا على الذيل العمودي وتسبب حركة الانعراج .تكون مثبتة على الحافة الخلفية للموازن العمودي للزعنفة بمجموعة الذيل **empennage**. فعندما يدفع الطيار الدواسة اليسرى برجله، تنحرف الدفة لليسار مسببة للذيل بالاتجاه لليمين مما يجعل مقدمة الطائرة تنعرج لليسار. والعكس صحيح بالنسبة للدواسة اليمين. تمركز الدواسات لوضعها الطبيعي يعيد الدفة لنقطة الصفر ويتوقف الانعراج.

التأثير الجانبي للموجهات

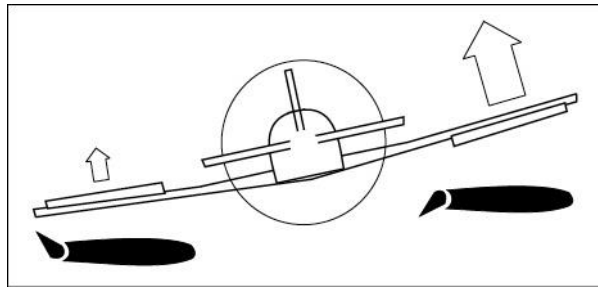
الجنيح

يتحكم الجنيح بشكل أساسي بالإلتفاف. فعندما يزداد الرفع فإن قوة السحب المستحث **induced drag** تزداد أيضا، فعندما يتحرك المقود لليسار ليميل الطائرة لجهة اليسار، فإن الجنيح الأيسر ينخفض مما يزيد من قوة الرفع على الجناح الأيمن فيرتفع للأعلى وهذا أيضا سيرفع من السحب المستحث. فالناتج سيكون مايسمى بالإنعراج غير المستحب أو المعاكس **adverse yaw**، بمعنى أن مقدمة الطائرة ستنعرج باتجاه معاكس لاتجاه المطبق للجنيح. فعندما تميل المقود لليسار لإمالة الجناح، فإن الانعراج المعاكس سيحك مقدمة الطائرة

لليمين. وهذه الظاهرة تنكشف بوضوح للطائرات الخفيفة ذات الأجنحة الطويلة كالطائرات الشراعية،يمكن تحييد تلك الظاهرة بواسطة عكس الدفة للاتجاه المعاكس. وطريقة (تخالف الجنيحات) وتكون زاوية انحدار الجنيح المنخفض أقل من زاوية الجنيح المرتفع فيقلل من انعراج المعاكس.

الدفة

عند استخدام الدفة للإنعراج فإن أحد أجنحة الطائرة ستكون أسرع من الأخرى، فزيادة السرعة يعني زيادة بالرفع، بالتالي سيسبب الدفة بتاثير الالتفاف. وبما أن الدفة تمتد فوق مركز الثقالة للطائرة، مما يمنح للطائرة عزم اللي مسببا ما يسمى التمايل المعاكس للطائرة **adverse bank**. فعند امالة الدفة لليمين ليس معناه سحب الذيل لليسار والمقدمة لليمين فقط، ولكن أيضا دوران الطائرة جهة اليمين. الدفة هي أسوا الموجهات بالنسبة للتأثير الجانبي المعاكس أو غير المرغوب. لهذا السبب يكون الجنيح والدفة يعملان سوية أكثر الأحيان بالطائرات الخفيفة. فعند الإستدارة لليسار فإن المقود يتحرك لليسار وفي نفس الوقت فإن الدفة ستتحرك جهة اليسار. فإذا كان تطبيق الدفة جهة اليسار أكثر من اللازم فإن الطائرة قد تدخل ما يسمى الانزلاق ثم السقوط اللولبي. مع ذلك فاسهامات الدفة جيدة لتغيير مسار طائرة خفيفة عوضا عن اسهامات الجنيح لأنها تجعل الطيار حر لعمل مهمات أخرى.

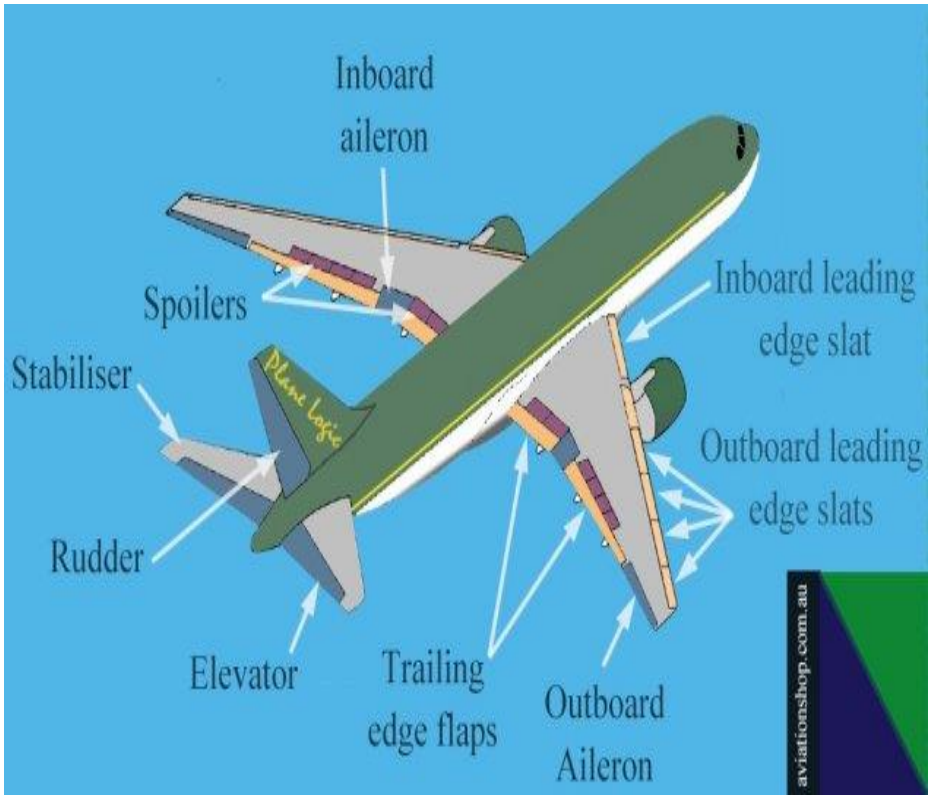


استدارة الطائرة

على عكس القوارب، فإن الإستدارة بالطائرة ليس بالعادة تطبق بواسطة الدفة. فقد تكون بواسطة مجموعة الرفع الأفقي **horizontal component of lift**. فقوة الرفع العمودية على الأجنحة ستنحرف باتجاه الانعطاف المقصود بواسطة التفاف الطائرة حول نفسها. وكلما زادت زاوية الميلان الجانبي، فإن قوة الرفع والتي كانت تعمل عموديا ستنقسم إلى مجموعتين: إحداهما تكون عمودية والأخرى أفقية.

فإذا كان إجمالي الرفع ثابت، فإن ذلك سيقلل مجموعة الرفع العمودية. وبما أن وزن الطائرة ثابت ولم يتغير ، فإن ذلك سيسبب بهبوط الطائرة **descend**. لذلك للمحافظة على مستوى الطيران يجب رفع الرافع للأعلى لزيادة زاوية المواجهة (**Angle Of Attack**) مما يجعل قوة الرفع تزداد فتتساوى مجموعة الرفع العمودية مع وزن الطائرة. ولكن لايمكن الاستمرار هكذا على شكل غير محدود. لأن الأجنحة تنتج كمية رفع محدودة حسب السرعة المعطاة. وبما أن عامل الحمولة (**factor load**) ازداد فإن سرعة الانهيار **Stall speed** سترتفع.

يرتبط إجمالي الرفع المطلوب للمحافظة على مستوى الطيران مباشرة مع الدوران المائل (**bank angle**). وهذا يعني عند السرعة المعطاة فإن مستوى الطيران سيظل ثابتا إلى حد ما مع ثبات زاوية الميلان. فإن ازدادت تلك الزاوية فإن الطائرة ستواجه مشكلة مع اقتراب سرعة الانهيار مما يجبر الطيار إلى زيادة قوة الرفع بواسطة زيادة دفع المحرك أو زيادة في زاوية المواجهة **AOA**.



بديل لأسطح التوجيه الرئيسية

يوجد بعض الطائرات في تركيبتها أسطح توجيه مختلفة عما هو قاعدة ثابتة، وكمثال على ذلك فبدلا من وجود رافع بنهاية الموازن الخلفي **stabilizer** يكون الموازن الخلفي بأكمله رافع ويسمى رافع الموازن **Stabilator**. وهناك طائرات يكون لديها ذيل على شكل حرف V وتجمع خصائص كلا من أسطح التوجيه الرافع والدفة معا. هناك طائرات تحتوي أجنحة تسمى دلتا ويكون سطح التحكم بنهاية الجناح ويسمى رافع خلفي **Elevon**.

أسطح التوجيه الثانوية

الموازن

تحكم الموازن (**Trim**) يتيح للطيار معادلة كميتا الرفع والسحب الناشئتين من الأجنحة وأسطح التوجيه خلال الحمل والسرعة. وهو يقلل من الجهد اللازم للمحافظة على وضع الطيران المطلوب خلال الأسطح الرئيسية.

موازن الرافع

موازن الرافع (**Elevator trim**) يعادل قوة التحكم المطلوبة للمحافظة على إيروديناميكية قوة الخفض (**down force**) على الذيل. وعند بعض تمارين الطيران فإن الحاجة لموازن الرافع ليحافظ على زاوية المواجهة المطلوبة ويطبق لتقليل سرعة الطيران مع المحافظة على وضع مقدمة الطائرة المرتفع مما يحتاج للكثير من التوازن. موازن الرافع مرتبط بقوة مع سرعة دفق الهواء على الذيل،

لذلك فعند تغيير السرعة الجوية للطائرة فذلك يتطلب تعديل بالموازن. فتصميم عامل متغير للطائرة هو الثبات للطائرة عندما توازن نفسها عند مستوى طيران محدد. فأي اضطراب مثل هبة ريح أو مطبات هوائية (**Air turbulence**) ستضعفها لفترة قصيرة ثم تعود الطائرة لوضعها المتوازن.

موازنة سطح الذيل

السطيحات الموازنة (**Trimming tail plane**) الموجودة بسطح توجيه الرافع غير قادرة على إعطاء القوة والحركة المطلوبة –عدا الطائرات شديدة الخفة–. ولعمل توازن بالقوة المناسبة فإن سطح الذيل الأفقي بأكمله يصبح متكيف مع الانحدار. وهذا يساعد الطيار باختيار الكمية الدقيقة من قوة الرفع الموجبة أو السالبة من سطح الذيل عندما يتم تقليل مقاومة السحب من الرافع.

تحكم الطرف الناتئ

تحكم الطرف الناتئ (**Control horn**) هو مقطع من سطح تحكم يكون ناتئا أمام نقطة الارتكاز. وهي تنتج قوة تميل إلى زيادة بإنحراف السطح مما يقلل من ضغط التحكم الناشئ من الطيار. تحكم الطرف الناتئ يمكن دمجه مع ثقل موازن والذي يساعد لمعادلة سطح التحكم ويمنع عنها مايسمى بالرفرفة **Fluttering** في تيار الهواء. بعض التصميمات تعرض أوزان مضادة للرفرفة **anti-flutter weights**.

سطيح اتزان نابضي

سطيح الإتزان النابض (**Spring trim**) هو سطيح توازن ثانوي، متصل بأذرع التحكم في سطوح التوجيه. وتلك السطوح الرئيسية بدورها يتصل كل منها بنابض واقع تحت تأثير شد يكفي لتحريك الرافعين أو الجنيحين أو الدفة. فإذا زادت السرعة إلى الحد الذي يصبح عنده سطح التوجيه ثقيل الحركة، فعندئذ يستخدم الطيار سطيح التوجيه الثانوي المؤازر والذي بدوره يحرك السطح الرئيسي المتصل به.

موازن الدفة والجنيح

كما أسلفنا سابقا فإن الموازن لا يكون بالرافع فقط بل يوجد بالدفة والجنيحات. وفائدة استخدامه هي لمواجهة تأثير التيار المزاح (**slip stream**)، أو تأثير مركز الثقالة إذا اتجه إلى أحد الجانبين. ويكون سببه زيادة بالوزن في أحد الجانبين مقارنة بالآخر، ومثال على ذلك وجود كمية وقود بخزان أقل من الآخر الموجود بالاتجاه الآخر.

أسطح تحكم أخرى

طائرة فوكار ٧٠ التابعة لخطوط كي إل إم حيث تظهر أسطح التحكم: القلاب ومثبطات الرفع ولونها كريمي وعددها خمس لكل جهة، ويبدو القلابات قد تم انزالهم بالكامل بالحافة الخلفية للجناح.

مثبط الرفع spoiler

سطيح يرتفع عن مستوى الجناح أو المقطع الأيروديناميكي ، فيحدث تغييرا في سريان الهواء ويزيد المقاومة . وهو يستخدم في التحكم الجانبي وفي الفرامل الهوائية . يستخدم مثبط الرفع (بالإنجليزية: **Spoiler**) أو (**lift dumper**) عند الطائرات ذات مقاومة هواء قليلة مثل الطائرات الشراعية كمعطل لمرور الهواء فوق الجناح ومقوي بشكل كبير لكمية المقاومة. وذلك لكي يسهل على طيار الشراعي لتقليل الارتفاع بدون أي زيادة مفرطة للسرعة الجوية. المثبطات التي

تستخدم بشكل غير متماثل تسمى (**spoileron**) ولها القدرة على التأثير في تقليب الطائرة (**Rolling**).

القلابات flap

القلاب هو جزء متحرك على الجناح يتم تحريكه لتتحكم بالرفع والكبح الناتجين عن الجناح (زيادة الرفع عند الإقلاع أو زيادة الكبح عند الهبوط) . و هو مصمم لزيادة الرفع أو المقاومة بتغيير احديداب الجناح ،ايضا يستخدم لابطاء الطائرة ثناء الهبوط عن طريق زبادة الرقع . توجد القلابات على الحافة الخلفية للأجنحة بالجزء القريب من الطائرة. ويتم انزالها للأسفل لزيادة تأثير إنحناء الجناح. فهي تزيد من كفاءة الرفع القصوى للطائرة وبالتالي فإنها ستقلل من سرعة الإنهيار. وتستخدم القلابات في حالة الإقلاع أو مراحل الهبوط حيث السرعة منخفضة وزاوية المواجهة عالية. يوجد نوع من القلابات يجمع مميزات كلا من الجنيح والقلاب وتسمى (**flapperons**) وإن كان الخاصية الرئيسية هي كجنيح إلا أنها تنزل للأسفل عند استخدامها كقلاب. لذا فهي تعمل كقلاب وكجنيح.

السدفة

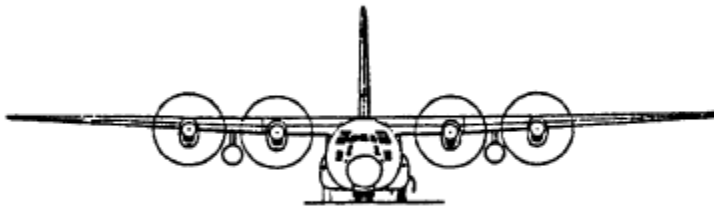
موقع سدفات الحافة الأمامية لطائرة A300، ويظهر بانها في حالة امتداد

تعرف السدفات (بالإنجليزية: **slats**) بأنها أدوات الحافة الأمامية ويكون امتدادها إلى مقدمة الطائرة لتقوية الرفع، ويراد بها تقليل سرعة الإنهيار وذلك بتغيير مجرى الهواء خلال الجناح. وقد تكون السدفات ثابتة أو متحركة، فالثابتة (بالأغلب يكون بالطائرات القديمة جدا) يعطي سرعة منخفضة ممتازة مقدرة على إقلاع وهبوط قصير، ولكن يعطي متوسط أداء لسرعة عالية. أما السدفات المتحركة، وكما بالصورة، فهو يقلل من سرعة الإنهيار عند الإقلاع والهبوط، ولكنها تنكمش في مكانها عند السرعة الجوية للطيران.

كوابح الهواء air brake

أو الفرامل الهوائية:وهي عبارة عن سطوح تخرج من جسم الطائرة وذلك حسب مهمتها أو حركتها فتصدم الهواء المنساب على جسم الطائرة فتعمل

على زيادة الكبح المطبق على الطائرة في الجو وتركب على الجسم الخلفي وعلى الجهتين اليمنى واليسرى ومن الأعلى ومن الأسفل .يستخدم كابح الهواء – الذي يسمى أيضا بإسم مثبط الطيران أو المثبط– في الطائرات ذات السرعة العالية لزيادة المقاومة. في الطائرات التجارية –كمثال– يكون المثبط على شكل سلسلة من الألواح فوق السطح العلوي من الجناح حيث ترتفع إلى الأعلى لعمل خلخلة على تيار الهواء، مما يرفع من المقاومة. يعتمد عدد الألواح وكذلك درجة التمدد على أنظمة الطيران التي تستخدمها، على سبيل المثال إن احتاج الطيار أن ينحدر بقوة دون زيادة في السرعة، فعليه أن يختار إعداد كوابح السرعة للتغيير المطلوب. في مثل هذه الحالة، تتمدد الواح المثبط ذلك لعمل أكفأ تقليل ممكن للسرعة دون زيادة في اجهاد الجناح. تشترك ألواح المثبطات التي على الأجنحة في الطائرات التجارية مع مساهمات الجنيح لتعزيز تحكم الإلتفاف. فعند عمل تمايل إلى اليسار فإنه يستخدم الجنيحات وكذلك ألواح المثبط للجناح المتجه للأسفل. وتتشابه المثبطات الأرضية جوهريا مع المثبطات الجوية، عدا أنها تتمدد عند لمس المدرج، وتكون جميع ألواح المثبط في أقصى درجات تفريغ للرفع "**lift dump**". بعد الهبوط تتمدد المثبطات الأرضية وتفرغ الرفع المتولد من الأجنحة، مما يجعل حمل الطائرة ينتقل من الجناح إلى العجلات، والتي تكمل الجزء الأكبر من الكبح بعد الهبوط. ويساعد ايضا عاكس الدفع في عملية الكبح، الذي يعكس العادم الخارج من المحرك إلى الأمام، مما يقلل في سرعة الطائرة .



C130

٤–عدادات الطائرة instruments :

يمكن تصنيف أدوات القياس (العدادات) بطريقتين مختلفتين :

١. عن طريق مبدأ عملها

٢. عن طريق العمل الذي تقوم به

تنقسم أدوات القياس عن طريق العمل الذي تقوم به إلى:

١– عددات المحرك **Engine instruments**

٢– عدادات الطيران **Flight instruments**

١–الأجهزة المساعدة instruments Auxiliary

١– عدادات المحرك و هي :

أنظمة عدادات المحرّك تقسّم إلى أنظمة رئيسية و أنظمة ثانوية. بعض الأنظمة تختص بها المحركات التربينبة الغازية، أو التربنية ذات المراوح**turboprop** أو المكبسية و البعض يوجد فى كلّ الأنواع.

العدادات الأساسية تتضمّن:

- السرعة
- درجة الحرارة
- الدفع **thrust**
- تدفق الوقود .

العدادات الثانوية تتضمّن (لكن ليست كلها):

- درجة حرارة الزيت
- كمية الزيت
- ضغط الزيت
- الاهتزاز.
- مؤشر درجة حرارة غاز النفث (التي ينفثها المحرك) .
- مؤشر درجة حرارة غرفة الاحتراق .

يتم أخذ القياسات عن طريق تشكيلة من المبدلات **transducers** وهى عبارة عن أدوات تستعمل لتحويل العنصر المطلوب مثل الضغط أو درجة الحرارة إلى طاقة كهربائية . إنّ مواقع عدادات المحرّك عادة بين لوحتي الطيارين .

عدادات المحرك فى طائرة قديمة (الصورة فى الأعلى) و اخرى حديثة

مكان عدادات المحرك فى طائرة جيت ستريم Jet stream فى الوسط

٢-عدادات الطيران :

ان البارامترات الستة التى يعتمد عليها الطيارون أثناء طيرانهم هى :

١. السرعة **airspeed**

٢. الإرتفاع **altitude**

٣. الإتجاه **heading**

٤. سرعة الدوران **rate of turn**

٥. سرعة الارتفاع العمودى **climb or decent speed**

٦. الوضعية الأفقية مقارنة بالافق **attitude**

تقوم هذه الأدوات على تحديد سلوك الطائرة وموقعها ويمكن تقسيمها إلى:

- **Pitot-static instruments**

- **Angle of attack systems**

Gyroscopic instruments -

Magnetic compass -

١- **Pitot-static instruments** معدات الضغط الاستاتى (بيتو) تعتمد هذه المجموعة على الضغط الجوي في عملها وهي

Airspeed indicators-

Altimeters-

Vertical speed indicators-

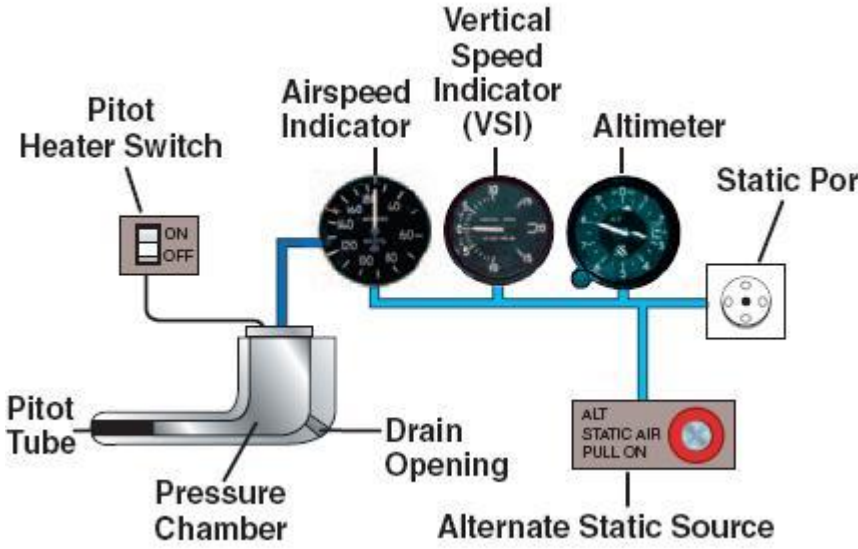
ويكون عملها عن طريق نظام بيتو الاستاتيكى **pitot-static system**

هذه المعدات تعتمد بشكل أساسى على اداة بسيطة المبداء وهى انبوب بيتو **Pitot Static Tube**، إن الغاية منها هى قياس فرق الضغط بين الضغط الإستاتيكى الموجود فى خزانات هواء ساكن و بين ضغط الهوا الخارجى و الذى يسمى فى هذه الحالة بالضغط الديناميكى .

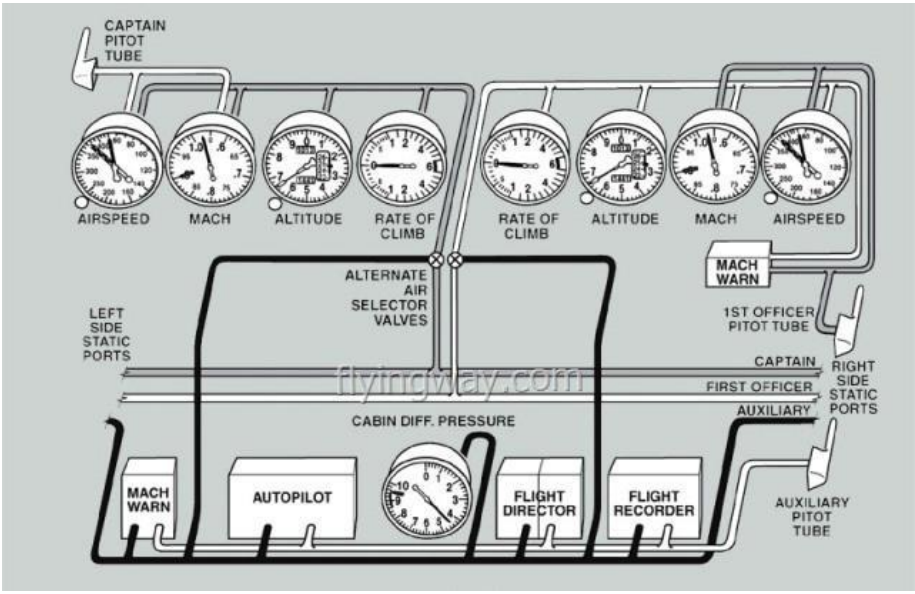
إن المبدء الفيزيائى لأنبوب بيتو هو قانون برنولى فى تحول الطاقة الكامنة الى حركية و بالعكس.

وفق هذا القانون نجد ان الهوا الساكن سيكون ذو ضغط أعلى من الهوا المتحرك فى خارج الطائرة، هذا الفرق ناتج عن الطاقة الحركية (المتمثلة فى السرعة) للهواء، كما يمكن تحديد الإرتفاع و ذلك بنا على معرفة الكثافة (

حيث يتم مقارنة الكثافة المقاسة مع الجداول القياسية لكثافة الهوا عند كل الإرتفاعات و بالتالى الحصول على الارتفاع الذى تطير عنده الطائرة).



pitot static system



المعدات التى تعتمد على انبوب بيتو

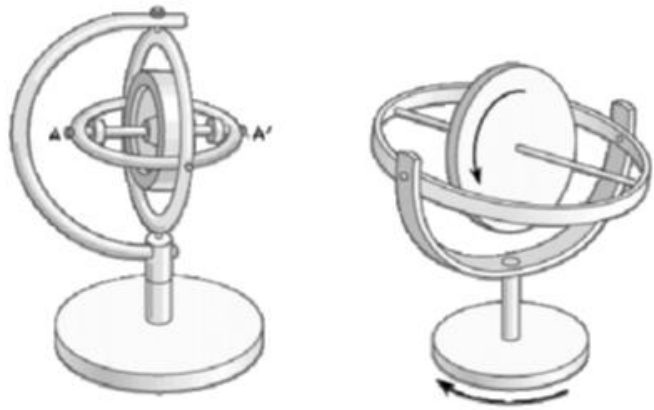
المعدات الجيرسكوبية Gyroscopic instruments :

تم إستخدام الجيرسكوب للمرة الأولى عام ١٨٥١، و هو عبارة عن إطارات معدنية متداخلة تستمر فى الدوران فى فراغ (خالى من الهواء) أوبإستخدام محرك كهربائى، و يوجد فى مركز هذه الإطارات الوزن المعدل الذى يحافظ على وضعه فى الفراغ تحت تأثير هذا الدوران (و ذلك بالاعتماد على قوانين نيوتن للحركة ،حيث يؤمن الإطار الدوار إستقلالا تاما عن القوى المحيطية الخارجية بما فى ذلك قوى الجاذبية و القوى العطالية الناتجة عن

التسارعات المختلفة)، إن القوى العطالية أو تغير إتجاة قوة الثقالة الناتجة عن الدوران تؤثر على إتجاه الدوران، و نتيجة عطالة دورانه الكبيرة فإنه يتغلب عليها مقابل خسارة فى طاقة الدوران ،هذه الخسارة يتم تعويضها (بزيادة سرعة الدوران مثلا) و يتم قياسها لمعرفة زاوية الدوران أو سرعة الدوران (و هذا يعتمد على حساسية الجيروسكوب).

للجبروسكوب ثلاث وظائف : تحديد الشمال، تحديد الاتجاه، تحديد الوضعية .

يتم تحديد الشمال بواسطة البوصلة الجيروسكوبية، أما تحديد الاتجاه فيتم بواسطة مؤشر الإتجاه، أما الوضعية **attitude** فيتم بواسطة الأفق الصناعى، بشكل عام تقوم المعدات الجيروسكوبية بقياس زاويا الانحراف عن مستويات مرجعية (**reference plans**).



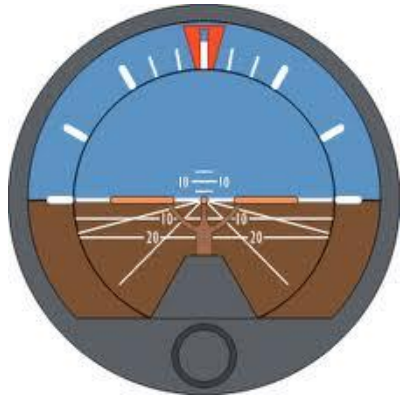
ـــ شكل يوضح الجيروسكوب ذو درجات الحرية الثلاثة ودرجتي الحرية ـــ

تنقسم الالات الجيروسكوبية الى نوعان :

1-Attitude gyro : attitude indicator(artificial horizon),heading indicator (directional gyro).

2-rate gyros :turn and slip indicator ,turn coordinator .

مؤشر الوضع Attitude Indicator:



أو مؤشر الوجهة (بالإنجليزية: **attitude indicator**) أو المؤشر الأفقي (بالإنجليزية: **gyro horizon**) أو الأفق الصناعي (بالإنجليزية: **artificial horizon**) هو عداد يستخدم لتنبيه الطيار باتجاهات الطائرة مقارنة بخط الأفق. يعطي مؤشر الانحدار (الميلان الأمامي والخلفي) ومؤشر الانحراف (ميلان جانبي). أى الغرض منه العرض المتواصل لسلوك الطائرة بالنسبة لمستوى الأرض . يعرض حالة **pitch and roll** الخطران و العطوف . يعرض خطران و عطوف الطائرة بالنسبة لمركز الأرض يعرض خطران و عطوف الطائرة بالنسبة

لمركز الأرضالجزء المتحرك من واجهة العداد تكون مقسومة إلى قسمين بينهما خط مستقيم هذا الخط يمثل خط الأفق الجزء العلوي يكون بلون فاتح غالباً ما يستخدم اللون الأزرق ويمثل السماء والجزء السفلي يكون بلون داكن غالباً البني أو الأسود ويمثل الأرض ويحتوي الجزء السفلي على مجموعة خطوط تتصل جميعها بخط الأفق وتفيد قائد الطائرة لمعرفة درجة ميلان الطائرة إلى الجانب **bank**وتوجد خطوط متوازية أيضاً في المنطقة العلوية والسفلية وتفيد قائد الطائرة لمعرفة درجة صعود أو نزول الطائرة **pitch** ويوجد في أعلى الجهاز مجموعة خطوط مع مؤشر تدل على درجة ميلان الطائرة إلى الجانب**bank** وكل خط يمثل مقدار الزاوية وهي كالتالي ١٠، ٢٠، ٣٠، ٦٠، ٩٠ .

يعرض خطران وعطوف الطائرة بالنسبة لمركز الأرض

طريقة عمل الجهاز :

تستخدم تلك المؤشرات الجيروسكوب وهو جهاز لحفظ التوازن أو لحفظ الإتجاه وإنشاء نظام ملاحة بالعطالة. الجيروسكوب ملائم للمؤشر ببعديه المتحركين بحرية والذي يظهر الانحدار والانحراف بنفس الوقت. زاوية الانحراف الحقيقية محددة حول محيط العداد. أما زاوية الانحدار فهي محددة بواسطة خطوط متسلسلة داخل المؤشر كل خط يعطي ٥ درجات من زاوية الانحدار .

تستخدم تلك المؤشرات الجيروسكوب وهو جهاز لحفظ التوازن أو لحفظ الإتجاه وإنشاء نظام ملاحة بالعطالة تستخدم تلك المؤشرات الجيروسكوب وهو جهاز لحفظ التوازن أو لحفظ الإتجاه وإنشاء نظام ملاحة بالعطالة تستخدم تلك المؤشرات الجيروسكوب وهو جهاز لحفظ التوازن أو لحفظ الإتجاه وإنشاء نظام ملاحة بالعطالة تكون بقيام الجيرو بالدوران وعند تغير أي من سلوك الطائرة **pitch and roll** تتحرك علبة الجهاز مع حركة الطائرة بينما يقوم الجيرو بالثبات على وضعه ويكون هو المرجع الأساسي للتغير في الحركة وتظهر مقدار هذا التغير على العداد لتبين التغيير في سلوك الطائرة عن الوضع الطبيعي.

فى الوقت الحالي بدأ استبدال جهاز حفظ التوازن الميكانيكي الجيروسكوب بأنظمة تسمى نظام إشارة الوجهة والإتجاه (**Attitude and Heading Reference Systems (AHRS** وتستخدم جيروسكوب مصغر ليعطي معلومات متكاملة لتوجيه الطائرة.

وهو متكامل مع **magnetometers** وهو المجس المغناطيسي ليعطي معلومات عن اتجاه الطائرة. فى السابق كانت معلومات الإتجاه تستقى من جهاز جيروسكوبي منفصل يسمى جهاز حفظ التوازن الموجه **directional gyro** أو مؤشر الإتجاه، الآن بإمكان نظام إشارة الوجهة والإتجاه أن يعطي

معلومات عن ثلاث محاور وتستفيد منها الشاشات الإلكترونية الحديثة الموجودة بالطائرة.

مؤشر الاتجاه **Heading Indicator**

يعرض اتجاه الطائرة بالنسبة الى الشمال المغناطيسى . ويستخدم في تحديد إتجاه الطائرة وتمثل مقدمة الطائرة الإتجاه .الأرقم والأحرف المرقمة بشكل دائري على العداد قاعدتها تكون ثابتة ومتصلة بجيرو . فإذا تغير إتجاه الطائرة فتتحرك معها هذه القاعدة المرقمة فيجب على الطيار سحب وتدوير معاير صغير يوجد في طرف العداد**knob** ليدير القاعدة المرقمة ليطابق إتجاه الطائرة بإتجاه البوصلة وعندما يفلت الطيار المعاير يرجع إلى مكانه بواسطة زنبرك **spring** فينفصل الجهاز عن المجموعة الميكانيكية التي نقوم على معايرته ويبدأ بالعمل.

مؤشر الدوران Turn Indicator :

مؤشر الانعطاف أو الدوران و يظهر معدل انعطاف الطائرة

يحتوي هذا العداد على مؤشر وكرة . يكون المؤشر متصل بجيرو ويعرض درجة إنحراف الطائرة **bank attitude** حول محور الطائرة الرأسي **vertical axis**، فعندما تكون في المنتصف فتعني أن الطائرة تطير بشكل مستقيم. وتكون الكرة داخل أنبوب يحتوي على سائل وتقوم على عرض ما إذا كان إنحراف الطائرة منفذ بشكل صحيح بدون أي إنزلاق أو**slipping**

الإختلاف الأساسي بين **Turn indicators** و **heading** & **attitude indicators** هو طريقة تثبيت الجيرو نفسه. الجيرو المستخدم في **Turn indicators**تكون له حرية حركة محدودة لأنه موضوع على حلقة واحدة **gimbal**تدور حول محور واحد فقط.

هناك نوعين أساسين في أجهزة الانعطاف **Turn indicators** وهما:

1- Turn and slip indicator

2- Turn Coordinator indicator

طريقة عمل الجهاز كما تلاحظ في الرسم فى الاعلى يدور الجيرو بطريقة محددة مع إمكانية إنحرافه إلى اليمين أو اليسار .

يقوم زنبرك **centering spring** بالحفاظ على مستوى الحلقة عندما لا تكون هناك أي قوة خارجية تؤثر عليه. فعند دوران الجيرو وتبدأ الطائرة بالدوران حول محورها الرأسي**vertical axis** فتحدث قوة تغيير على الجيرو وبسبب مبدأ المبادرة **precession** ستكون الإستجابه لهذه القوة على بعد ٩٠ درجة من موقع القوة الأصلي بإتجاه الدوران مما يجعل الجيرو يميل ويقوم على تحريك المؤشر.

وفي الطائرات الحديثة أصبح إستخدام **Turn Coordinator indicator** بدلاً من **Turn and slip indicator** لما فيه من إضافة وهي أنه بإستطاعته عرض **turning and banking** وذلك بفضل وضعية الجيرو التي تكون بزاوية ٣٥ درجة. فعندما تدور الطائرة إلى اليمين أو اليسار يدور رمز الطائرة الموجود على واجهة الجهاز تبعاً لإتجاه دوران الطائرة. وعندما يتقابل أحد اجنحة رمز الطائرة مع أحد الخطوط السفلية فتدل على أن الطائرة تقوم بالدوران بمعدل ٣درجات / ثانية .

البوصلة المغناطيسية Magnetic Compass

وتعني البوصلة هي أداة بسيطة تقوم على تحديد الاتجاه ويكون ذلك بسبب وجود قطعتين من المغناطيس **Magnets** تقوم بجعل البوصلة متوازية مع القطب المغناطيسي الشمالي **Magnetic North Pole** .

يوجد شريط دائري داخل البوصلة يسمى بال **Compass card** ويحتوي على ٣٦ خانة على مدار ٣٦٠ درجة يوجد منها أربع خانات أساسية وهي تمثل الاتجاهات الأربعة الأساسية ويرمز لها ب **N,E,S, and W** الشمال يمثل درجة صفر و 360 والشرق يمثل درجة ٩٠ والجنوب بدرجة ١٨٠ والغرب

بدرجة ٢٧٠ ويسمى الخط الثابت الموجود على الزجاج الخارجي للجهاز الذي يحدد الاتجاه ب **lubber line** .

يعبأ محتوى البوصلة بمادة سائلة مثل الكيروسين لمنع الاهتزاز الجسم الطافي داخل البوصلة ويتم إضافة مواد أخرى تمنع تكون الفقاعات وتتم معايرة الجهاز بسبب الانحراف الذي يسببه المجال المغناطيس الذي يكون موجود فى الاجهزة الأخرى .

- الأجهزة المساعدة auxiliary instruments هى:

تلك التي تعطى معلومات عن تشغيل أنظمة الطائرة المساعدة مثل النظام الكهربائي و و نظام الهيدروليكي و جهاز الهبوط ونظام منع الجليد و نظام الضغط و التكييف و نظام الأكسجين .

Flight instruments	
Pitot-static	• Altimeter • Airspeed indicator • Machmeter • Variometer
Gyroscopic	• Attitude indicator • Heading indicator • Horizontal situation indicator • Turn and bank indicator • Turn coordinator • Turn indicator
Navigational	• Horizontal situation indicator

- Course deviation indicator
- Inertial navigation system
- Magnetic compass
- SIGI
- Satellite navigation

شرح لأهم العدادات :

مؤشر الانحراف عن المسار Course deviation indicator:

اداة تبين مدى الانحراف عن المسار أى تبين موقع الطائرة اما يمين أو يسار المسار المقصود .اى مبين يستعمل في الملاحة لتقرير موقع الطائرة الجانبي فيما يتعلق بالمسار، الذي يمكن أن يعطى من قبل منارة الاومنى أو نظام الهبوط الالى .هذه الآلة يمكن أيضا أن توجد مع مبين الاتجاه في مؤشر الوضع الأفقي.

بوصلة مغناطيسية راديوية **Radio Magnetic Indicator** :

RMI, Radio Magnetic Indicator

توجد عادة مقترنه بمعين الإتّجاه التلقائى (**ADF**)، الذي يعطى الاتجاه الزاوى من منارة لا إتجاهية (**NDB**). بينما تكون شاشات معين الإتّجاه التلقائى البسيطة لها إبرة واحدة فقط، **RMI** لها إثنتان، مقترنه مع مستقبلات **ADF** المختلفة، مما يسمح بالتثليث **triangulation** للإشارات .

Altimeter مقياس الارتفاع :

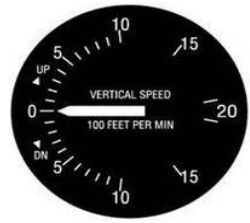
يقيس الارتفاع من مستوى سطح البحر altitude .

وهو جهاز في أبسط صورة عبارة عن بارومتر معدنى (لا سائلى)لقياس ضغط الجو ، وبدلا من قراءة الضغط على قرصه المدرج ، فإنه يعطى الإرتفاع فوق منسوب معين .ويمكن ضبط المقياس في بادئ الأمر إلى أى منسوب اسنادى مختار. و يوجد فى عدة صور أكثر تعقيداً ليقيس أمّا إرتفاع بارومتري أَو إرتفاع رادارِى .

مبين السرعة الهوائية أو الجوية **Airspeed indicator :**

جهاز يبين سرعة الطائرة بالعقدة بالنسبة إلى الهواء .وعادة تصحح قراءاته من تأثير أخطاء الجهاز نفسه ، والموضع ، وانضغاطية الهواء .

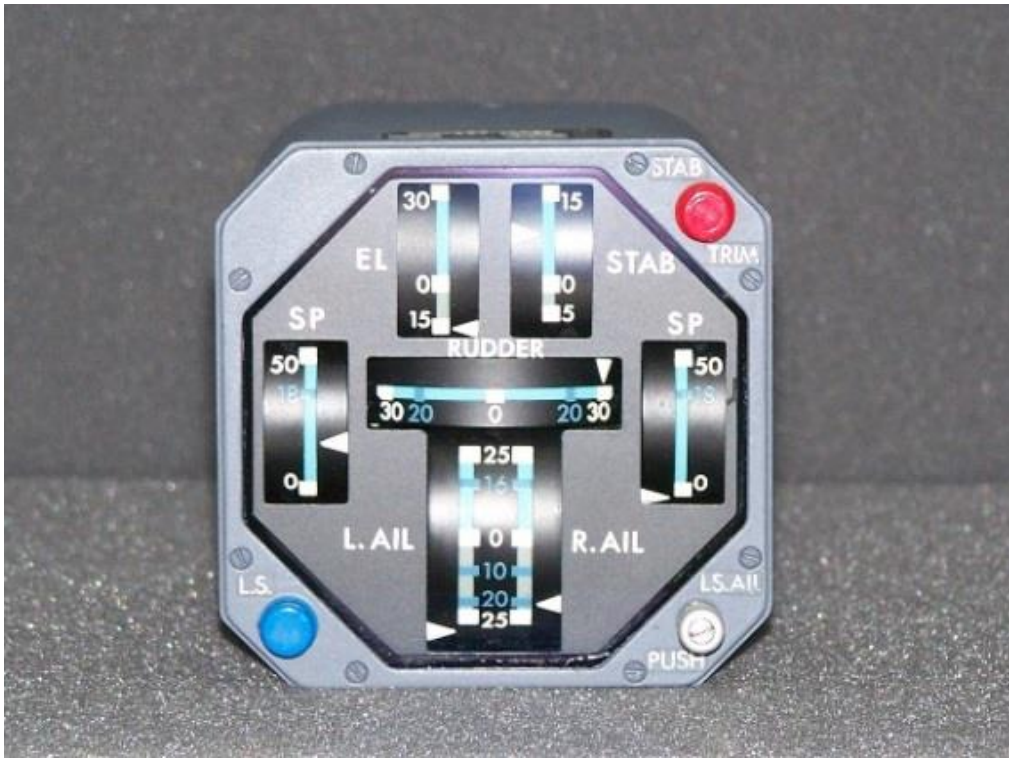
vertical speed indicator :

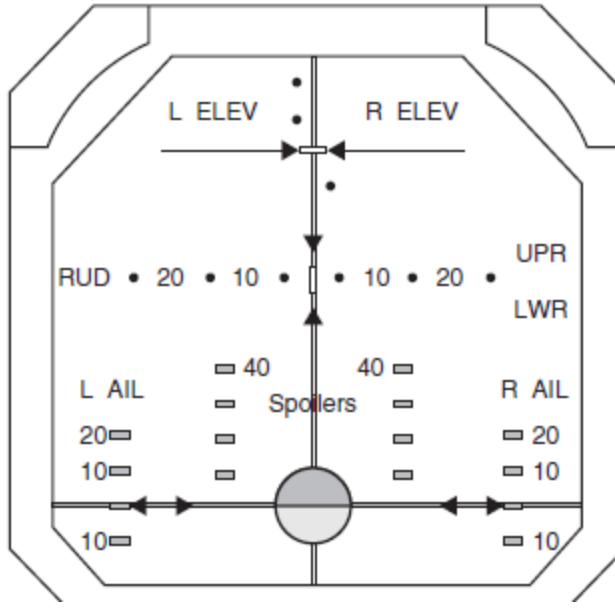


مبين السرعة الرأسية: جهاز ذو مؤشر لبيان معدل الصعود والهبوط ، وذلك لمساعدة الطيار في الإستواء بالطائرة عند الإرتفاع المطلوب . وعادة يجمع بين هذا الجهاز وعداد الإرتفاع. يعرف ابضا ب **Rate of Climb and Descent Indicator** .

مؤشرات أسطح التحكم control surface indicators :

تم تجميعها فى مؤشر واحد لمعرفة وضع أسطح التحكم .الرسم فى الأسفل .


STAB
TRIM
EL
STAB
SP
SP
RUDDER
L. AIL
R. AIL
L.S.
L.S.AIL
PUSH


L ELEV
R ELEV
RUD
UPR
LWR
L AIL
Spoilers
R AIL

الترتيب و التنسيق arrangement :

إن تصميم قمرة القيادة يعد من الأمور المعقدة حيث أن هناك العديد من المؤشرات التى يجب زجها فى مساحة ضيقة لكن مع إبقائها واضحة سهلة الوصول للطيار (ومساعده).

غالبا ما يتم ترتيب المعدات على شكل حرف **T** بحيث يشكل عداد السرعة و الإرتفاع و الوضعية الخط الأفقى من الحرف **T** و يكون عداد الإتجاه فى الخط السفلى من الحرف **T** بينما عداد السرعة الشاقولية فى الزاوية السفلية اليمنى من الحرف **T** وعداد الالتفاف فى الزاوية السفلية اليسرى من الحرف **T** حيث يعتبرا من العدادت الثانوية.

فيما يلى مخطط يظهر الترتيب المبدئى للعدادات فى كابينة القيادة :

١. مؤشر السرعة **Airspeed indicator**
٢. البوصلة الجيروسكوبية **Gyroscopic compass**
٣. مؤشر الأفق الصناعى **Artificial horizon**
٤. مقياس الإرتفاع **Altimeter**
٥. مؤشر الإلتفاف و الدوران **Turn and Bank indicator**
٦. مؤشر السرعة الشاقولية **Vertical speed indicator**
٧. راديو الاتصال و الملاحة ذو الترددات العالية جدا **VHF Communication- Navigation radio**
٨. عداد الوقود المتبقى (الخزان الأيسر) **fuel gauge**

٩. عداد ضغط الزيت **Oil pressure gauge**

١٠. عداد درجة حرارة الزيت **Oil temperature gauge**

١١. عداد الوقود المتبقى (الخزان الأيمن) **fuel gauge**

١٢. مؤشر الإمتصتص **Suction indicator**

١٣. مقياس سرعة دوران المحرك (عدد الدورات) **Tachometer**

١٤. مؤشر مولد الكهرباء **Battery generator indicator**

١٥. ساعة **Clock**

١٦. التحكم الثنائى بالعجلات **Control wheel (dual)**

١٧. دواسات دفة الإتجاه **Control pedal**

١٨. زر التحكم بحرارة المكربن **Carburetor heat control**

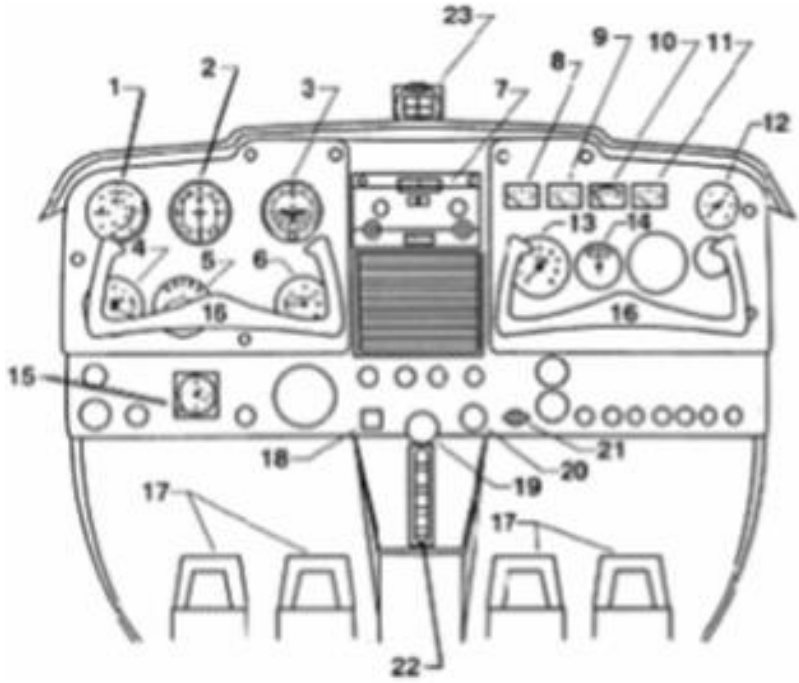
١٩. زر التحكم بالخانق **Throttle control**

٢٠. زر التحكم بمزيج الوقود – الهواء **Fuel – air mixture control**

٢١. زر التحكم بقلابات الأجنحة **wing flaps control**

٢٢. زر التحكم بأسطح الموازنة **Trim tab control**

٢٣. ٢٣ – البوصلة المغناطيسية **Magnetic compass**



هذا الرسم أعلاه للتوضيح فقط و لا يحتوى على الكثير من التفاصيل كما أنه ليس معيارياً . لمزيد من الإيضاح يرجى مراجعة قمرة القيادة **cockpit** .

5 - الأنظمة المساعدة auxiliary systems:

نظام الوقود فى الطائرة :

يختلف نظام الوقود من حيث التعقيد من طائرة إلى أخرى، فقد تجده بسيط جداً في طائرة صغيرة ذات محرك واحد ويتدرج في التعقيد إلى طائرة ركاب نفاثة، إلا أن كل أنظمة الوقود تتشارك في أغلب الأجزاء فكل نظام يحتوي على خزان للوقود أو مجموعة من الخزانات وأنابيب توصيل لنقل الوقود من الخزان إلى المحرك ومضخة "**pump**" ومجموعة من الصمامات "**valves**" للتحكم في تدفق الوقود، وأدوات قياس "**indicators**" لمعرفة كمية الوقود الموجود في الخزان.

الوقود أثناء الرحلة

كل الطائرات سواءً ذات الأجنحة الثابتة أو المروحية تحتاج إلى تدفق متواصل للوقود في جميع حالات الرحلة. يأخذ وزن الوقود نسبة كبيرة من الوزن الكلي للطائرة، ويكون تقريباً بنسبة حوالي 10% في الطائرات الصغيرة إلى 40% في الطائرات النفاثة الكبيرة ذات الرحلات الطويلة. وزن الوقود هذا يحتاج إلى أن تكون بنية الطائرة قوية كفاية لحمله في جميع حالات الرحلة. وكذلك بالنسبة لتصميم الطائرة يجب على المصممين أن

يضعوا في الحسبان أن تناقص كمية الوقود خلال الرحلة لا يؤثر على توازن الطائرة. ولتخفيف الضغط والإجهاد على بنية الطائرة وإطالة عمر الطائرة يقوم مشغلي الطائرات بإستخدام بعض الإجراءات عن كيفية إستخدام الوقود من خزانات مختلفة فمثلاً في طائرات B747 يتم أولاً إستخدام الوقود الموجود في الخزان الأوسط ويليه خزانات الأجنحة الداخلية إلى أن تتساوى مع كمية الوقود في خزانات الأجنحةالخارجية.

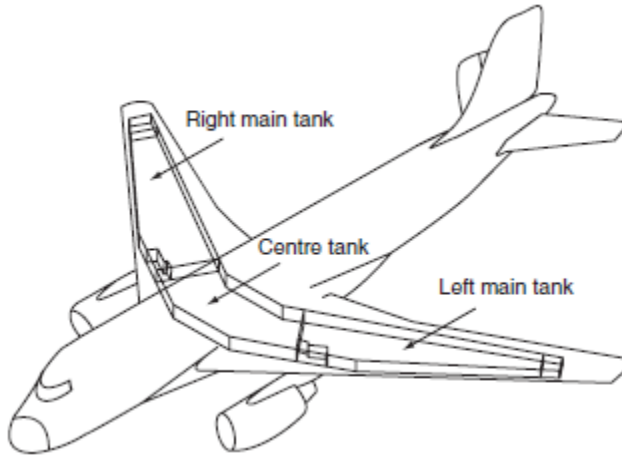
تلوث الوقود

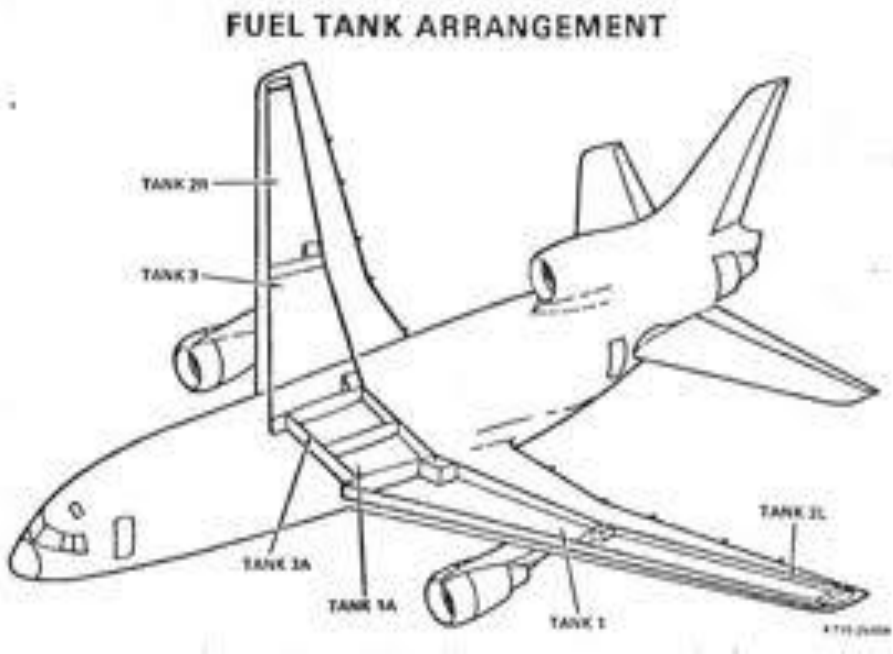
تلوث الوقود من الأشياء التي يجب معرفتها عن قرب لأنها تعتبر من أهم المشاكل بالنسبة لهذا النظام. التلوث قد يكون على شكل جسيمات صلبة، ماء، ثلج أو بكتيريا تتغذى على الوقود. ويقوم هذا التلوث على سد فلاتر وصافيات الوقود وقطع الوقود عن المحركات وتكون المشكلة في الماء عند طيران الطائرة على إرتفاعات عالية حيث درجة الحرارة منخفضة جداً مما قد يحول الماء إلى ثلج داخل الفلاتر، ولذلك يستخدم في بعض الطائرات سخانات لتسخين الوقود لمنع تكون الثلج داخل الخزان. كذلك نوع ودرجة الوقود يجب أن تتطابق مع المحرك المستخدم. ومن مسئولية قائد الطائرة أن يتحقق من التطابق.

أنواع خزانات الوقود

- "**Integral tanks**"

خزّانات وقود تكاملية : وتكون هذه الخزانات من بنية الطائرة الداخلية. واقعة ضمن تركيب الطائرة ؛ و تكون عبارة عن خزانات محكمة الغلق من أجل تخزين وقود. تشكّل هذه الخزانات جزء من الطائرة ؛ أي لا يمكن إزالتها . هناك فتحات وصول تركّب للسماح بالفحص و التصليح و الصيانة. فى طائرات الركاب الكبيرة ، هناك أربع خزانات رئيسية، اثنان في كلّ الجناح. إنّ المنطقة بين السارياتspars الأمامية والخلفية تقسم إلى أقسام عن طريق أضلاع **ribs** الصلبة. جلد الجناح (السطوح العليا و السفلى) تكمل الخزان . و فى بعض الطائرات تكون هناك خزانات في الجناح .





Integral fuel tanks

- "**Bladder tanks**"

خزانات كيسية : ويستخدم مثل هذا النوع علـــى طـــائرة C-130. أكياس مطاطية مقواة مركّبة في مناطق معينة من الطائرة. يمكـــن إدخالهـــا / أزالتها عن طريق فتحة مرشح الوقود أو فتحة مخصصة ؛ و من ثمّ تثبـــت إلى هيكل الطائرة بالدبابيس .

Bladder

- **Rigid tanks** أو "**External Fuel Tanks**"

الخزانات الصلبة : هي خزانات خارجية تكون معلقة بالطائرة ويوجد أنواع منها من الممكن فصلها خلال الطيران. توجد عادة في طائرات الملاحة العامّة الصغيرة و تكون مركّبة ضمن هيكل الطائرة و/ أو الأجنحة، و مصمّمة لكي تكون قابلة للفصل من أجل الفحص أو الاستبدال أو التصليح. لا تشكّل عنصر مكمّل في تركيب الطائرة.

أنواع مضخات الوقود

- "**Engine Feed Pumps**"

تقوم هذه المضخات على تغذية المحرك بالوقود بالضغط المطلوب.

- "**Fuel transfer pumps**"

تقوم على ضخ الوقود من خزان إلى آخر.

أنواع الصمامات

- "**Selector valves**"

يقوم على تحديد أي الخزانات المراد استخدامه في تغذية المحرك.

- "**Cross-feed valves**"

ويستخدم لنقل الوقود من خزان إل آخر.

- "**Refuel / defuel valves**"

يستخدم لإمداد الطائرة بالوقود أو لتفريغها.

- "**Fuel dump valves**"

يستخدم لتفريغ الوقود خلال الرحلة.

- "**Fuel vent valves**"

لإزالة ضغط الهواء الزائد داخل الخزان.

أنواع أدوات القياس

يوجد أنواع عديدة من أدوات القياس منها البسيطة جداً كالتي تكون في الطائرات الصغيرة وتكون على شكل قطعة تطفو على سطح الوقود تكـــون متصلة بإبرة قراءة تعطي قيمة تقريبية للوقود مثل 4/1 ، 2/1 ، 4/3.

- مقياس تدفق الوقود **Fuel Flowmeter :**

يستعمل عادة في الطائرات المتعددة المحرّكات و يبين هذا المقياس معـــدل استهلاك الوقود في السّاعة.

- مقياس ضغط الوقود **Fuel Pressure Gauge :**

يشير مقياس ضغط الوقود إلى ضغط الوقـــود الـــذي يـــدخل المكـــربن **carburetor** . هذا المقياس قد يوجد مع مقياس ضغط الزيـــت و مقيـــاس درجة حرارة الزيت في غلاف واحد، و يسمّى حينئذ وحدة مقياس المحرّك. أكثر الطائرات اليوم لها مقاييس منفصلة لهذه الوظائف .

- "**Magnetic fuel quantity stick**"

وتسمى اختصاراً **Drip stick** و تستخدم عندما تكون الطائرة على الأرض. وهي عصا يكون في رأسها مغناطيس وتكون معزولة عن الوقود داخل اسطوانة ويكون حول الأسطوانة حلقة مصنوعة من مادة اخف من الوقود ويوجد بها مغناطيس أيضاً. عند تحرير العصا تقوم بالترول حتى يتجاذب المغناطيس الداخلي والخارجي وتكون العصا مرقمة لتعطينا مستوى الوقود في الخزان. يوجد مثلاً في طائرة B747 أكثر من 10 من هذا النوع موزعة على كل الخزانات.

- "**Concentric-type fuel quantity system**"

ما يميز هذا النوع من أدوات القياس أنه يعتمد على وزن الوقود وليس الحجم لأن الوقود يتغير حجمه بتغير درجة الحرارة وليس فقط مستوى الوقود كما في الأنواع الأخرى، ويكون عمل هذا النظام بوجود قطعتين من المعدن متحدي المركز ويعملا عمل المكثف الكهربائي يمتد كل واحد منهما بطول الخزان من الأعلى إلى الأسفل. يقوم كلاً من الوقود والهواء كعازل للكهرباء حيث تختلف قيمة العزل بينهما. فكلما قل الوقود داخل الخزان يظهر المعدن المغمور في الوقود ويتعرض للهواء مما يغير قيمة العزل الكهربائي

ويقوم الجهاز على قراءة هذا التغير ويعاير لتتم قراءته كما يظهر أمام الطيار إما بالكيلوجرام أو بالباوند.

وفى بعض الطائرات ذات المحركات التربينية يوجد مقياس درجة حـــرارة الوقود .

إنذار و اكتشاف قلة الوقود

أنظمة الهيدروليكا hydraulic system

أنظمة الهيدروليك هي المسئولة عن تحريك أجزاء كبيرة من الطائرة مثل الذيل ، عدة الهبوط، الفلابس....إلخ، سائل الهيدروليكا هو عبارة عن زيت مخصوص للقوة ويتحمل درجات ضغط عاليه جدا دون أن يتبخر أو يسخن، لونه أحمر ورائحته نفاذة، وملمسه يلهب الأيدي، وحارق عند ملامسته للعيون أو الجلد الحساس. نظام الهيدروليك مقسم إلى أكثر من نظام، متعدد تحمل مسميات باختلاف أنواع الطائرات، وكل نظام منفصل تماما عن الآخر، ويغذي الأجزاء المتحركة (المضخات، والمحركات) أكثر من نظام للحماية في حال فشل أحد أنظمة الهيدروليك أو تعطل فيقوم النظام الآخر بأداء المهمة.

مكونات نظام الهيدروليك:

مضخات مدارة بمحرك

(**Engine Driven Pump EDP**) يوجد على كل محرك مضخة توليد قوة هيدروليكية، تقع أسفل المحرك، وعند بدء دوران المحرك تعمل هذه المضخة على توليد قوة هيدروليكية فورا وبالإمكان التحكم بها من خلال زر في قمرة القيادة لتشغيلها أو فصلها حسب الحاجة، وهذه المضخات لها حماية

حرارية من خلال حساس حراري يقوم بإرسال إشارة تحذير إلى القمرة، وفى حال عدم تصرف الطيار يقوم بفصلها أليا عند وصول الحرارة داخل المضخة إلى 124°م درجه سليزيوس. وأيضا لهذه المضخات حماية ضغط من خلال قياس فارق الضغط "**Pressure Differential**" و باتباع نفس أسلوب التحذير للطيار لإجراء اللازم أو تفصل تلقائيا.

مضخات هيدروليكية تدار بالهواء:

(**Air Driven Hydraulic Pump ADP**) وتوجد عادة أعلى المحرك، وتستخدم الهواء القادم من المحرك لتحريكها ومن ثم ضغط سائل الهيدروليك لتوليد الطاقة الهيدروليكية، ويتم التحكم بها من خلال زر موجود بقمرة القيادة في الطائرة، ولها نظام حماية للحرارة واختلاف الضغط وذلك لحمايتها من التلف حال حدوث أي خلل.

مضخات هيدروليكية تدار كهربائيا

(**Electric Hydraulic Pumps**) وتوجد في مقصورة الآلات "**HYD SERVICE Center**" أو في صندوق العجلات، وهى عبارة عن محرك يدار بالكهرباء يحرك مضخة الهيدروليك فيولد قوه هيدروليكية ويتحكم بها من

خلال أزرار في قمرة قيادة الطائرة، وله نظام حماية للحرارة وفرق الضـــغط مثل المضخات السابقة.

عنفه هيدروليكا الطوارئ

(**RAT ...Ram Air Turbine**) وتقع أسفل الجناح وتـــترل للطـــوارئ، وهى عبارة عن مروحة كبيرة تدار بالهواء الطلق الذي يمر أسفل الجناح فيولد دورانها حركة ميكانيكية، تدير مضخة الهيدروليك فتولد الطاقة الهيدروليكية، وتستخدم عند فشل المضخات السابقة أو معظمها حسب حالة الطوارئ التي يقررها الطيار.

خزانات حفظ زيت الهيدروليك

(**Hydraulic Reservoir**) تقع في صندوق العجلات وأماكن أخـــرى، ويوضع بها زيت الهيدروليك، ويجب أن لا ينقص عن معيار معـــين، كمـــا يوجد حساس قياس "**Quantity Transmitter**" يرسل إشـــارة إلى عـــداد قياس الكميه في القمرة. أيضا يوجد عليه حساس للحرارة، وأخـــر لقيـــاس الضغط تبعث إشاراتها إلى مصابيح التحذير وعداد قياس الضغط.

المصفيات (الفلاتر)

(Filters) يوجد نوعين من الفلاتر بالنظام: الأول يقع بعد مضخة الضغط، والثاني فلتر الزيت الراجع "**Case Drain Filter**" وتقع قبل الخزان، وفائدة الفلاتر تنقية الزيت من الشوائب لحماية المضخات والمحركات وأيضا للاستدلال على صلاحية مضخات الهيدروليك، خاصة عند ارتفاع الحرارة والأعطال، فإذا وجدت برادة حديدية في الفلتر فذلك يدل على أن المضخات حدث لها عطل وتحللت بسبب الاحتكاك .

التجهيزات الكهربائية بالطائرة:

إن طاقة طائرة الكهربائية تستمد من تشكيلة من المصادر؛ تنقسم هذه المصادر الى مصادر أساسية أو ثانوية. البطاريات والمولّدات تعتبر مصادر أساسية ؛ بينما العواكس **inverters** ووحدات المعدل المحوّل **(transformer rectifier TRU)** تعتبر مصادر ثانوية للطاقة. تكون هذه الطاقة على شكل تيار مباشر أو تيار متناوب يناء على متطلبات النظام.

بالإضافة إلى الأجهزة التي على متن الطائرة، معظم الطائرات لها إمكانية أن توصل إلى مصدر كهربائي خارجي أثناء الخدمة أو الصيانة. إنّ المصدر الكهربائي الأساسي الموجود فى معظم الطائرات هو البطارية التي توفر تيار مباشر (DC). المولّدات يمكن أن توفر أمّا تيار مباشر أو متناوب؛ خرج

المولّدات من الضّروري أن ينظّم. مولّدات التيار المتناوب أيضا تدعى **alternators**. تستعمل العواكس لتحويل التيار المباشر DC (عادة من البطارية) إلى تيار متناوب **(AC)**.

المحوّل : وحدات **Transformer rectifier** تحول التيار المتردد إلى تيار مباشر؛ و تستعمل في أغلب الأحيان لشحن البطاريات من مولّدات التيار المتردد.

في بعض التجهيزات تستعمل المحولات لتحويل التيار المباشر إلى التيار المتردد.

المحرك المساعد أو وحدة الطاقة المساعدة auxiliary power unit (APU) :

يعتبر المحرك المساعد مصدر الهواء المضغوط الساخن و الطاقة الكهربائية ذات التيار المستمر و المتناوب من أجل تغذية أنظمة الطائرة . تستعمل عادة لبدء محرّكات الطائرة الرئيسية عن طريق نظام التوزيع الجوي حيث يؤمن المحرك المساعد _عندما تكون الطائرة على الأرض – استقلالية كاملة للطائرة في عملية التحضير التمهيدي ما قبل الطيران حيث يمكن أخذ الطاقة الكهربائية و الهواء المضغوط من أجل أنظمة إقلاع المحركات الرئيسية و من أجل نظام التكييف . و تكون هذه الوحدة عبارة عن محرّك عنفه غازية صغير **gas turbine** نسبيا و آلية تصريف و آلية امتصاص الهواء، يقع في مخروط

ذيل الطائرة. و يتم تشغيل وحدة الطاقة المساعدة نفسها من بطارية الطائرة الرئيسية.

عندما تكون الطائرة على الأرض، توفر هذه الوحدة طاقة كهربائية أيضا. في حالة فشل المولّد ، يمكن توفير طاقة مستمرة من توربين هوائي ضغطي **(ram air turbine (RAT))** .

نظام التزييت :

وظيفته حفظ إحتياطي الزيت من أجل عمل المحركات والمحرك المساعد **APU** حيث أنه يغذى المحركات و الأجزاء الأخرى بالزيت من أجل عملية التزييت و من أجل التبريد ، وينقسم نظام التزييت إلى :

الجزء الخاص بالمحركات و يشمل مضخات الزيت و الفلاتر والأنابيب .

والجزء الخاص بالطائرة و يشمل خزان الزيت و مبادل حراري (زيت – وقود) و مفاتيح و أنابيب . و يشمل أيضا نظام التزييت مقاييس تبين درجة حرارة الزيت و ضغطة.

نظام التكييف و تنظيم ضغط الهواء :

مهمته ضمان الظروف الطبيعية للحياة للطاقم و المسافرين على الأرض و في الجو . و تشمل أنظمة تسمح بتغذية الهواء والتبريد والتسخين و التهوية و كذلك الحفاظ على الضغط المناسب و درجة الحرارة المناسبة داخل الطائرة

. يتم أخذ الهواء من الضاغط التابع للمحركات أو من المحرك المساعد APU و ذلك عند وجود الطائرة على الأرض.

يتكون من : – آلية امتصاص الهواء. – منظم تدفق. – تمديدات . – فلاتر . صمامات لخلط و توزيع الهواء . – عدادات . – نظام تبريد. – منظمات ضغط و درجة الحرارة. – حساسات ضغط و درجة الحرارة . – موزع هواء .

نظام منع التجمد : تتشكل قطع جليدية خلال الطيران على سطوح الطائرة و هى خطرة حيث تؤدى إلى خفض قوة الرفع و زيادة المقاومة و تعيق عمل أسطح التحكم و تعيق الرؤية الواضحة و و تزيد من التحميل على أجزاء الجناح .

و يوجد نوعين من منع التجمد :

نظام تسخين كهربائي : يعتمد على الكهرباء فى التسخين وإزالة الجليد من على السطوح .

نظام تسخين هوائي : يعتمد على الهواء الساخن المأخوذ من ضواغط المحركات و توزيعه على المناطق التي يتشكل فيها الجليد مما يؤدى إلى إذابته .

نظام الاتصالات : الهدف منه تحقيق الاتصال بين أعضاء طاقم الطـــائرة (الهاتف) و بين أعضاء طاقم الطائرة و المسافرين (الميكرفون) و بين أعضاء طاقم الطائرة و الأرض (موجات اللاسلكي و وصلات البيانات عبر الأقمار الصناعية).

الطيار الآلي auto-pilot :

هو جهاز وظيفته قيادة الطائرة حول مركز ثقلها و و قيادة مركز الطائرة بالنسبة لمرجع ملاحي ثابت و المحافظة على السرعة و الاتجاه و الميل **bank** و تنفيذ المناورات (الدوران turn و الصعود **climb** و الانخفاض **descent** و الهبوط **land**) ويشمل الجهاز:- حساسات لجميـــع الأوضـــاع المطلـــوب التحكم فيها (الارتفاع و السرعة و الدوران و الميل). – وســـائل لتنفيـــذ التصحيح و هى أسطح القيادة الرئيسية و الثانوية والمحرك .

نظام امتصاص الهواء في المحركات: الهدف منه تغذية المحركات بـــالهواء و تنظيف المحركات و ضمان عدم وقوع أجسام غريبة بها.

نظام الفرملة الهوائية للمحركات : يسمح بتغيير اتجاه الدفع نحو الاتجـــاه المعاكس و يستخدم في الطائرات ذات المحركات الهوائية و النفاثة من أجـــل اختصار طول التدحرج عند الهبوط والفرملة الهوائية في الطيران عند المناورات .

نظام اطفاء الحريق : الهدف منه تأمين مواد الاطفاء فى حواضن المحركات و فى حجرة المحرك المساعد و كذلك فى مابينة الطائرة .و يشمل النظـــام – حساسات حرارية. – أجهزة انذار .–طفابات حريـــق. – تمديـــدات. – صمامات . – لوحة تحكم.

أنظمة الحماية و التحذير Warning and protection systems :

يتم تركيب أنظمة مختلفة على الطائرات من أجل حمايتها من العديد مـــن المخاطر مثل : الانهيار **stalling** و الجليد و المطر و الهيئة الغير آمنـــة أثنـــاء الإقلاع و الانزلاق. أنظمة التحذير من الانهيار تعطى الطاقم تحذير واضح و مميّز قبل الوصول إلى الانهيار.الحساس الأساسي المطلوب لهذا النظام و زاوية هجوم الطائرة **angle of attack**. إن الطيران في الثلج و/ أو المطر يفـــرض عدد من التهديدات على سلامة عمليات الطائرة. تكون الجليـــد يمكـــن أن يؤثّر على الديناميكا الهوائية و/ أو حالة الطائرة. نظام منع الانـــزلاق **anti-skid** (يدعى أيضا نظام منع غلق الكابح: **ABS**) يصمّم لمنـــع عجـــلات أجهزة الهبوط الرئيسية من الإغلاق أثناء الهبوط ، خصوصا علـــى عنـــدما يكون سطح المدرج رطب أو متجمّد . نظام إنذار الهيئة (معروف كـــذلك بنظام إنذار الإقلاع) يعطى تحذير إذا حاول الطيار الإقلاع و كانت أحدى

أسطح التوجيه ليست في الموقع الصحيح، وبمعنى آخر: الطائرة تكون على هيئة غير آمنة.

أنظمة مقصورة الركاب Cabin systems :

يتم تركيب العديد من الأجهزة الالكترونية فى طائرات الركاب من أجل سلامة و خدمة و رفاهية المسافرين . هذه الأنظمة تتضمن أجهزة الإضاءة، الأنظمة الصوتية و البصرية. تتضمّن الأنظمة السمعية نظام مخاطبة الراكب **passenger address system** الذي يستعمل من قبل طاقم الطائرة لإعطاء إرشادات السلامة و معلومات الرحلة الأخرى. هذه الإرشادات تتم من خلال ميكروفونات محمولة باليد و تسمع من سمّاعات في المقصورة و من خلال سماعات المسافر . نفس النظام يمكن أن يستعمل لتشغيل موسيقى ؛ يستعمل في أغلب الأحيان للإعلانات باللغات الأجنبية، أو لعزف موسيقى الخلفية أثناء الركوب و النزول. هناك أيضا أنظمة سمعية متوفرة في المقاعد الفردية.

يتم تركيب العديد من الاجهزة فى مطبخ الطائرة. طبيعة هذه الأجهزة تعتمد على حجم و دور الطائرة. الأجهزة على متن الطائرة الحديثة تتضمّن :

- صانّع شراب **beverage**
- أفران / طباخات

- مبردات

السلالم الداخلية **Airstairs** تسمح للمسافرين و المـــوظفين والطـــاقم بركوب أو مغادرة الطائرة بدون الحاجة لسلم نقّال .

بعض الطائرة تزود بأنظمة إتصال بيانات من نوع الإنترانت التي تـــوفر الوصول الكامل إلى الإنترنت و البريد الإلكتروني عن طريق القمر الصناعي. نظام الهاتف يركّب على بعض الطائرات لكى يسمح بالمكالمات الهاتفية من المسافرين الى الأرض.

الحماية من الحريـــق و الســـخونة الزائـــدة Fire and overheat protection:

إن النار على الطائرة لهى خطر جدّي جدا؛ كلّ الإجراءات الوقائية يجب أن تتخذ لتقليل خطر اشتعال الحريق . في حالة وقوع حريق يجب أن يكون هناك حماية كافية على الطائرة. الحماية من النار تتضمّن وسائل اكتشاف و إطفاء الحريق. إن نوع الأنظمة وأجهزة الحماية من النار المركبة فى الطـــائرة يمكن أن تقسم إلى مناطق معينة فى الطائرة:

- محرّكات / المحرك المساعد **APU**
- منطقة البضائع

- مقصورة المسافرين

تقنيات الحماية من النار المستعملة على الطائرة تختلف باختلاف هذه المناطق و الخطر المحدد للنيران . بالإضافة إلى خطر النار في هذه المناطق، درجات حرارة العالية الناتجة من تسرب الهواء من المحرّك يمكن أيضا أن تكون خطرة.

حتى التسعينيات من القرن الماضى ، استعملت مادتان على نطاق واسع في الطائرات هما:

- **bromochlorodifl uoromethane**، معروف أيضا بالاسم التجاري **Halon 1211**، أو **BCF**

- **bromotrifl uoromethane**، معروف أيضا بالاسم التجارى **Halon 1301**، أو **BTM**.

تم و يتم تطوير مواد أخرى بديلة، و بشكل تدريجي يتم استخدامها في الطائرات. أمثلة على المواد التي لا تستنفذ طبقة الأوزون تتضمّن:

- الماء
- مسحوق جاف
- سوائل متبخرة (مواد غازية).

اكتشاف النيران يمكن أن يتم عن طريق واحد أو أكثر من الإستراتيجيات التالية :

- محسّسات حرارية
- محسّسات بصرية
- كاشفات دخان.

إطفاء النيران يمكن أن يتم عن طريق واحد أو أكثر الإستراتيجيات التالية:

- تقييد أو ازالة الوقود
- تقييد أو ازالة الأوكسجين
- خفّض درجة حرارة النار
- التدخل في التفاعل الكيماوي.

صلاحية الطيران أو الجدارة الجوية airworthiness :

هى الحالة التى تكون عليها الطائرة جديرة للطيران حيث تخضع للقواعد والتعليمات الملزمة التي تنص عليها جهة الاختصاص. وتصدر لها حينئذ شهادة بالجدارة الجوية وتظل سارية المفعول إلى وقت محدد . العديد من العمليات تكون مطلوبة خلال فترة تشغيل الطائرة لضمان بأنّها تمتثل لمتطلبات صلاحية الطيران ويمكن أن تعمل بسلامة . التعبير العام لهذا المدى من العمليات هو صلاحية الطيران المستمرة. التعبير 'صيانة' يستعمل للدلالة

على التصليح أو العمرة أو التفتيش أو الاستبدال أو التعديل أو تصحيح عيب فى الطائرة أو مكوّن منها ، باستثناء تفتيش قبل الطيران. الأشخاص المسئولون عن التصديق لطائرة أو مكوّن بعد الصيانة يكونون موظّفون مجازون. إن صيانة الطائرة وأنظمتها المرتبطة تتطلّب تشكيلة من أجهزة الاختبار و الوثائق ،يطلبها الموظّفون المجازون لإنجاز التزاماتهم في ضمان صلاحية الطيران المستمرة. إن توزيع أسلاك الطائرة لا يمكن أن يعتبر ' ركب و أنسي ' حيث يوجد تشريع يقترح تعبير جديد: نظام ترابط الأسلاك الكهربائية (**EWIS**)؛ هذا النظام يقر الحقيقة بأنّ توزيع الأسلاك هو أحد المكونات الكثيرة المركّبة على الطائرة. باختصار يتم مراعاة قواعد و إجراءات منصوص عليها و موثقة طوال كامل عمر الطائرة منذ تدشينها فى المصنع و أثناء تشغيلها لمراعاة السلامة الجوية القصوى .كما أن الأشخاص المنخرطين فى عمليات الطائرات هم أشخاص مدربون و مجازون من قبل السلطات المختصة .

airworthiness approval

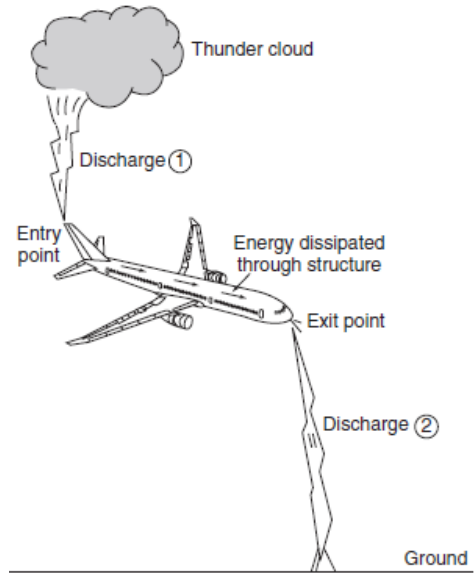
موافقة (تصديق) صلاحيةِ طيران : عملية تأكيد السلطةِ الرسميةِ بأنّ طائرة جديرة للطيران .

airworthiness certificate

شهادة صلاحيةِ طيران : إجازة بالصلاحية للطيران تصدرها سلطة الدولة المختصة بعد فحص الطائرة و التأكد من تطبيق متطلبات التشريعات و التأكد من التشغيل الآمن . أى أن هذه الشهادة تمنح للطائرة للدلالة على أن حالتها جديرة بالطيران. للحصول عليها تخضع الطائرة إلى فحوصات معينة وتكون سارية لوقت محدد .

البرق lightning :

يدخل البرق عادة الطائرة في احدّ أطرافها أي المقدمة أو طرف الجناح أو الذيل .يسرى التيار خلال هيكل الطائرة الموصّل للكهرباء، وبعد ذلك يغادر الطائرة من الطرف الآخر. يمكن لذلك أن يسبّب تداخل قصير الأمد فى الأنظمة، لكن لا يجب أن يكون هناك ضرر دائم.



إن تركيب الطائرة مزود بوسائل مهمة جدا لتخفيض التداخل الكهرومغناطيسي و حماية الطائرة و المسافرون و الطاقم و الأنظمة، من تأثيرات ضربة البرق و التفريغ الاستاتيكى . التأريض **grounding** و الترابط **bonding** هي احد التقنيات التي تستعمل .

6- أنظمة الإضاءة :

تركب أنظمة الإضاءة على الطائرة للعديد من الأسباب: الأمان، و الحاجات التشغّيلية،و لخدمة و راحة المسافرين. أضواء الطائرة يمكن أن توضع في أربع أنواع : أضواء قمره القيادة ، و أضواء مقصورة الركاب،و الأضواء الخارجية وأضواء الخدمة (لإضاءة أماكن الأجهزة و البضائع).

تكنولوجيا الإضاءة المستخدمة في الطائرات هي :

- **incandescence**
- **light-emitting diode (LED)**
- **electro-luminescent**
- **fluorescence**
- **strobe**

أضواء مقصورة القيادة:

- أضواء على السقف **dome light** توفر توزيع لا إتجاهي للضوء حيث تنير المقصورة .

- **Flood lighting** ضوء كشاف يضيئ الآلات، و اللوحات، و الدواسات .

- أضواء الطورائ تركّب في المقصورة لأغراض الهروب .

- و هناك ايضا لوحة التحـــذير و التنبيـــه **master caution panel** **warning and** التى توضع فى مجال نظر الطيار المباشر ، بالضبط على **glare shield** حجاب وهج الضوء .الوان الضوء بها كالتـــالي تحـــذير **warning**: أحمر، يوجد وضع خطر التنبيه **caution**، كهرمان ، يوجد وضع غير عادى، لكن ليس خطر .

- إنّ لون أضواء المقصورة يكون أبيض عادة .

- الإضاءة يجب ألا تسبب أى وهج مباشر للطيار و ان تكون ثابتة الشدة .

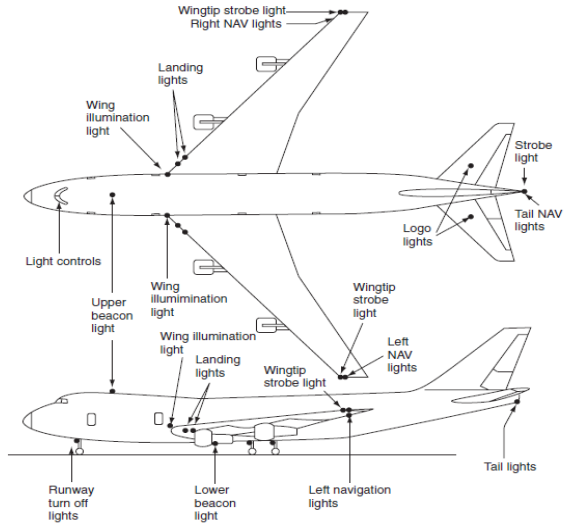
أضواء مقصورة الركاب:

تختلف تجهيزات الإضاءة الداخلية لمقصورة المسافرين بناء علـــى حجـــم الطائرة . هذه الأضواء يتم التحكم بها من قبل المضـــيفين. يـــتم تركيـــب الأضواء من نوع **LED** (**light emitting diode**) وبرمجة تشغيلها مســـبقا لتتناسب مع مراحل الرحلة والتوقيت كما يتم آليا خلط الألوان و مستويات الإضاءة من أجل مساعدة المسافرين على مقاومة إعياء السفر.

علامات مثل ' العودة للمقاعد 'أو' ممنوع التدخين '، تنشّط عادة من قبل طاقم الرحلة .أضواء القراءة يتحكم فيها الراكب من المقعد الخاص به .

يتم تركيب أضواء دخول في مناطق الأبواب. أضـــواء الخـــروج تحـــدّد الأماكن المجاورة لمخارج الطوارئ و تكون واضحة جدا.

إضاءة الممرات الأرضية تستخدم على في حالات الطوارئ لإعطاء إرشاد بصري لطرق الهروب على طول ممرات المقصورة .



الأضواء الخارجية :

الإضاءة الخارجية تستعمل لغرض:

- إضاءة الشعار
- أضواء السير **taxiing**
- أضواء الهبوط
- إضاءة الجناح

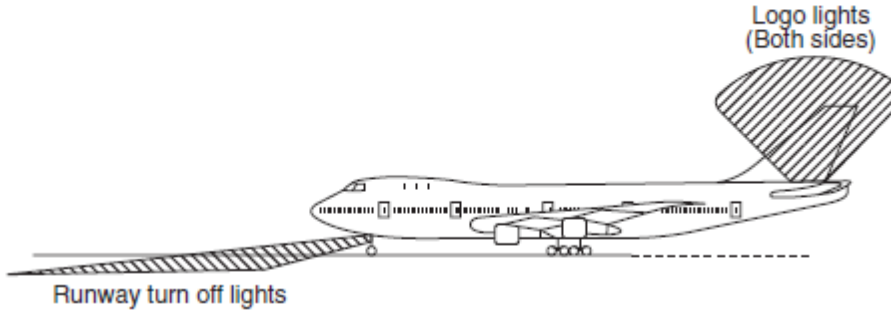
- أضواء الملاحة و منع التصادم

أضواء الشعار logo lights

كما هو واضح بالصورة ضوءان أبيضان ثابتان على الجناحين الخلفيين **horizontal stabilizer** موجهة باتجاه الشعار على الذيل العمودي او الزعنفة العمودية **Vertical Tail** . وهي غير لازم تواجدها على جميع الطائرات ولكن تضعها شركات الطيران لغرض الدعاية بشكل عام وأيضا جيدة للسلامة لتوضيحها معالم الطائرة وموقعها .

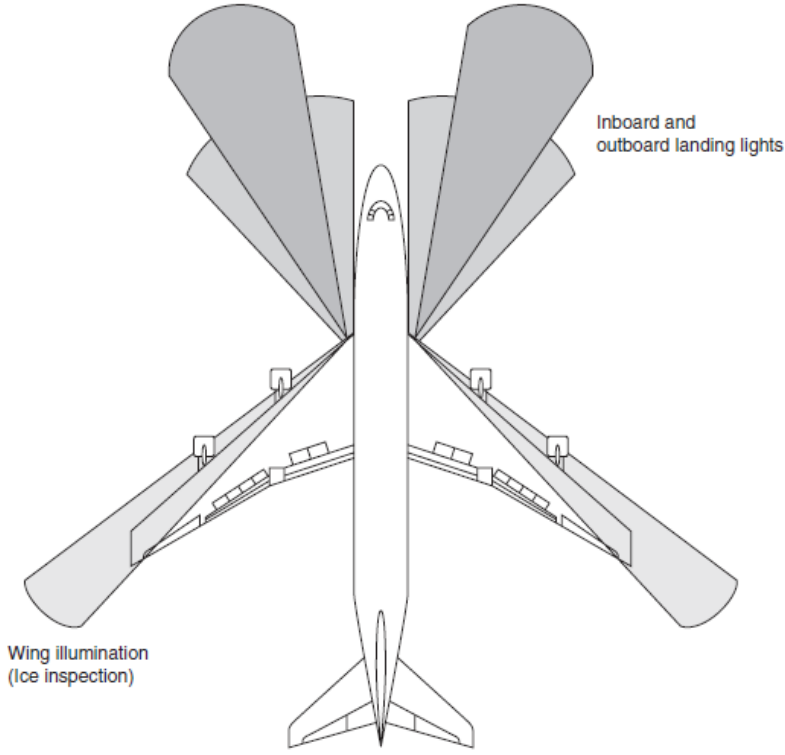
أضواء التحرك Taxi lights أو Runway turnoff lights

هي عبارة عن أضواء بيضاء ساطعة متواجدة في الجزء الأمامي من معدة الهبوط **Landing Gears** أو فى مقدمة الطائرة أو في جزر الجناح وهي تضاء دائما عند تحرك الطائرة على أرضية المطار وأيضا في الإقلاع والهبوط لضمان رؤيتها من قبل الطائرات الأخرى والعاملين على أرضية المطار وليعلموا أنها تتحرك حاليا . هناك أيضا **Runway Turnoff Lights** تستخدم عند الخروج من المدرج إلى الممرات وهي توفر إضاءة غير مستقيمة إنما بزاوية لرؤية الانعطافات في المطار وهي تقريبا بالقرب من **Wing Lights** .



أضواء الهبوط Landing lightS

وهي من أهم الأضواء في الطائرة مواقعها تختلف من طائرة لطائرة ولكن بشكل عام تكون على أطراف الجناح أو في مقدمة بدن الطـــائرة و ممكـــن وضعها في الحافة الأمامية للجناح وتكون موجهه للإمام وهي قوية وساطعة ، استخدامها إجباري في الرحلات الليلية عند الهبوط وتستخدم أيضا في النهار ولكن ليس إجبارا ، معظم الطيارين يستخدمها لكي تراه الطائرات الأخرى وتعرف انه قادم للهبوط أيضا لكي يتمكن برج المراقبة من مشاهدته .

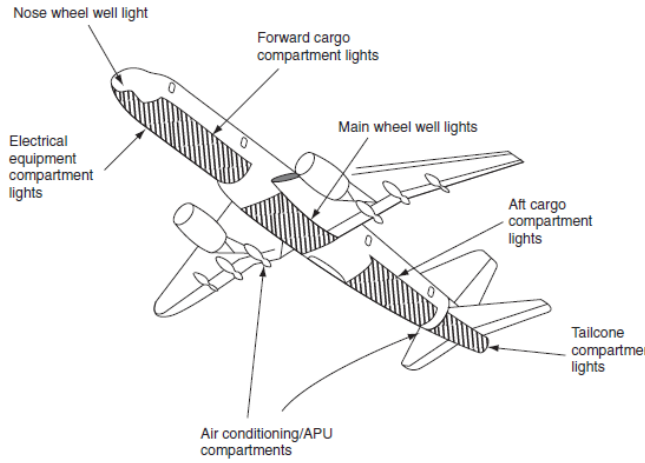


أضواء الجناح Wing illumination : Ice inspection lights

أضواء تقريبا في بداية الجناح عند الزاوية المتصلة ببدن الطائرة لهـــا عـــدة استخدامات منها إضاءة منطقة الجناح والمحرك خلال الرحلة ليتأكد الكابتن من سلامة الجناح او المحرك وايضا للتأكد من عدم تراكم الثلج أيضـــا قـــد تستخدم لجعل الطائرة أكثر وضوح للآخرين وهي بيضاء اللون وثابتة .

أضواء الخدمة Service lights ومنها :

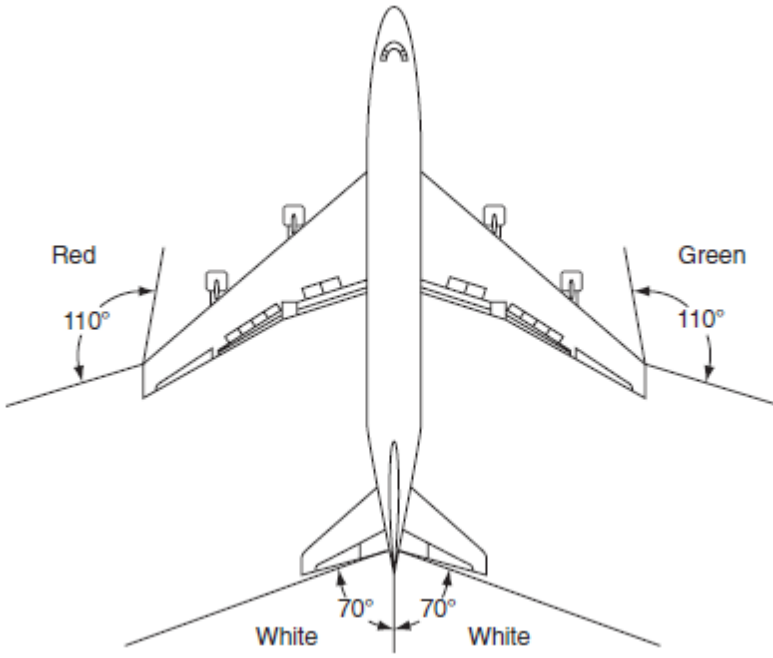
حجرات البضائع و بئر العجلات و لوحات الوقود . إضاءة بئر العجلات **Lights Wheel Well** تقع في منظومة معدات الهبوط الأمامية بالقرب من **Landing lights & Taxi / Takeoff** وهي توفر مساعدة للأطقم الأرضية عند صيانة المنظومة أو أي شئ بالقرب منها تساعد أيضا في عملية فحص ما قبل الرحلة .



أضواء الملاحة Light Navigation

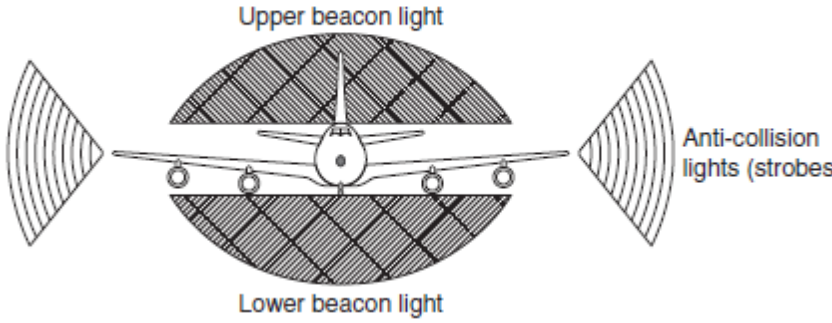
وهي ثلاثة أنوار الإولى في مؤخرة الطائرة و لونها أبيض الثانية تكون في طرف الجناح الأيمن و يكون لونها أخضر

الثالثة تكون في طرف الجناح الأيسر و يكون لونها أحمر دائما إذا رأيت ضوء اخضر يمين واحمر يسار فالطائرة مبتعدة عنك وان كان احمر يمين واخضر يسار فهي قادمة باتجاهك وهي اضواء موحدة في جميع الطائرات على مستوى العالم .



– أنوار التنبيه Anti-collision light، وهي:

عبارة عن إضاءة حمراء وامضة، تستخدم للتنبيه، وهي عادة أعلى الذيل، وأسفل الطائرة. وهي تعلمنا إن الطائرة في مرحلة التشغيل. ممكن لضوء التحذير أن يكون اما ضوء منارة **beaon** أو ضوء وماض **strobe** .



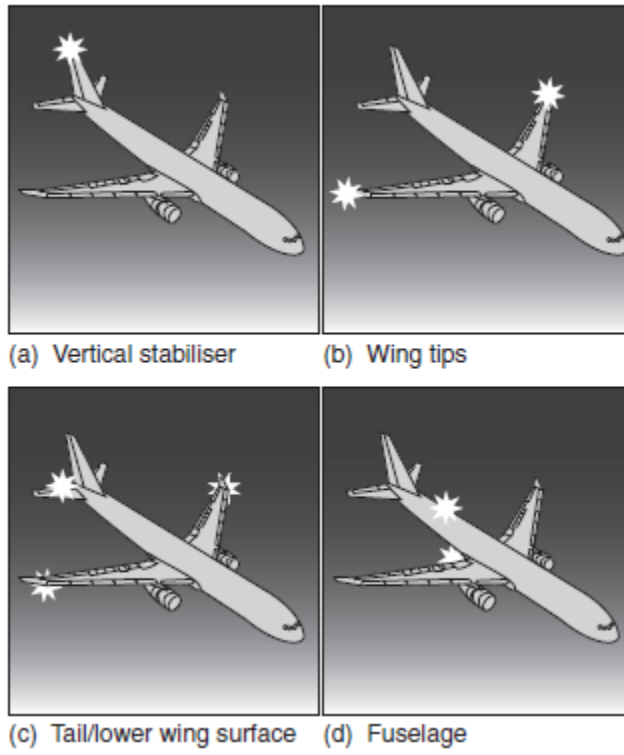
المنارة الدوارة The rotating beacon :

منارة دوارة تومض ما بين 40 -50 ومضة في الدقيقة توضع على زعانف الذيل و فوق و تحت البدن أو في جذع ذبل المروحية . ويتم تشغيلها قبل تشغيل محركات الطائرة وتغلق بعد اغلاق المحركات وهدفها تعريف كل من على الأرض أن المحركات تعمل ويتم تشغيلها طول الرحلة و و ذات لون أحمر.

الأضواء الوامضة Strobe lights :

توجد على و زعنفة الذيل تصدر ضوء أبيض وماض عالى الشدة يمكن ان يرى هذه الضوء من عدة أميال الهدف منها تعريف أن الطائرة دخلت

المدرج على الأرض ومساعدة على رؤيتها في السماء . هناك أيضا أضـــواء وماضة كما فى الصورة التالية لمنع التصادم .



Anti-collision strobe lights

Rotating beacon (top of fin)

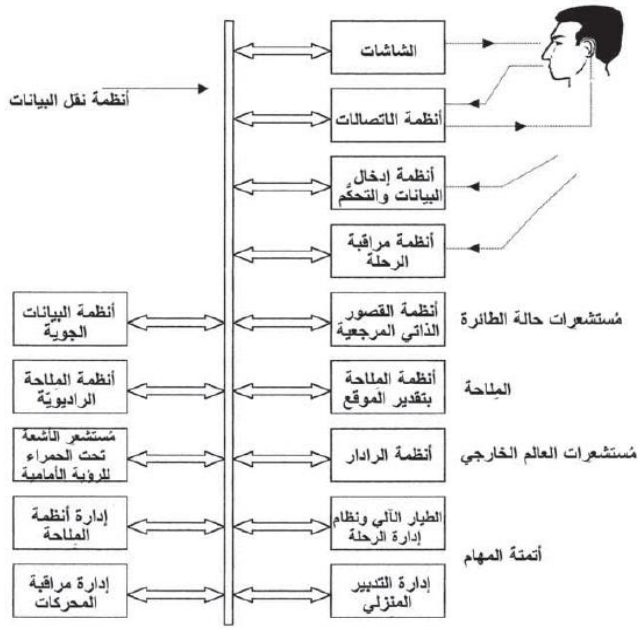
747

7- الكترونيات الطيران Avionics:

عبارة عن كلمة مشتقة من الكلمتين طيران **aviation** والكترونيات **electronics**. تم استخدام هذا المصطلح لأول مرة فى الولايات المتحدة فى

الخمسينيات من القرن العشرين و نال قبولاً منذ ذلك الحين .وهو يعـــنى أى نظام فى الطائرة يعتمد على الالكترونيات فى تشغيله.

ان أنظمة الكترونيات الطيران مهمة لتمكين طاقم الرحلة من من إنجـــاز مهمة الطيران بأمان و كفأة أياَ كان نوع هذه المهمة .كان الدافع الرئيســـى من ادخال و تطوير أنظمة الكترونيات الطيران هو انجاز الرحلة بأدنى عـــدد من طاقم الطائرة .الدوافع الاخرى هى الخفض فى الوزن و زيادة معـــدلات السلامة و زيادة الدقة فى الملاحة الجوية و العمل فى جميع ظروف الطقس و خفض استهلاك الوقود و و تحسين أداء الطائرة وخفض تكاليف الصيانة .



أنظمة الكترونيات الطيران الأساسية

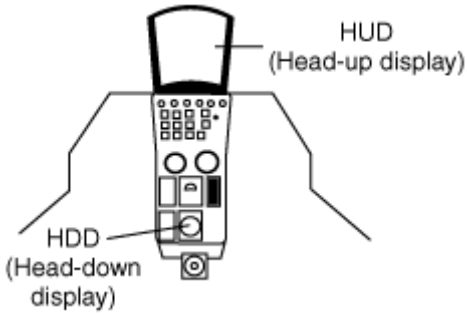
1- **الانظمة التى ترتبط بالطيار systems which interface directly with the pilot**

و تشمل الشاشات و الاتصالات و التحكم و إدخال البيانات والتحكم بالرحلة .

الشاشات : توفر الشاشات عملية الربط البصرى بين الطيار و أنظمة الطائرة و تتكون من شاشات الرأس المرتفع **(Head-up display HUD)** والشاشات المركبة فى الخوزة**(Head mounted display HMD)** وشاشات الرأس المنخفض **(Head-down display HDD)** .

شاشات الرأس المرتفع: هى شاشات شفافة تظهر المعلومات فى مجال رؤية الطيار دون الحاجة الى النظر بعيداً عن مجال الرؤية بحيث يمكن للطير يرى امامه و يركز على الخارج . الشاشة المركبة فى الخوزة هى شاشة رأس مرتفع فى الخوزه بحث أن المعلومات يمكن عرضها للطيلر فى اى اتجاه ينظر فيه بخلاف مجال الرؤية الامامية المحددة فى شاشاة الرأس المرتفع.

شاشات الرأس المنخفض: هى شاشات ملونة تستخدم عادة الاشعة المهبطية **cathod ray tube** تكون عادة تحت أو بجانب لوحة العددات .



الاتصالات : تلعب دورا حيويا فى أنها توفر اتصال متبادلو موثق به بين الارض و الطائرة و تشمل أجهزة اتصالات العديد من حزم الترددات العاملة و منها الترددات العالية **HF** والاتصالات القريبة المدى الى المتوسطة و فى الطائرات العسكرية هناك الترددات فوق العالية **UHF** والان يوجد الاتصالات عبر الاقمار الصناعية .

التحكم و إدخال البيانات : تتفاوت ما بين لوحة المفاتيح العادية و لوحة المفاتيح اللمسية و استخدان نظام ادخال الصوت المباشر و أنظمة التنبيه الصوتى .

التحكم بالرحلة : تستخدم انظمة التحكم بالرحلة الانظمة الالكترونية فى مجالين هما الاستقرار الآلى و التحكم فى الطيران بواسطة الاسلاك .

2- أنظمة استشعار حالة الطائرة AIRCRAFT state sensor systems :

تشمل أنظمة البيانات الجوية و أنظمة استشعار القصور الذاتي.

أنظمة البيانات الجوية : الحصول على معلومات دقيقة عن كميات البيانات الجوية أى الارتفاع و السرعة الجوية المعايرة السرعة الرأسية و السرعة الجوية الحقيقية و الرقم الماخى و زاوية سقوط تدفق الهواء .

أنظمة استشعار القصور الزاتى المرجعية : لإعطاء معلومات دقيقة عن الوضع و الاتجاه . يحدث زلك عن ريق استخدام عدد من الجيروات **gyro** ومقاييس التسارع **accelerometers**.

3- أنظمة الملاحة navigation systems:

توفر المعلومات الملاحية الدقيقة أى موقع الطائرة و السرعة الارضية و زاوية المسار **track angle** ويمكن تقسيم أنظمة الملاحة الى أنظمة تقدير الموقع **dead reckoning** وأنظمة تحديد الموقع **position fixing** .

أنظمة تقدير الموقع : تقوم بحساب الموقع الحالى للمركبة عن طريق تقدير المسافة المقطوعة من موقع معروف بناء على معلومات سرعة و اتجاه المركبة . **وأهم انواعها :**

أ. انظمة الملاحة بالقصور الزاتى : الاكثر دقة و الاوسع انتشارا .

ب.دوبلر/ الانظمة الاتجاهية المرجعية .

ج. انظمة البيانات الجوية / الاتجاهية المرجعية .

أنظمة تحديد الموقع (الملاحة الراديوية) : تستند الى الأقمار الصناعية أو أنظمة إرسال أرضية .النظام الاساسى المستخدم هو النظام العالمي لتحديد الموقع الجغرافي **GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEMS)** ، هناك ايضا منارة الاومنى زات الترددات العالية جدا و جهاز قياس المسافة **VOR /DME** والتاكان **TACAN** وأنظمة الهبوط الالى **ILS** وانظمة الهبوط باستخدام الموجات الدقيقة **MLS** .

4- أنظمة استشعار العالم الخارجي Outside World Sensor Systems:

تمكن من العلم أثناء الليل و أثناء بظروف الطقس الصعبة و تضم أنظمة الرادار و أنظمة الاستشعار بالأشعة تحت الحمراء .

الرادار : يركب في مقدمة الطائرة و يستخدم للكشف عن العواصف و الأمطار و اضطرابات السحب بحيث يمكن للطائرة أن تتفادى هزه الظروف و تغير مسارها ، وتعمل هذه الخرائط أيضا على الخرائط و التضاريس .يستخدم أيضا في المراقبة والمسح الجوى .

و أنظمة الاستشعار بالأشعة تحت الحمراء: تقدم صورة حرارية عن العالم الخارجي حيث تستخدم فى البحث و التعقب وإظهار مصدر الضربات .

5- أنظمة أتمتة المهام Task Automation Systems :

تهدف الى خفض العبئ على الطاقم و تشغيل أقل عدد ممكن منهم من خلال الاتمته و ادارة المهام بحيث يكون دورهم هو الادراة الاشرافية فقط و تقوم بالادوار كالتالى :

ادارة الملاحة : يتضمن تشغيل جميع أنظمة المساعدات الملاحية وتجميع البيانات من جميع المصادر الملاحية من أجل الوصول لأفضل تقدير لموقع الطائرة والسرعة الارضية و المسار.يقوم النظام بعدها بإستخلاص أوامر القيادة للطيار الآلى بحيث تقوم الطائرة بتتبع الطريق المخطط لها .يتم تنفيز زلك عن طريق نظام ادارة الرحلة لو كان مركباً **flight management system** .

أنظمة ادارة الرحلة و الطيار الآلى : يريح الطيار اللى الطيار من الطيران بالطائرة بإستمرار مما يتيح له التركيز على مهام اخرى .يوفر الطيار الآلى تحكم دقيق جدا بمسار طيران الطائرة مثل الهبوط الآلى فى ظروف الرؤية الضعيفة بخلاف الانماط الاساسى الا و هى ضبط الارتفاع و الاتجاه .و فى الطائرات العسكرية فإن الطيار الآلى مع نظام ارشاد مناسب يوفر تتبع و تجنب للتضاريس مما يتيح الطيران على ارتفاع منخفض .اما نظام ادارة الرحلة المطور فقد بداء استخدامه بشكل واسه متر مطله الثمتنينيات من

القرن العشرين و اتاح تشغيل الطائرات النفاثة الكبرى بطاقم مؤلف من شخصين فقط المهام التى ينجزها نظام ادارة الرحلة تشمل :

- التخطيط للرحلة.
- ادارة الملاحة .
- التحكم بالمحركات للحفاظ على السرعة المطلوبة أو الرقم المناخى المطلوب .
- التحكم بمسار الطيران لمتابعة الطريق المخطط له .
- التحكم بشكل الطيران الرأسى .
- ضمان وجود الطائرة فى الموقع الثلاثى الابعاد المخطط له فى النقطة الزمنية المخطط لها و غالبا ما يشار الى زلك بالملاحة رباعية الابعاد .
- متابعة حدود الطيران .
- خفض استهلاك الوقود .

انظمة ادارة المحركات و التحكم بها : مهمة ادارة و راقبة والتحكم بالمحركات نظرا لأن المحركات الحديثة تحتوى على انظمة الكترونية كثيرة.كما ان المحركات النفاثة الحديثة لها نظام رقمى يتحكم كليا فى المحرك . هناك انظمة أخرى مثل نظام مراقبة صحة المحركات .

التدبير الاقتصادى : استخدم هذه المصطلح لتغطية المهام الخلفية الاساسية للتشغيل الآمن و الفعال للطائرة تتضمن :

- ادارة الوقود .
- ادارة نظام مصدر القدرة الكهربائية .
- أنظمة تكييف ضغط المقصورة/ الكابينة .
- نظام التحكم البيئى .
- أنظمة الانزار .
- أنظمة المراقبة و الصيانة .

بيئة الكترونيات الطـــيران **the avionics environment** : ان انظمـــة الكترونيات الطيران مختلفة عن الاجهزة الارضية المشابهه لها بسسب التالى :

1-أهمية تحقيق الوزن الادنى .

2-بيئة لبتشغيل غير المواتية و خاصة فى الطائرات العسكرية مثل درجة حرارة التشغيل والتسارع والصدمة والاهتـــزاز ومـــدى الرطـــوب والتداخل الكهرومعناطيسيى .

3-أهمية الوثوقية العالية و الامان و السلامة .

4-ضيق المساحة.

كل هذه العوامل يجب وضعها فى الحسبان عند تصميم وإنتاج مثل هـــذه الأنظمة .

قمرة القيادة

قُمْرة القيادة (**Cockpit**) هي مساحة معينة مخصصة لقيادة الطائرة ومـــن خلالها يقوم الطيّار بأعمال المراقبة، وتقع عموما في المقدمة. ومـــن أحـــدث قمرات القيادة هي القمرات المغلقة، باستثناء بعض الطائرات الصغيرة. قمرة القيادة هي الغرفة الوحيدة التي يتمكن منها الطيار من قيادة الطائرة والتحكم بها، ظهرت للمرة الأولى في عام 1914، فجميع أجهزة التحكم بالطـــائرة من أجهزة القياس وأجهزة التوجيه وأجهزة القيادة موجودة داخل القمـــرة. تعرف أيضا القمره بسطح الطيران **flight deck** في طائرات الخطوط الجوية . في معظم الطائرات ، هناك باب يفصل قمرة القيادة عن مقصورة الركـــاب. بعد أحداث سبتمبر/أيلول 11، 2001 ، تم تحصّين قمرات القيادة من قبل شركات الطيران الرئيسية ضد الاقتحام.

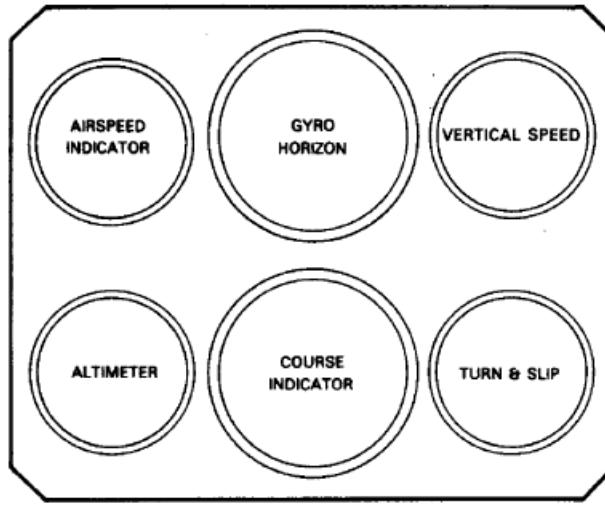
كانت كابينة القيادة المفتوحة شائعة فى البدايات و لكن مع نهاية الحرب العالمية الثانية أصبحت الكبائن المغلقة هى الأساس.

نوافذ قمرة القيادة قد تكون مجهّزة بواقى شمس **sun shield**. أكثر قمرات القيادة لها نوافذ يمكن أن تفتح عندما تكون الطائرة على الأرض. تقريبا كلّ

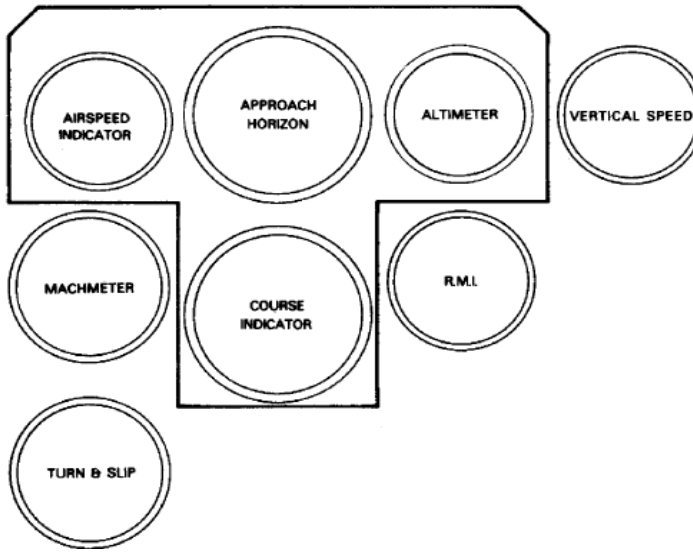
النوافذ الزجاجية في الطائرات الكبيرة لها طلاء مانع للانعكاس، وعنصر تدفئة داخلي لتذويب الثلج. الطائرات الأصغر قد تكون مجهّزة بغطـــاء شـــفّاف **aircraft canopy**.

في أكثر قمرات القيادة، يكون عمود أو عضا القيـــادة **control column** واقع فى المنتصف ، بالرغم من أن في بعض الطائرات السريعة العسكرية وفي بعض الطائرات التجارية، يقع فى الجانب (عادة على الجانب الخارجي و/ أو في اليسار).

إن تخطيط **layout** قمرة القيادة، خصوصا في الطائرة السريعة العسكرية، مرّ بالعديد من التغييرات بين منتجي الطائرات المختلفين وحتى بـــين الأمـــم المختلفة . إحدى أهم التطوّرات كان نمط "الستّة الأساســية" **basic six**، لاحقا " **T** الاساسى" **basic T**، الذى طوّر عام 1937 من قبل القـــوات الجوية الملكية البريطانية، صمّم لتحسين رؤية الطيار للآلات .



Basic Six



Basic T

إنّ تخطيط و وظيفة شاشات قمرة القيادة يتم تصميمها لزيادة وعي الطيار **situation awareness** بدون التسبّب بتحميل معلومات زائدة. في الماضي، كانت العديد من قمرات القيادة، خصوصا في الطائرات المقاتلة صغيرة مما يتطلب حجم صغير للطيارين الذي يمكن أن يلائمها. الآن، أصبحت قمرات قيادة تصمّم لإستيعاب من الحجم **percentile** الأول النسائي الى حجم 99 الذكرى.

قمره قيادة الكترونية ، كابينة قيادة زجاجية **glass cockpit** : كابينة قياده قي الطائرة حيث الأجهزة و المعدات كلها الكترونية رقميه قائمة على الكمبيوتر . بدلا من الأسلوب التقليدي حيث تعتمد قمره القيادة التقليدية على مقاييس ميكانيكية عديدة لعرض المعلومات ، تستعمل قمره قيادة زجاجية عدّة شاشات تعتمد على أنظمة إدارة الطيران **FMS**، التي يمكن أن تعدّل لعرض معلومات الطيران حسب الحاجة. هذا النوع من الشاشات يبسّط عملية قيادة و ملاحة الطائرة ويسمح للطيارين بالتركيز فقط على المعلومات الوثيقة الصلة. في السنوات الأخيرة هذه التقنية أصبحت متوفرة جدا في الطائرة الصغيرة لرخص سعرها ودقتها وسهولة استعمالها .

تاريخ قمرة القيادة الزجاجية

فى منتصف السبعينات كانت كابينة القيادة فى معظم طائرات النقل تحوى أكثر من مائة آلة ، و كانت آلات الطيران الأساسية محشورة مع العديد من المؤشرات و العوارض و الرموز و عدد متزايد من العناصر التى كانت تتزاحم فى فضاء قمرة القيادة و تؤثر على إنتباه الطيار، أجرت ناسا **NASA** بحثا على شاشات عرض يمكن أن تعالج نظم وبيانات الطيران و تضعها فى صورة متكاملة يمكن فهمها بسهولة ، توج ذلك المجهود بنظام الشاشات اللألكترونية المعروف بنظام قمرة قيادة الزجاجية .إذن اللمحات الأولى من هذه الثورة ظهرت في السبعينات عندما حلت شاشات إنبوب أشعة الكاثود (**CRT**) محل الشاشات الميكانيكية التقليدية التي خدمت جيّدة جدا لمدّة طويلة .

إنّ نجاح عمل قمرة قيادة ناسا إنعكس في القبول الكليّ لشاشات الطيران الإلكترونية فى الطائرة **MD-80** في 1979. في نهاية التسعينيات، كانت شاشات العرض البلّوري السائل (**LCD**) هى المفضّلة على نحو متزايد بين منتجي الطائرة بسبب كفاءتها.

قمرة القيادة الزجاجية أصبحت أجهزة قياسية في طائرات الخطوط الجوية و الطائرات العسكرية و طائرات الاعمال حتى انها ركبت فى مكوك ناسا

الفضائي. الطائرة الأحدث لوكهيد مـــارتن F-35 بـــرق 2 تســـتخدم شاشات عرض بانارومية في قمرة القيادة ذات شاشات تعمل باللمس بدل لمفاتيح والأزرار.

تعرض فمرات القيادة الزجاجية الملاحة بنظام تحديد المواقع العالمي **GPS** و نظام التحذير من التقارب الأرضي **GPWS** ونظـــام تفـــادى التصـــادم التكتيكي **TCAS**، و معلومات عن حالة الطقس، ومن المحتمل أنظمة رؤية صناعية **synthetic vision systems**. إن قمره القيادة الزجاجية هي أكثـــر من أسلوب عرض مختلف حيث أنها توفر الأتمتة **automation** والتكامل مع أدوات التحكم .

قبل قمرات القيادة الزجاجية، لعب الطيار دور ضخم في عملية طـــيران الطائرة، فقد كان لا بدّ أن يحسب نسبة استهلاك الوقود،و يرى كمية الوقود الوقود المتبقية و الى كم ستدوم، و أين هى الطائرة على الخريطة، و أيـــن لا بدّ أن يدور. أن تكون طيارا ولا تملك قمرة قيادة زجاجية لمساعدتك لهـــو شئ صعب جدا. مع قمرة القيادة الزجاجية، من السهل النظر إلى الشاشـــة، لمسّ زر إحصائيات الوقود (يردّ الحاسوب على شاشـــة اللمـــس) و قـــرأة البيانات. أنظمة الطيران المتكاملة في بعض من طائرات اليوم ستخبر الطيـــار

بأيّ شئ يحتاج لمعرفتة. من مكان الطائرة في العالم والطقس الحالي، إلى حالة محرّكات الطائرة .

قمره القيادة الزجاجية تتكون عادة من مكوّنين منفصلين:

إنّ المكوّن الأول هو نظام آلات الطيران الإلكتروني **electronic flight instrument system (EFIS)** ويشمل شاشة الطيران الأساسية **(PFD)** و شاشات الملاحة **Navigation Display Screens** والشاشة متعددة الإغراض **MFD**: هذا المكوّن يشكل الشاشة الرئيسية و يعرض كلّ المعلومات بخصوص حالة الطائرة، وموقعها (موقع أفقي وعمودي) و تقدّمها، بالإضافة إلى الوقت والسرعة.

المكوّن الثاني لشاشات العرض المركزية يتضمّن مؤشرات المحرّك ونظام إنذار الطاقم **(EICAS)** أو مراقب الطائرة المركزى الإلكتروني **(ECAM)**، الذي يعرض حالة أنظمة الطائرة وأداء المحرّكات .

شاشة الطيران الأساسية primary flight display (PFD) :

حلت هذه الشاشة محل عدادات الطيران الستة الأساسية **basic six**. تعتبر أكثر أجزاء **EFIS** وضوحا و أهم الميزّات التي تسبّبت فى ظهور الاسم "قمرة قيادة زجاجية". تعرض **PFD** كلّ المعلومات الحرجة بالنسبة للطيران، يتضمن ذلك السرعة الهوائية المقومة،و الإرتفاع و الاتجاه و الوضع

attitude والسرعة الرأسية و الإنحراف. صمّمت لتحسين وعي طيار نتيجة دمج هذه المعلومات شاشة واحدة بدلا من ستّ آلات مختلفة، مما يقلل كمية الوقت الضرورية لمراقبة هذه الآلات. أيضا تقوم بإنذار طاقم الطائرة بوجود ظروف غير عادية أو خطرة – على سبيل المثال، سرعة طيران منخفضة، معدل نزول عالي – عن طريق تغيير اللون أو شكل العرض أو بالإنذارات السمعية. بعض المصنعين يطلقوا عليها مؤشر مدير الوجهه الإلكتروني و مؤشر الوضع الأفقية الإلكتروني مستعمل من قبل بعض المنتجين **Electronic Attitude Director Indicator and Electronic Horizontal Situation Indicator** . وضع المعلومات الإضافية و ترتّبت حول الرسم التخطيطي. خيار آخر هو إستعمال شاشة كبيرة واحدة لعرض **PFD** وشاشة الملاحة **ND**.

Primary flight display

الشاشة متعددة الاغراض \ شاشة الملاحة :

Multi-function display (MFD) / Navigation display (ND)

الشاشة متعدّدة الوظائف تعرض معلومات ملاحية ومعلومات عن حالة الطقس . هذه الشاشت صمّم بحيث تكون الخرائط فى الخلفية، و يمكن لطاقم الطائرة أن يرى معلومات مختلفة على الخريطة مثل معلومات تتضمّن خطة طريق الطائرة الحالي، معلومات عن حالة الطقس من رادار على الطائرة أو محسّسات كشف أو محسّسات أرضية . **MFD** يمكن أيضا أن تستعمل لإظهر نوع آخر من البيانات مثل برنامج رحلة الطائرة و البيانات المحسوبة ، مثل نصف قطر إنزلاق الطائرة، و الموقع الحالي فوق التضاريس و الرياح، و سرعة و إرتفاع الطائرة.

MFDs يمكن أن يعرض معلومات أيضا حول أنظمة الطائرة، مثل الوقود والأنظمة الكهربائية . كما هو الحال مع الشاشات الرئيسية **PFD** يمكن للشاشات متعددة الاغراض أن تغيّر اللون أو شكل البيانات لإنذار طاقم الطائرة بالحالات الخطرة.

MFD

في أواخر الثمانينات، أصبح **EFIS** أهى الاجهزة القياسية علـــى أكثـــر طائرات الايرباص والبوينغ، وتبنّت العديد من طائرات الاعمـــال **EFIS** في التسعينيات.

التطزرات الأخيرة في إستعمال الحاسبات و انخفاض تكلفـــة شاشـــات العرض السائلة البلّورية **LCD** والمحسّسات الملاحية (مثـــل **GPS** و نظـــام الوجهه و الاتجاه المرجعى) جعل **EFIS** منتشر فى طائرات الملاحة العامّـــة. الأمثلة البارزة **Garmin G 1000** وأنظمة طيران **Chelton EFIS SV**.

نظام مؤشرات المحرك و إنذار الطاقم \ مراقبة الطائرة الالكتروني المركزي :
Engine indications and crew alerting system (EICAS) / electronic centralized aircraft monitoring (ECAM)

EICAS (نظام إشارات المحرّك و إنذار الطاقم) يعرض معلومات حول أنظمة الطائرة، يتضمّن الوقود و النظام الكهربائي وأنظمة الدفع (محرّكات). شاشات **EICAS** تصمّم في أغلب الأحيان لتقليد المقاييس المستديرة التقليدية بينما تعطى قرأة رقمية .

يحسّن **EICAS** الوعي بالسماح لطاقم الطائرة بالنظر لمعلومات معقّدة في صيغة رسومية وأيضا بإنذار الطاقم فى الحالات الغير عادية أو الخطرة. على سبيل المثال، إذا بدأ المحرك بفقد ضغط الزيت، **EICAS** قد يعطى إنذار صوتى، و يقوم بتغيير العرض إلى صفحة بها معلومات نظام الزيت و يلخّص بيانات ضغط الزيت المنخفضة مع صندوق أحمر. على خلاف المقاييس المستديرة التقليدية، العديد من مستويات التحذير و الإنذار يمكن أن توضع. تم تطوير هذا النظام من قبل شركة بوينج .

ECAM هو نظام مماثل يستعمل من قبل طائرات الايرباص، التي بالأضافة إلى وظائف **EICAS** يقوم هذا النظام بإقتراح إجراء علاجى.

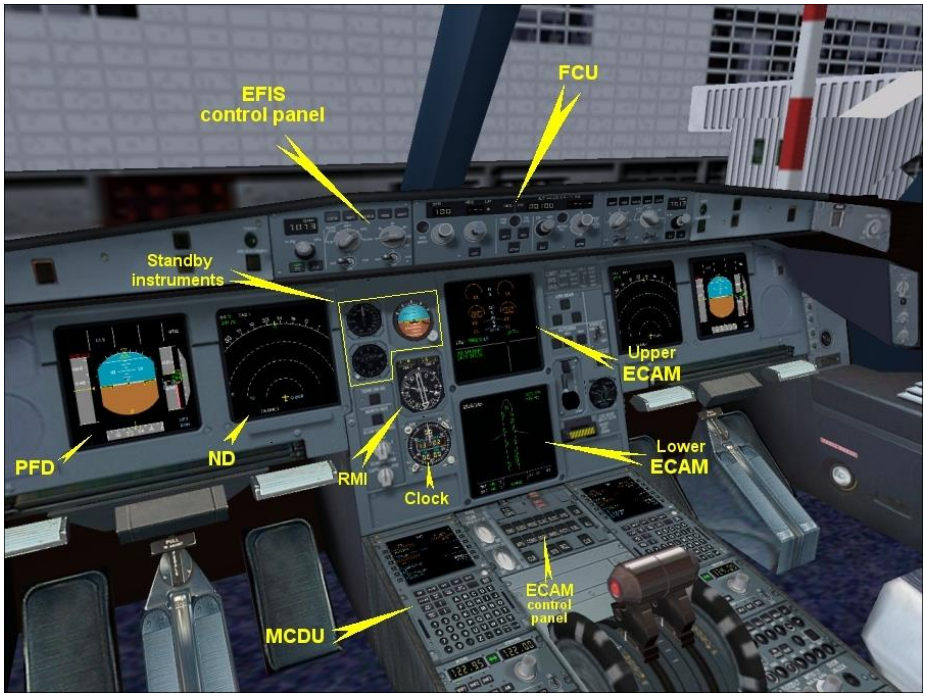
EICAS له شاشتى عرض فى لوحة المقايس المركزية (أعلى وأسفل) .

EICAS

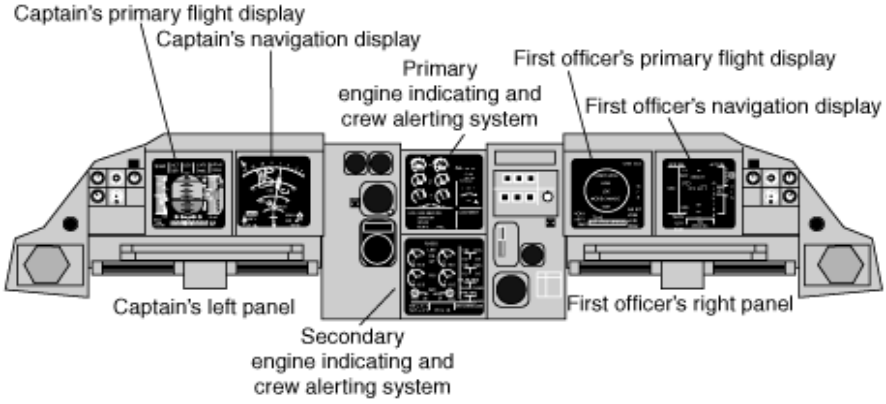
ECAM يستعمل أمّا شاشة يسار و يمين أو شاشـــة عليـــا و ســـفلى . المعلومات المعرضة من قبل **EICAS / ECAM** تتضمّن دفع محـــرّك، دورات المحرك، تدفق الوقود، درجة حرارة الزيت والضغط والوضـــع الهيـــدروليكي الكهربائي، و حالة ذوبان الجليد، و الوضع البيئي ووضع أسطح الـــتحكم كل ذلك فى شكل رسومي.

ECAM

Master warning & caution lights
Primary Flight Display
Engine/Warning Display
ECAM messages
Primary failure
Secondary failures
Navigation Display
System/Status Display



AIRBUS ECAM



EICAS

B737ng

أجهزة أخرى فى قمرة الطيران الالكترونية الحديثة :

بالاضافة الى الانظمة المذكورة أعلاه يوجد لوحة التحكم فى النمط **mode control panel (MCP)** ونظام إدارة الطيران **flight management system (FMS)** واللات احتياطية **back up instruments**.

mode control panel :

عادة تكون لوحة رفيعة طويلة تقع فى المنتصف أمام الطيار، تستعمل للتحكم فى الاتجاه و السرعة و الإرتفاع و السرعة العمودية و الملاحة العمودية و الملاحة الجانبية. ربّما أيضا تستعمل لتشغل أو فصل الطيار الآلي

و الخانق التلقائى autothrottle . المنطقة التى بها هذه اللوحة تـــرف ب حجاب الجهر **glareshield** .

تتبنى بوينغ هذا الاسم (**MCP**) للإشارة الى الوحـــدة الـــتي تســـمح بالتحكم فى وظائف الطيار الآلى، نفس الوحدة على طائرة الايرباص تدعى باسم FCU (وحدة التحكم فى الطيران) **Flight Control unit** . ايضـــا تعرف ب **navigation controls** .

MCP

نظام إدارة الطيران هو مكوّن أساسي من مكونات الكترونيات الطـــيران الحديثة.

FMS هو نظام حاسوب متخصص يقوم بالتشـــغيل الالى **automates** لعدد كبير من المهام أثناء الطيران، مما يقلل العبئ علـــى طـــاقم الطـــيران و

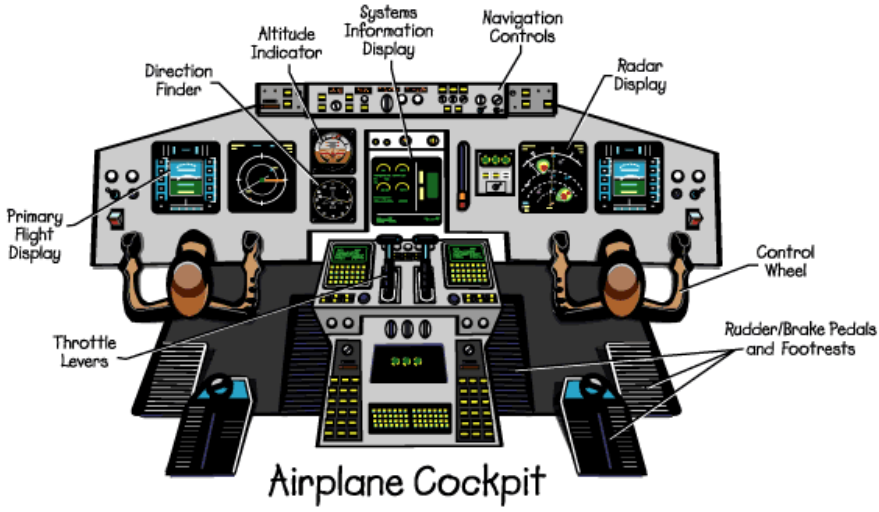
أصبحت الطائرة الحديثة لا تحمل مهندسي طـــيران أو ملاحـــين. الوظيفـــة الأساسية لنظام ادارة الطيران هى خطّة الطـــيران. بإســـتعمال المحسّســـات المختلفة (مثل **GPS** والملاحة بالتصور الذاتى **INS**) يحدد النظام موقـــع الطائرة ويمكن أن يوجّه الطائرة على طول خطّة الطيران. يـــتم الـــتحكم فى **FMS** من خلال وحدة شاشة الـــتحكم **control display unit(CDU)** حيث تمثل هذه الوحدة واجهة نظام ادارة الطيران التي تتكون مـــن شاشـــة ولوحة مفاتيح صغيرة أو شاشة لمسية. يرسل **FMS** خطّة الطيران للعـــرض على **EFIS**، و شاشة الملاحة (**ND**) أو الشاة متعدّدة الوظائف (**MFD**).

FMS panel (CDU)

الأجهزة الاحتياطية back up instruments :

في مكان غير بارز من قمرة القيادة، و في حالة فشل الآلات الأخـــرى، سيكون هناك مجموعة الآلات الاحتياطية، التي تعرض معلومـــات الطـــيران الأساسية مثل السرعة، و الارتفاع، و الاتجاه و وضع الطائرة.

إن تحديث شاشات عرض المعلومات كان مصحوب بتطور المجســـات في أنظمة مثل، نظام الاتجاه و الوضع المرجعي (**AHRS**)، حاسبات البيانـــات الجوية (**ADCs**) و مستقبلات النظام العالمي للملاحة بالأقمـــار الصـــناعية **GNSS** .



قمرة قيادة زجاجية فى طائرة مروحية

مسجلات الطيران

تلزم القوانين الدولية المتفق عليها جميع الرحلات التجارية بحمل أجهازي تسجيل معلومات خاصة بأداء الطائرة وظروف الرحلة أثناء الطيران.

تتضمن مسجلات الطيران المقاومة للارتطام بالطائرة أربعة أنظمة هي :

1- مسجل بيانات الطيران **flight data recorder (FDR)**

2- والمسجل الصوتي لمقصورة القيادة **cockpit voice recorder (CVR)**

3- مسجل الصور بالطائرة **aircraft image recorder (AIR)**

4 - مسجل وصلة البيانات **data link recorder (DLR)**

يجب أن يكون صنع مسجلات الطيران وموضعها وتركيبها على نحو يوفر أقصى قدر ممكن عمليا من الحماية للتسجيلات، بحيث يتسنى صون البيانات المسجلة واستعادتها وتدوينها كتابة .ويجب أن تفي مسجلات الطيران بالمواصفات المقررة لمقاومة الارتطام والحريق.

البدايات : منذ الستينات بدأ الإنسان يفكر في جهاز يستطيع تحمل الانفجارات وتحطم الطائرات والنيران وتحمل المكوث في المحيطات وتحمل السقوط من عشرات الكيلو مترات بل الآلاف. ففي عام 1953 كان خبراء الطيران يجاهدون في سبيل معرفة أسباب حوادث سقوط عدد من طائرات

شركة كوميت التي بدأت تلقي ظلال الشك على مستقبل الطيران المدني برمته وبعد عام اقترح عالم طيران أسترالي، يدعى ديفيد وارن صنع جهاز لتسجيل تفاصيل رحلات الطيران. وكان الجهاز الأول أكبر من حجم اليد ولكنه يستطيع تسجيل نحو أربع ساعات من الأحاديث التي تجري داخل مقصورة القيادة وتفاصيل أداء أجهزة الطائرة. وأصيب الدكتور وارن بالدهشة عندما رفضت سلطات الطيران الأسترالية جهازه وقالت إنه "عديم الفائدة في مجال الطيران المدني" وأطلق عليه الطيارون اسم "الأخ الكبير" الذي يتجسس على أحاديثهم. ونقل الدكتور وارن ابتكاره لبريطانيا حيث رحب به بحماس، وبعد أن بثت إذاعة بي بي سي تقريرا حول الجهاز تقدمت الشركات بعروضها لتطويره وصناعته. لكن هذا الحجر له اهمية كبيرة ومن خلاله يمكن معرفة أحوال الطائرة.

تحفظ هذه الأجهزة في قوالب متينة للغاية مصنوعة من مواد قوية مثل عنصر التيتانيوم، تحيطها مادة عازلة لتتحمل صدمات تبلغ قوتها أضعاف قوة الجاذبية الأرضية، ولتتحمل حرارة تفوق 1000 درجة مئوية وضغطا قويا يعادل ضغط المياه على عمق 20000 قدم تحت البحر. وتلف قطع التسجيل عادة بمادة عازلة تحميها من التعرض من مسح المعلومات المسجلة

عليها وكذلك من العطب والتآكل من جراء مياه البحر لمـــدة 30 يومـــا.

يعرف عند العامة بالصندوق الأسود مع أن لونه ليس كذلك .

طائرات أخرى أثقل من الهواء

1- المروحيات

المروحيـــة أو طـــائرة بأجنحـــة دوارة **rotorcraft** أو **rotary wing aircraft** هى طائرة تبقي محمولة فى الجو جزئيا أو كلياَ عن طريق أســـطح إنسيابية **airfoils** تدور حول محورها العمودي. أى هى مركبة جوية أثقل من الهواء تعتمد أساسا في طيرانها على الرفع الـــذى يولّـــده دوار **rotor** أو أكثر. للتوضيح اكثر هى آلة طائرة أثقل من الهواء تستغل الرفع الذى تولّده أجنحه تسمّى شفرات الدوّار **rotor blades**، و التي تدور حول صـــارى. كلمة دوار تعنى عدة شفرات مركبة على صارى وحيد. و بذلك تشير كلمة **rotorcraft** الى أى طائرة تحتاج الى دوّار أو أكثر لتوفير الرفع طوال فتـــرة الطيران، مثل الهليكويتر ، ومروحية دولابيه **cyclocopters**، و الأوتـــوجير **autogyros**، والجيروداين **gyrodynes** . من الممكن أيضـــا للمروحيـــة ان تتضمّن محرّكات دفع اضافية أو مراوح دسر **propeller** وســـطوح رفـــع ثابتة.

Rotodyne

الهليكوبتر: هى مركبة جوية أثقل من الهواء تطير بصورة رئيسية عن طريق ردود فعل الهواء على واحد أو أكثر من الدورات المدارة ميكانيكياً على على المحور العمودى.سوف نركز فى هذا الجزء على الهليكوبتر ثم سوف نأتى على ذكر الانواع الاخرى فى فصل مركبات جوية أخرى .

الهليكوبتر بالإنجليزية **Helicopter** اعتماداً على اللفظة الغربية، المعروفة أيضًا باسم الحوامة أو الطائرة العمودية أو الطوافة أو الطائرة السمتية هي عبارة عن آلة ميكانيكية مزودة بريشتين أو أكثر من الريش المثبتة أعلى بدنها و التى تدار بمحرك والتي تمنحها القدرة بدورانها حول محورها على الإقلاع و الهبوط العمودي و التحويم و الطيران للأمام و للخلف و جانبياُ. تعتبر طائرات الهيليكوبتر من أكثر الطائرات مرونة بالمقارنه بكل الطائرات الأخرى

و لها قدره كبيره على المناوره في الجو وهذه المناوره توفر لقائـــد المروحيـــه التحرك بحريه في الأبعاد الثلاثه و هذا المدى من الحريه لا يتوافر للطـــائرات ذوات الأجنحه الثابته .

تستطيع طائرة الهليوكوبتر الطيران في أي إتجاه و الدوران حول محورهـــا الرأسي أو الأفقي 360 درجه و هذه المزايا وفرت قدرات كـــبيره لهـــذه الطائره للمناوره خاصة في عمليات القتال البري و المطـــارده و عمليـــات الإنقاذ كذلك تستطيع الهبوط في أي مكان دون الحاجه إلى ممرات الهبـــوط كما هو الحال بالنسبه للطائرات ذوات الأجنحه الثابته .

أنواع حركات الطائرة المروحية

كلمة هليكوبتر مسمى فرنسي في الأصل بدأ استخدامه في عـــام 1861 ومستمدة من الكلمة الإغريقية هيلكس/هيليك باليونانية (**ἕλικ** : والتي تعني "حلزوني دائري"، وبترون باليونانية**πτερόν** : بمعنى جناح.)

الميزة الأساسية للمروحية هي دورانها حول نفسها في الجو وحفاظها على قوة الرفع دون الحاجة للتحرك للأمام. وتستطيع الإقلاع والهبوط عموديًـــا دون الحاجة لمدرج. لهذا السبب فإن لها المقدرة على الوصول لأماكن مكتظة أو منقطعة حيث لايمكن للطائرات ذات الجناح الثابت فعل ذلك.

تم بناء أول طائرة ذات جناح دوار من قبل الألماني أنتـــون فلتنـــر عـــام 1936 وكان اسمها "**FL-185**".

بالرغم من أن المروحيات طورت وبنيت في بداية النصف الأول من قرن الطيران، لكنها لم تنتج إلا بأعداد محدودة حتى عام 1942 حيث صـــممت طائرة إيجور سيكورسكي وأصبحت أول مروحية تنتج على نطاق واســـع بحوالي 400 نسخة. وحتى التصميمات القديمة فقد كانت تستخدم أكثـــر من دوار رئيسي، أما الحالية فتستخدم بالإضافة للرئيسي دوار ذيلـــي مـــانع للدوران. وهذا التصميم هو ما أصبح يُعرف عالميًا باسم المروحية.

أول إشارة للمروحية فى التاريخ كانت فى الصين حوالى 400 قبل الميلاد ، و فى عام 1480 ابتكر ليوناردو دافنشى تصميم يعتبر خطوة مهمة نحـــو

تحقيق الطيران العمودى ثم تلاحقت التطورات حتى يومنا هـــذا .تســـتخدم المروحيات اليوم فى انجاز مهام كثيرة لا تستطيعها طائرات الاجنحة الثابتـــة مثل نقل الهياكل و فى مكافحة الحرائق و البحث و الانقاذ و الاستخدامات العسكرية و الاسعاف الجوى كما تستخدم من قبل الشرطة و فى التصـــوير الجوى و الارصاد و الانشطة الترويحية و غيرها .

ان الطوافات بشكل عام مركبات مفيدة من عدة نواحي فهي تقلع وتهبط في اماكن صغيرة و ضيقة لا تجاريها في ذالك الطائرات التقليدية ، كما تتميز بقابليتها العالية على شحن مختلف انواع البضائع مـــن مختلـــف الاحجـــام والانواع كسلع و الاسلحة والافراد والاليات بل ان بعض المروحيات لهـــا القدرة على شحن مروحية اخرى بكاملها .

إن إستعمال المروحيات تركّز الى حدّ الآن على نشاطات مثل الإخـــلاء الطبي، و إنقاذ،و الدفاع المدني، و الاعمال الجوية والشرطة ومثـــل هـــذه العمليات يتوقّع نموها بحدّة في المستقبل القريب.

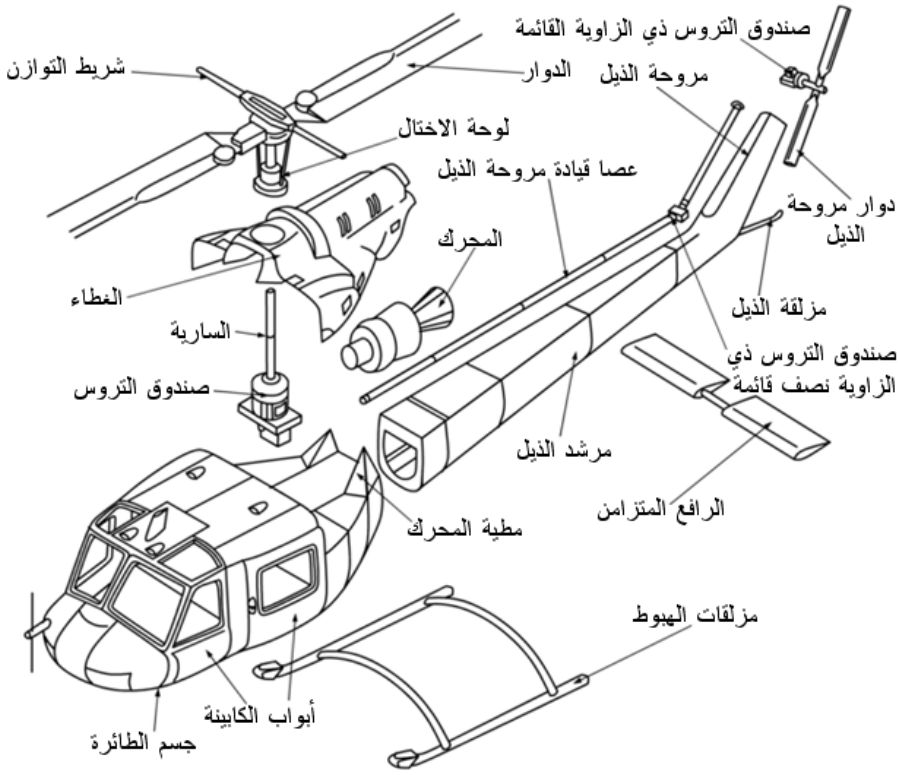
بالإضافة الى ذلك، استخدام المروحيات لنقل المسافرين يشكل الان نشاط هامشي لكن يتوقّع تطوره بسرعة . على سبيل المثـــال، عمليـــات النقـــل بالمروحية من مطارات المروحيات فى المدينة **heliports** إلى المطارات، أو حتى بين المدن و بعضها التى بدون مطارات أو بين جزر مع بعضها .

تتكون الطائرة ذات الأجنحة الدوّارة عموماً من أربع وحدات رئيسية:

1. هيكل الطائرة **Fuselage**
2. أجهزة الهبوط والإقلاع **Landing gear**

3. مجموعة الدوّار الرئيسي **Main rotor assembly**

4. مجموعة دوّار الذيل **Tail rotor assembly**



رسم تفصيلي لأجزاء الهليكوبتر

مثل بدن الطائرة الثابتة الأجنحة، بدن المروحية قد يكون جملونى **truss** أو قشرى **monocoque** أو تنويعات منها.

يتضمّن جهاز الهبوط كلّ الأجهزة الضرورية لرسو المروحية عنـــدما لا تكون طائرة. هناك عدّة أنواع من أجهزة الهبوط على مروحيات : التقليدية الثابتة (**skid** زحفات)،القابلة للضم، و غير القابلة للضم.

تدير المحركات رأس المروحة بسرعة فائقة مسببة بذالك دوران الاريـــاش الموصولة بالرأس حيث تعمل مثل اجنحة طويلة ورفيعة وهذا يولد قوة تسمى قوة الرفع تجعل الطوافة ترتفع في الهواء ، كذلك يوجد على الطوافة مروحة اخرى اصغر من الأولى مركبة على الذيل تقوم بمنع الطوافة مـــن الـــدوران السريع حول نفسها (ضد عزم اللى) .

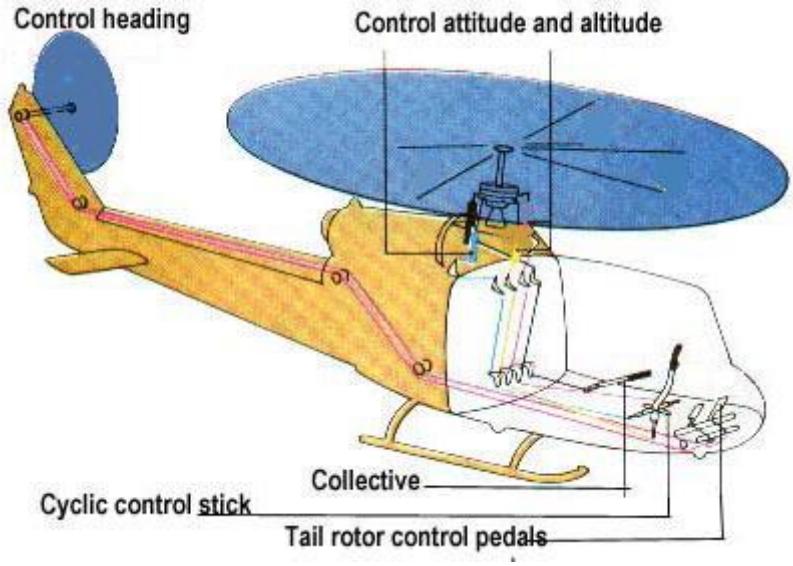
باستطاعة الطيار ان يوجه المروحية الى جهات مختلفة بالضغط على عصا القيادة في حجرة الطيار عصا القيادة هذه تعدل الميلان بزواية راس المروحة او بالارياش .

تقع حجرة الطيار قبالة المحركات وتحتوي على نوافذ كبيرة تسمح للطيار ان يشاهد بكل وضوح كل ما هو امامه وحواليه ، وذراع الدفع او العمود يمتد على طول جسم او هيكل الطوافة وصولا الى قسم الذيل .

الاقلاع :

عندما يدير الطيار المحرك تبداء ارياش المرحة بالدوران البطيء حين يبلغ المحرك سرعة الطيران وتدور ارياش المروحة بسرعة كافية لرفع الطوافة يرفع الطيار ذراع السيطرة على الترجح جاعلا كل الارياش تتحرك بالتدريج دوريا وبالتساوي في هذه الاثناء تاخذ الارياش الاربعة دور جناحي الطائرة العادية وتبداء بالارتفاع ، مع الوقت تزداد قوة دفع للارياش وتتغلب على وزن الطوافة الكبير فتمكنها من ان تصعد عموديا الى الجو ، تقلع الطوفات عادة باتجاه الريح لتحصل على ارتفاع اضافي لكن اذا كان تغيير اتجاهها عن مجرى الريح ضروريا يضغط الطيار على الداوستين لضبط معدل قوة الدفع الناشيء عن مروحة الذيل الصغير ، لكن عن طريق تعديل قوة الدفع

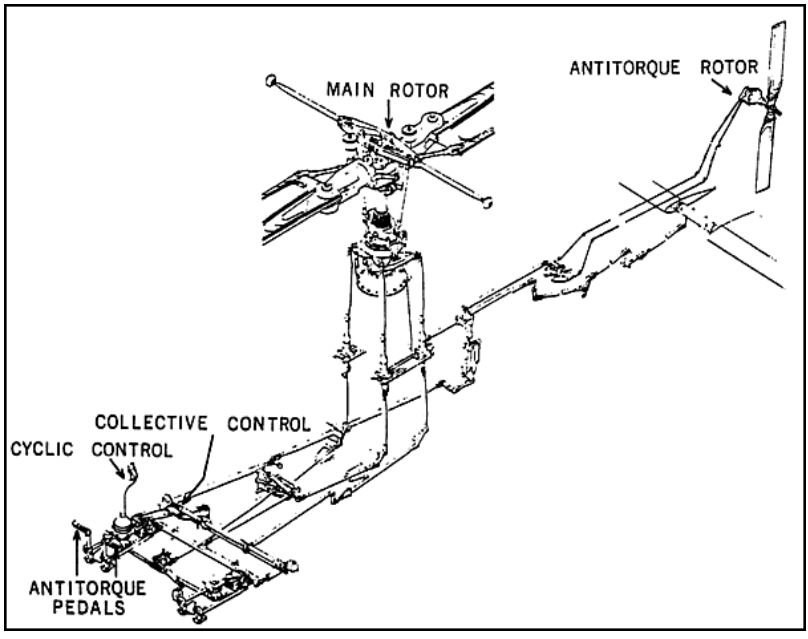
الاساسية او تتعرض الطوافة حينها للدوران السريع والتمايل **roll** اما مـــن جهة او من جهة اخرى .....



طريقة عمل الارياش :

تبدأ الارياش بالدوران بموازة الارض فتولد رفعا خفيفا لكن عندما يقـــوم الطيار بتشغيل جهاز الرفع يصعد الطرف الامامي لكل ريشة فينساب الهواء بسرعة فوق الريشة اكثر من انسيابه تحتها وهذا يخفف من ضغط الهواء فوق الريشة ، فيولد امتصاصا للهواء ويتسبب برفع الطوافة عن الأرض وبتســـريع

الأرياش اكثر فاكثر تتم عملية الرفع ثم الصعود الى اعلى ولزيادة سرعة المحرك ايضا يستعمل الطيار مخنق ذراع التشغيل الجمـــاعي **throttle collective control** كي يزيد من قوة الرفع العمودي للطوافة.....



مكونات الدوار الر ئيسى :

الجذر Root: الطرف الداخلي للريشة حيث يتصل الدوّار بمقبض النصل.

مقبض الريشة Blade Grips: نقاط ربط كبيرة حيث تتصـــل الـــريش بالمحور.

المحور Hub: تجلس في أعلى السارية، وتوصل أرياش الدوّار إلى أنابيـــب التحكم.

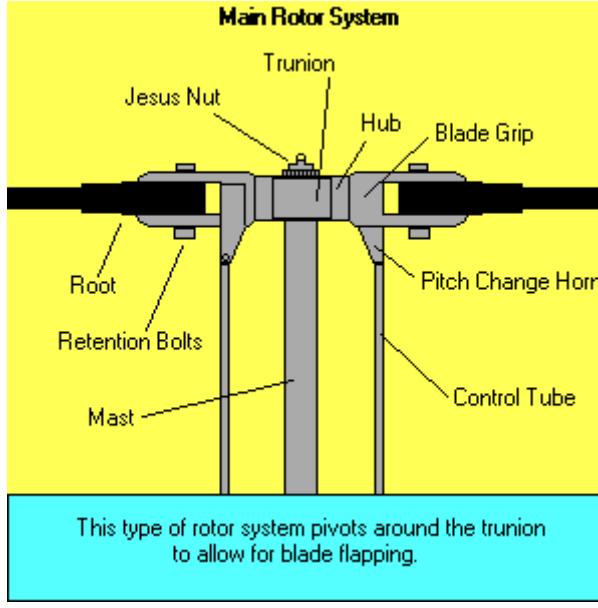
السارية Mast: عمود دوار يوصل الدوّار إلى المروحية.

أنابيب التحكم Control Tubes: أنابيب دفع \ سحب تغيّر درجة ميلان الشفرات الدوّار.

قرن تغيير الدرجة Pitch Change Horn: المولّدة التي تحوّل حركة إنبوب التحكم إلى درجة ميلان الريشة.

الدرجة Pitch: زيادة أو نقصان زاوية أنصال الدوّار لرفع، أو خفض، أو تغييّر إتّجاه قوة دفع الدوّار.

صامولة Jesus Nut: صامولة مفردة تثبت المحور في السارية.



دور القرص المتراوح swash plate في عمل المروحية :

يتكون القرص المتراوح (**swash plate**) من قرصين متحدي المركز، إحدهما وهو الجزء العلوي يتحرك مع الريش وهو مرتبط بها خلال وصلات التأرجح، بينما الآخر يكون ثابت ويمكن تأرجحه بواسطة الطيار عن طريق أدوات التوجيه وهما مجمع التأرجح **(Collective pitch)** ويدة التدوير **(cyclic stick)**. يتغير تأرجح ريش الدوار الرئيسي خلال دورانها لكي تتحكم في مقدار واتجاه الدفع الموجه. مجمع الانحدار الموجود بالكابينة يستخدم لرفع أو خفض الدفع للدوار بشكل عمودي على محور الدوران، ويتحكم أيضا بمقدار كمية الدفع الموجهة، لذلك يتغير تأرجح الريشة خلال دورانها بشكل فعال لإمالة قرص الدوار والتحكم بإتجاه الدفع الموجه. القرص المتراوح يتحكم بدوره باختلاف التأرجح للريش. الدوار الذي به أكثر من ريشتان يكون لديه توصيلتان مخصصتان، بحيث تجعل القرص المتراوح الداخلي يدور. ولكن بحالة نظام الدوار بريشتين فإن الريش تتولى هذه المهمة. يستطيع القرص المتأرجح تغيير الإتجاه عموديا والإمالة لعدة درجات. خلال التغيير والإمالة فإن القرص الثابت يتحكم بالقرص المتحرك، والذي بدوره يتحكم بتأرجح كل ريشة على حدة.

حالات الطيران:

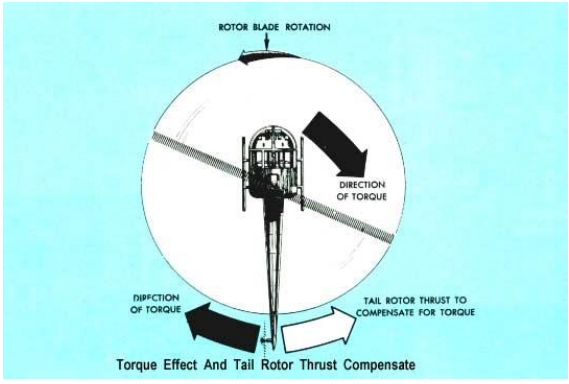
هناك حالتا طيران للمروحية: التحويم والطيران للأمام :

التحويم:

يعتبر التحويم أكثر اللحظات خطورة خلال طيران المروحية. وذلك أن المروحية تنتج الرياح الخاصة بها خلال تحويمها، والتي تعاكس الهيكل وأسطح توجيه الطيران. ويجب أن تكون المحصلة هي ثبات المروحية عن طريق تواصل الطيار بإدخال الأوامر لتعديل وضعيّة المروحية، وبالرغم من صعوبة المهمة، إلا أن أدوات التحكم بالتحويم تكون بسيطة. فأداة التدوير تستخدم لمنع الانحراف الأفقي للطائرة، وهي تحكم الأمامي والخلفي، اليمين واليسار، والمجمع يستخدم للمحافظة على الارتفاع. وتُستخدم الدواسات للمحافظة على الاتجاه. فالتداخل بين تلك الأدوات للتحكم يصعب من مهمة التحويم، فعندما يحتاج أي من أدوات التحكم إلى تصحيح، فإنه يجعل من الضروري تصحيح باقي أدوات التحكم فيجعل دورة ثابتة من التعديل.

تكمن احدى الميزات الاساسية والرئيسية للطوافات المتفوقة على الطائرات ذات الاجنحة الثابتة في قدرتها على التوقف في الهواء وتسمى هذه العملية التحويم ، تولد اجنحة الطائرة رفعا كافيا لكي تعطي دعما ضروريا لوزن الطائرة اثناء طيرانها بسرعة فائقة وبالمقابل تنتج رياش المروحة على الطوافة

قوة الرفع حتى و لو كانت متوقفة في الهواء ويعود هذا الى الارياش الـــدائرة بسرعات بالغة ، اذا اراد الطيار ان يحوم يثبت عصا القيادة في موضع مركزي للحفاظ على مستوى قرص المروحة واذ حاولت الرياح المتعامدة ان تـــدفع بالطوافة الى الانحراف عن خط سيرها اي الانعطاف جانبيا يصحح الطيـــار هذا الخلل بتمييل قرص المروحة الى الجهة المعاكسة لتوليد قـــوة في الجهـــة المعاكسة وتثبيت المروحة ، ان عملية التحويم لها منافع كثيرة خاصة في اداء مهمات ذات طابع مدني او عسكري ففي الحالات المدنية يمكن للطوافـــة ان تحوم فوق سفينة معطلة وتنقذ ركابها من الغرق وفي الاستخدمات العسكرية يمكن للطوافة ان تتوقف وتحوم وسط غابة كثيفة من الاشجار للانقضـــاض على فريستها وتدميرها .

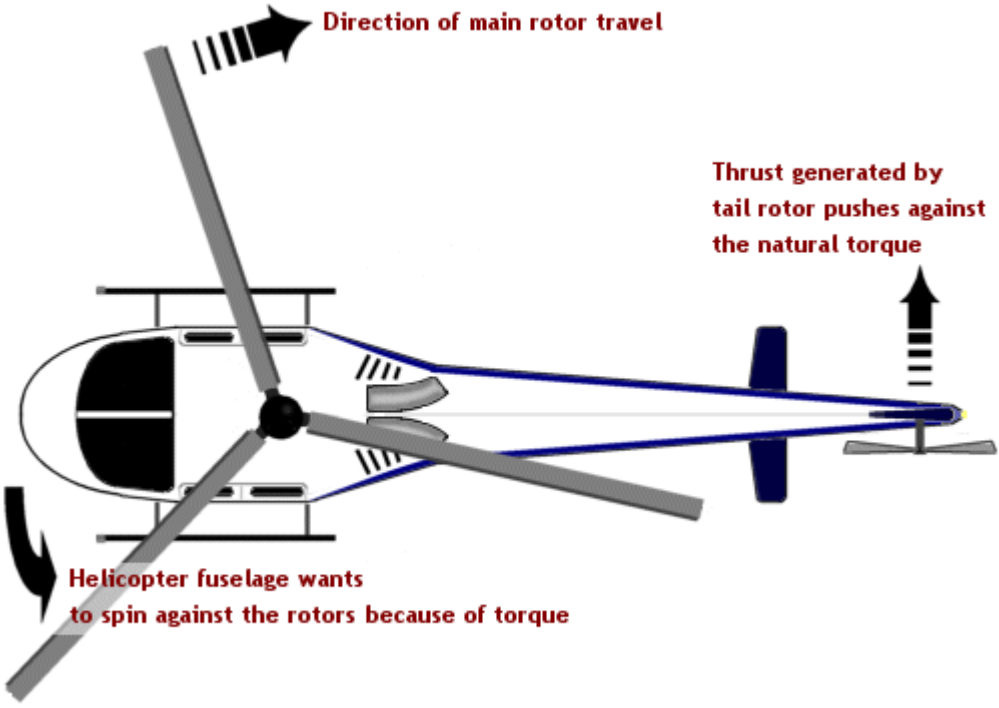


Torque Effect And Tail Rotor Thrust Compensate

الصورة اعلاه :

- مروحة صغيرة في الذيل تنتج قوة جانبية لمنع الطوافة من الدوران السريع

- القوة التي تدير الارياش في وجهة واحدة قادرة ايضا على دفع الطوافة باكملها الى الجهة المعاكسة .
- الطافة دون مروحة ذيل تدور بسرعة وتتمايل اما اذا لها مروحة ذيل تبقى متوازنة .



يتم نقل الطاقة من المحرك بواسطة عمود يدور 20.000 دورة في الدقيقة لكن علبة التروس تخفف من سرعة الـــدوران الى ان تصـــل الى 250 دورة بالدقيقة لكنها تظل تدور بقوة اكبر ومن جهة اخرى يبرم عمود ثان مروحة الذيل .

الطيران الى الامام :

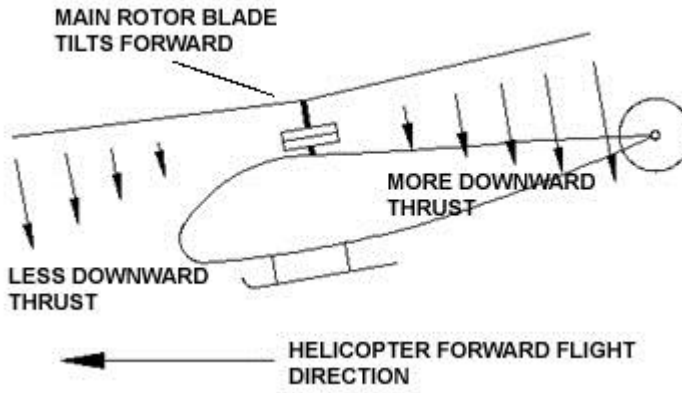
عند بلوغ الطوافة السرعة اللازمة تزداد قوة الرفع على جانب اكثر مـــن الاخر ، واذا كانت ارياش المروحة صلبة فانها تميل نحو الجانب المدعوم قليلا من قوة الرفع فينحرف عندئذ قرص المروحة الى جانب مما يمكن الطوافة من تغيير اتجاهها حائدة عن خط طيرانها السوي

لتفادي هذه المشكلة يقام بتركيب مفاصل قلابية متصلة بالارياش حيـــث تسمح لها ان تنحني او ترتفع مستوعبة هكذا كل التغيرات في قوة الرفع اثناء دوران الارياش .

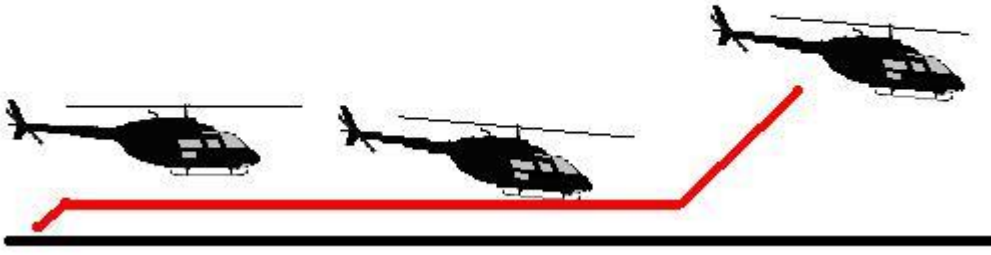
سرعة الطوافة محدودة انها لاتطير اكثر من 400 كلم بالساعة وبمجـــرد بلوغ هذه السرعة يقترب كل طرف من اطراف الارياش المجابهة للهواء مـــن سرعة الصوت ، وفي هذه الحالة يبداء الهواء المحيط بالريشة بالتبـــدد فتفقـــد الطوافة قوة الرفع هنا على الطيار ان يزيد من قوة الرفع كما عليه ان يزيـــد

من ميلان كل الارياش لكن عندما تتحرك الارياش نحو ذيل الطوافة يصبح الميلان كبير جدا لتوليد قوة رفع في تيار هوائي بطيء ومرة اخرى تفقد الطوافة قوة الرفع .

أدوات التوجيه للمروحية خلال الطيران الأمامي شبيهة بتلك الخاصة بالطائرات ذات الجناح الثابت. فإزاحة عصا التدوير للأمام يجعل من مقدمة الطائرة تتأرجح للأسفل مما يرفع من السرعة الجوية ويخفض من نسبة الارتفاع. تحريك عصا التدوير للخلف يجعل مقدمة الطائرة تتأرجح للأعلى، فتنخفض السرعة ويزداد الارتفاع. أما الزيادة بقوة المجمع خلال المحافظة على السرعة الجوية ثابتة سوف يُنشأ الصعود، بينما تقليل المجمع يُنشأ الهبوط. ومن شأن تنسيق هذه المدخلات، أي ترجيع المجمع مع عصا التدوير للخلف أو مجمع للأعلى مع عصا التدوير للأمام، أن ينجم عنه تغيير بالسرعة والإبقاء على ذات الارتفاع. تُستخدم الدواسات لأداء نفس الوظيفة في كل من المروحية والطائرة، وهي المحافظة على ثبات الطيران. ويكون ذلك بتفعيل الدواسات وفق الاتجاه الملائم للمحافظة على المروحية ثابتة بالجو



عند اتجاه كل ريشة من ارياش المروحة نحو مقدمة الطوافة تزداد سـرعة الهواء العابر فوقها من جراء سرعة الطيران وهذا يولد رفعا اكثر فيعلوا عندئذ طرف الريشة انما نفس الريشة المتجهة نحو ذيل الطوافة تبتعد عن الرياح الاتية صوبها ...من جهة ثانية يخف تدفق الهواء المار فوقها بسبب سرعة الطوافـة فينتج من جراء هذا رفع اقل فيهبط طرف الريشة مسببا بـذالك ارتفاعـا وهبوطا للارياش اثناء دورانها .



1-تيار الهواء الهابط الذي تولده الارياش يندفع وراء الطوافة وتبـــدء بالطيران الى الامام

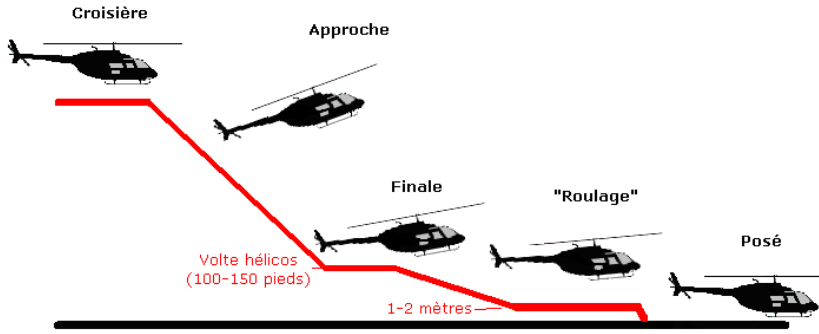
2-اذا دفع الطيار بعصا القيادة الى الامام ينخفض مســـتوى قـــرص المروحة

3-عندما يضع الطيار عصا القيادة في موضع مركزي يستقيم قـــرص المروحة افقيا ويتم الارتفاع عموديا

الهبوط :

مع ان الطوافات قادرة على التحويم والتسلق والانحدار في الهواء محافظـــة دوما على توازنها ، انما من النادر ان تقوم بالهبوط عموديا فالطيار الذي يريد الهبوط عموديا لايملك مجال الرؤية المباشرة بما يحدث تحت الطوافـــة ، الا اذا بقيت دائرة اثناء هبوطها وفي هذه الحالة لا يضمن الطيار حصول حادث ما للذيل بمجرد ارتطامه بجسم ما على الارض فعند اقتراب الطوافة من الارض تحدث التيارات الهوائية التي تولدها ارياش المروحة اضطرابا كبيرا مما يجعـــل الطوافة تهتز هزا عنيفا ، وللخروج من هذا المازق تصمم الطوافات بطريقـــة تسمح لها بالهبوط ضمن زاوية تدعى << هبوط انحداري >> لكـــن اذا اردت الهبوط في المطار فانها تستعمل نظام الحط باجهزة القياس **ILS** فترسل

اشارات لا سلكية من الارض الى الطوافة وتستعمل لتحديد موقعها بالنسبة الى الهبوط الانحداري المسجل على نظام الحط باجهزة القياس الموجودة امام الطيار ، واذا اراد الطيار ان يخفف من العلو يترل ذراع التحكم بالانحـــدار كي يخفض من زاوية ارياش المروحة .



اذا حاولت المروحية الهبوط عموديا فان تيارات الهواء الهـــابط تســـبب باضطرابات في مجرى الهواء العابر تحتها وتجعلها تتارجح ، لكن لكي تتفادى الطوافة اثار هذه الاضطرابات تحط عادة ضمن زواية الهبوط التي تتناقص من الاعلى الى الاسفل بزواية 40-60 درجة .

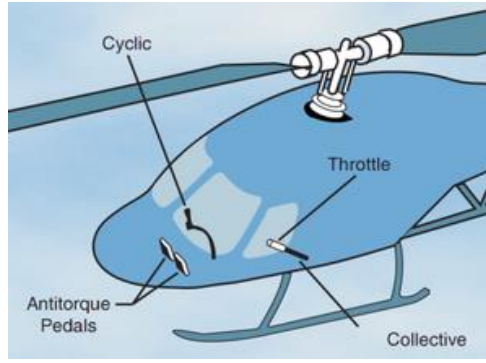
حالات الطورائ :

عند حصول عطل في المحرك او في مكان اخر تنقطع الطاقة عن المروحة الرئيسية ، لكن هذا الامر لا يتسبب بتحطم الطوافة فالمروحة دون طاقة تخفف من سرعة دوارنها ومعها تفقد قوة الرفع فتبداء الطوافة بالانحدار لكن بهذه الحالة ينعكس اتجاه الهواء الذي يمر عبر المروحة الرئيسية من اسفل هيكل الطوافة الى اعلاها فيولد قليلا من قوة الرفع ، اذن على الطيار ان يبقي المروحة << دون طاقة >> في حالة الدوران لسبب ان هذه المروحة لها مفعول مشابه لجناح الطائرة ، ولذالك يحتاج الطيار اليها لاحقا ان لم يتم استرجاع الطاقة انما يتفادى هذه المشكلة بتغيير زاوية الارياش .....اذا فقد المحرك الطاقة اثناء الطيران البطيء او التحويم يخفض الطيار مقدم الطوافة الى اسفل كي يزيد من سرعتها ويبقى المروحة دائرة باقصى سرعة وعند هبوطها الاضطراري يحصل تغيير جديد في زاوية الريشة فتنتج قوة رفع كافية للتخفيف من صدمة الهبوط.....كل الطوافات عدا الصغيرة منها والعاملة في نطاق العمليات البحرية مجهزة بمحركين لاجل تامين الحد الاقصى من السلامة.....عندما تفقد الطوافة الطاقة ويليها قوة الرفع يترل الطيار اولا ذراع الترجح كي يحافظ على دوران المروحة لكن عندما تكون بمحاذاة

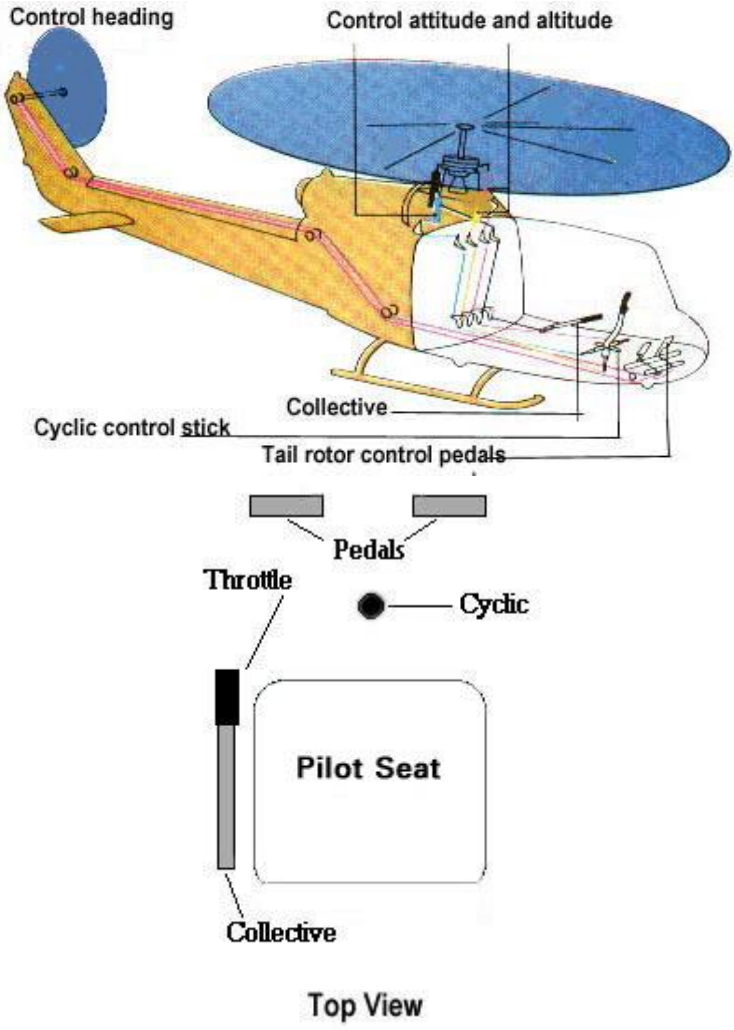
الارض يرفع الذراع ليمكن المروحة من توليد رفع كاف لاجل تخفيف سرعة الهبوط ثم تاخذ وجهة الاقتراب المحكم ويحط بسلام .

اجهزة التحكم والسيطرة :

تحتوي المروحية النموذجية على ثلاث أدوات تحكم بالطيران. وهي التدوير **(cyclic)**، والمجمع **(Collective)**، ودواسات المضادة لعزم الدوران **(Anti-torque pedals)**. قد يرتبط عصا التدوير مع المجمع من خلال وحدة الخلط **mixing unit** عند بعض المروحيات حسب التشكيل، وهي أداة ميكانيكية أو هيدرولية تستقبل إشارات من كلا الأداتين ثم ترسل هذه الإشارة المستقبلة إلى أسطح التوجيه للحصول على النتائج المطلوبة. ويعتبر داعس الوقود **throttle** من ادوات التوجيه بسبب الحاجة إليه للمحافظة على سرعة لفات الدوار بالمروحيات الصغيرة دون الحاجة إلى منظم.

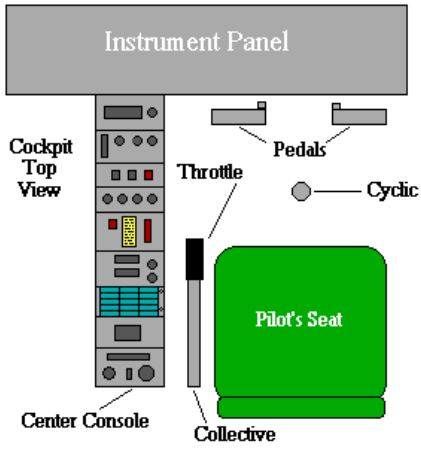


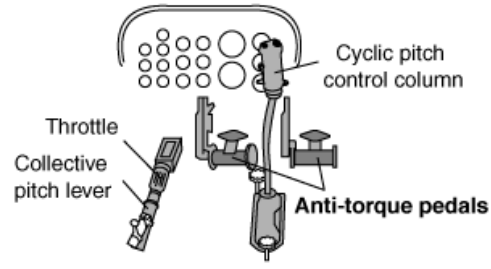
أدوات توجيه الطائرة



تمتلك المروحية أربع أدوات تحكم، وهي التدوير والمجمع ودواسات مضادة لعزم الدوران وداعس الوقود. تقع ذراع تحكم يدة التدوير بين أرجل الطيار عادةً وتُسمى بالعصا التدويرية (بالإنجليزية: **Cyclic stick**) أو مجرد التدويرية

(بالإنجليزية: **Cyclic**)، وهي عبارة عن مقبض القيادة للطائرة وهـــي ذراع سهل التمايل والتحريك. وقد سميت بهذا الاسم لأنها تغير التأرجح لـــريش الدوار بشكل دائري، فتغير من تمايل القرص الدوار إلى اتجاه محـــدد فيـــتغير بالتالي اتجاه المروحية، فمثلاً عندما يحرك الطيار ذراع التدوير للأمام، فـــإن قرص الدوار يميل للأمام، مما ينتج عن الدوار دفع للأمام. وعندما يدفع الطيار ذراع التدوير لليمين، فإن قرص الدوار يميل لليمين منتجًا دفع لنفس الاتجاه، مسببًا المروحية بأن تحوم باتجاه جانبي أو لليمين خلال رحلتها للأمام.





يقع تحكم مجمع التأرجح (بالإنجليزيـــة: **collective pitch control**) أو المجمع (بالإنجليزية: **collective**) على الجانب الأيسر من مقعد الطيار بوضع يمنع أي حركة غير مقصودة. وهو يغير من زاوية التأرجح لجميع الشـــفرات بشكل جماعي (بمعنى جميع الشفرات بنفس الوقت) وبصرف النظر عن موقع

الريش. لهذا فعندما يرسل المجمع أي إشارة فإن الشفرات تتغير بشكل متساو، مما يتسبب في زيادة أو تقليل ارتفاع المروحية.

تقع الدواسات المضادة لعزم الدوران (بالإنجليزية: **Anti-torque pedals**) بنفس موضع دواسات الدفة للطائرات، وتؤدي نفس الغرض، وهو تنظيم اتجاه مقدمة الطائرة خلال الطيران. فتطبيق الدواسة بالجهة المعطاة سوف يغير من التأرجح لشفرات دوار الذيل فتزداد أو تقل قوة الدفع الناشئة من دوار الذيل مما يسبب مقدمة الطائرة بالانعراج يمينًا أو يسارًا حسب الدواسة المضغوطة. فالدواسة تغير من تأرجح دوار الذيل ميكانيكيًا مما يغير من كمية الدفع الناشئ منها.

صُمم دوار المروحية ليعمل على عدد محدد من الدورات بالدقيقة. فداعس الوقود يتحكم بالطاقة الناتجة من المحرك، ويكون متصل بالدوار عن طريق ناقل الحركة. فأهمية داعس الوقود تتمثل في المحافظة على قوة المحرك لإبقاء عدد الدورات بالدقيقة للدوار ثابتة حسب الحدود الدنيا المطلوبة لإنتاج كمية كافية من الرفع خلال الطيران. يقع داعس الوقود بالمروحية ذات المحرك المفرد على ذراع المجمع ويحرك بلوي القبضة الدائرية، أما المروحية ثنائية المحرك فيكون لها ذراع خاص للتحكم بالوقود. يرسل القرص المتراوح تعليمات الطيار إلى شفرات الدوار لعمل الدوران المطلوب تنفيذه.

التدوير :

ذراع تحكم يد التدوير يكون بالعادة ما بين أرجل الطيار ويسمى (بالإنجليزية: **cyclic stick**) أو مجرد **cyclic** وهو مقبض القيادة للطائرة وهو ذراع سهل التمايل والتحريك. وقد سمي بهذا الاسم لأنه يغير التأرجح لريش الدوار بشكل دائري، بما ان زاوية ريش الدوار تتغير حسب موضعها خلال دورانها حول المحور، لذلك فجميع الريش تتغير زواياها بنفس المعدل ونفس المكان خلال الدورة الواحدة. فتحريك ذراع التدوير يعني تغيير بزاوية المواجهة وبالتالي ينشئ الرفع عن طريق الريشة التي تدور حول قرص الدوار، مما يجعل الريش ترتفع أو تنزل حسب الرفع.

إمالة القرص الدوار لاتجاه معين ينتج عنه تحريك الطائرة لنفس الاتجاه. فمثلا عندما يحرك الطيار ذراع التدوير للأمام، فإن قرص الدوار يميل للأمام، مما ينتج عن الدوار دفع للأمام. وعندما يدفع الطيار ذراع التدوير لليمين، فإن قرص الدوار يميل لليمين منتجا دفع لنفس الاتجاه، مسببا للمروحية بان تحوم باتجاه الجانبي أو لليمين خلال رحلتها للأمام.

بنظام الدوار يكون هناك تأخير ما بين نقطة خلال الدوران حيث التغيير بالتأرجح عن طريق أدوات التحكم بالطيران وما بين النقطة المطلوبة لظهور التغيير المطلوب خلال الطيران. وتلك الظاهرة اختلطت مع ظاهرة البدارية

عند بعض هيئات الطيران وإن كان من الأفضل أن يشار إليها بمرحلة التأخير أو التخلف (**phase lag**). التخلف يتغير حسب هندسة نظام الدوار.

المجمع :

يوجد تحكم مجمع التأرجح (بالإنجليزية: **collective pitch control**) أو المجمع **collective** على الجانب الأيسر من مقعد الطيار ويكون بوضع يمنع أي حركة غير مقصودة. وهو يغير من زاوية التأرجح لجميع الشفرات بشكل جماعي (بمعنى جميع الشفرات بنفس الوقت) وبصرف النظر عن موقع الريش. لهذا فعندما يرسل المجمع أي إشارة فإن الشفرات تتغير بشكل متساو، مما ينتج عن المروحية زيادة أو نقصان بالارتفاع.

دواسات مضادة لعزم الدوران :

توجد تلك الدواسات (بالإنجليزية: **Anti-torque pedals**) بنفس موضع دواسات الدفة للطائرات، وتعطي نفس الغرض، وهي تنظيم اتجاه مقدمة الطائرة خلال الطيران. فتطبيق الدواسة بالجهة المعطاة سوف يغير من التأرجح لشفرات دوار الذيل فتزداد أو تقل قوة الدفع الناشئة من دوار الذيل مما يسبب بمقدمة الطائرة بالإنعراج (**YAW**) يمينا أو شمالا حسب الدواسة المضغوطة. فالدواسة تغير من تأرجح دوار الذيل ميكانيكيا مما يغير من كمية الدفع الناشئ منها.

داعس الوقود:

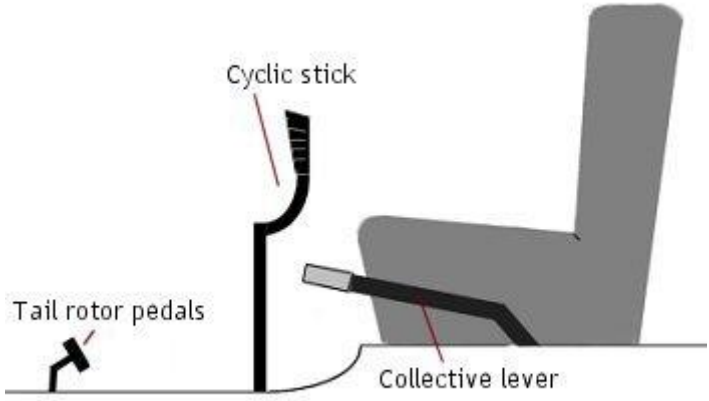
دوار المروحية مصمم بالعمل على عدد محدد من الدورات بالدقيقة (**RPM**). فداعس الوقود (**throttle**) يتحكم بالطاقة الناتجة من المحرك، ويكون متصل بالدوار عن طريق ناقل الحركة. فأهمية داعس الوقود هو المحافظة على قوة المحرك لإبقاء عدد الدورات بالدقيقة (**RPM**) للدوار ثابتة حسب الحدود الدنيا المطلوبة لإنتاج كمية كافية من الرفع خلال الطيران. يكون داعس الوقود بالمروحية ذات المحرك المفرد على ذراع المجمع ويحرك بلوي القبضة الدائرية، أما المروحية ثنائية المحرك فيكون لها ذراع خاص للتحكم بالوقود.

بالمروحيات ذات محركات المكبس فإن الطيار يحرك الداعس للمحافظة على عدد الدورات بالدقيقة. أما المروحية ذات المحرك التوربيني وبعض محركات المكبس فإنها تستخدم المنظم أو أنظمة تحكم كهروميكانيكية للمحافظة على معدل دوران الدوارات وتخفيف ضغط على الطيار للمتابعة الروتينية.

أدوات تحكم المروحية وتأثيرها

الاسم	تحكم مباشر	تاثير أساسي	تأثير ثانوي	الاستخدام بالطيران	الاستخدام بالتحويم
التدوير (الأفقي)	يغير من تأرجح شفرات الدوار الرئيسي يمين ويسار.	يسبب بانحراف قرص الدوار الرئيسي يمينا ويسارا من خلال القرص المتراوح	ينشأ انعطاف (Roll) بالاتجاه المنتقل إليه	الالتفاف بالطائرة	للتحرك بالاتجاهات الجانبية
التدوير)الطولي(	يغير من تأرجح شفرات الدوار الرئيسي للأمام والخلف.	يسبب بانحراف قرص الدوار الرئيسي للأمام والخلف من خلال القرص المتراوح	يسبب بمقدمة الطائرة بالانحدار تحت أو فوق	تحكم بوضع الطائرة	للحركة الأمامية والخلفية
المجمع	مجموع زاوية المواجهة لريش الدوار الرئيسي خلال القرص	زيادة أو نقص زاوية التأرجح لجميع ريش الدوار الرئيسي بشكل	زيادة أو خفض عزم الدوران. تنبيه: عند بعض	لتعديل الطاقة خلال تعديل انحراف ريشة الدوار.	لتعديل الهبوط أو السرعة العمودية.

	المتراوح	متساوي، لجعل الطائرة ترتفع أو تهبط.	المروحيات يكون داعس الوقود جزء من عصا المجمع، لتثبيت عدد الدورات بالدقيقة خلال الرحلة.		
دواسات مضادة لعزم الدوران	مجموع التأرجح المعطاة لريش الدوار الخلفي.	معدل الانعراج -يمينا ويسارا- .	زيادة أو نقصان عزم الدوران وعدد الدورات المحرك بالدقيقة (أقل من المجمع.(	تعديل زاوية الانزلاق الجانبي	التحكم بمعدل الانعراج والوجهة



الصورتان اعلاه :

تقع عصا القيادة الدورية **cyclic stick** أمام الطيار فهي تتحكم بوجهة طيران الطوافة برفع وتزيل ذراع التحكم الجماعي بالترجح **collective lever module** الموجود على جانب الايسر للطيار يحصل تعديل بمقدار الرفع الذي تولده المروحة الرئيسية وببرم ايضا قبضة اليد على ذراع التحكم الجماعي يسيطر الطيار على سرعة المحرك ويستطيع ايضا استعمال دواستي القدم **tail rotor pedals** لتغيير الدفع الصادر عن مروحة الذيل مسيرا الطافة نحو جهات مختلفة.

1-تقوم عصا القيادة الدورية **cyclic stick** بتسير الطوافة الى الوراء الى الامام او الى الجانب الايسر و الايمن .

2-اثناء التحويم تدير الطوافة دواستا التحكم اما الى الشمال او اليمين.

3- ذراع السيطرة الجماعية على التـــرجح **collective lever module** يرفع او يخفض من علو الطوافة

مميزات التصميم :

نظام الدوار rotor :

نظام الدوار، أو الدوار كتسمية بسيطة، هو الجزء الذي يدور حول نفسه بالمروحية لإنتاج قوة الرفع، ويركب هذا النظام أفقيًا لكي يعطـــي الرفـــع بشكل عمودي كالدوار الرئيسي، أو يثبت بشكل عمودي لإعطـــاء قـــوة الرفع بشكل أفقي (كأنه قوة دفع) كما بالدوار الخلفي ليعادل تـــأثير اللـــي المعاكس. وفي حالة طائرات ذات الدوار المائـــل (بالإنجليزيـــة: **Tiltrotor**) يكون الدوار موجودًا في غرفة على طرف جناح الطائرة لنقل الـــدوار مـــن الوضع الأفقي معطيًا رفعًا أفقيًا كدفع إلى الوضع العمودي معطيًا قوة رفـــع تمامًا كالمروحية.

يحتوي هذا النظام على عمود أو سارية، والمحور، والريش أو الشـــفرات. والسارية عبارة معدن اسطواني الشكل تتمد بالأعلى وتتحرك بواسطة ناقـــل الحركة. وفي أعلى السارية يوجد مركز الإلتقاء مع ريش الدوار وتسمى تلك النقطة بالمحور **hub**. يمكن تثبيت الريش بالمحور بطرق عديدة، تُصنّف عـــن طريقها كيفية تثبيت الريش وتحركها مقارنة مع المحور الرئيسي، ويوجد لهـــا

ثلاث تصنيفات أساسية: ثابتة وشبه ثابتة ومفصلية بالكامل، بالرغم من أن الأنظمة الحديثة للدوارات تستخدم مزيج هندسي لتلك الأنواع.

الثابت :

في نظام الدوار الثابت يكون كل من المحور والسارية والريش ثابتة مع بعضها البعض، لذلك فنظامها الميكانيكي يُعد في هذه الحالة أبسط من نظام الدوار المفصلي، فلا يوجد لديها مفاصل أفقية أو عمودية حتى تتمكن الريش من السحب أو التموج. كذلك فإن أحمال التشغيل الناتجة من الخفقان والقوى -التابع أو المتبوع- ستُمتص بإمالة الريش أكثر مما لو أن بها مفصل. تعادل الريش نفسها بالانحناء مع القوى التي تتطلب مفاصل قوية، وينجم عن ذلك جعل ردة فعل التحكم بنظام الدوار أقل بطأً لأن الدوار نفسه أقل يكون تمايلاً. يلغي النظام الثابت خطورة اهتزاز السارية المتأصلة بالدوارات شبه الثابتة، ويُسمى هذا الدوار أيضا باسم "دوار لامفصلي".

شبه ثابتة :

نظام دوار شبه ثابت.

يعطي نظام شبه الدوار حركتين مختلفتين: التمايل والتجديف، ويحتوي على ريشتين ملتصقتين بثبات على المحور الدوار والذي يكون ملتصقًا بدوره بالسارية بواسطة حامل المبرم مرتكز الدوران أو مفصل متأرجح ويكون حر الميلان على عمود الدوران الرئيسي. تجعل تلك الطريقة الريش قادرة على أن تتأرجح معًا، فإذا تأرجحت إحداهما للأعلى فإن الأخرى تخفق للأسفل. أما التجديف فإنه يكتمل مع فصالات التجديف، والتي تغير من زاوية التأرجح للشفرة، بما أنه لا يوجد مفصل للسحب العمودي، لذلك فالقوى (تابع ومتبوع) ستُمتص بإمالة الريشة.

تكون المروحية ذات الدوار شبه الثابت عرضة لحالة تعرف بإهتزاز السارية والتي تسبب بتوقف تأرجح الدوار فيقطع السارية. تحصل حالة اهتزاز السارية خلال حالة "**low-G**" وهي حالة انعدام الوزن للطائرة كالسقوط أو عملية مناورة أفقية سريعة، لذلك تنص كتيبات التشغيل دومًا على عدّة تعليمات لتجنب جميع حالات انعدام الوزن.

مفصلية بالكامل:

في النظام المفصلي الكامل، تتصل جميع الريش بمحور الدوار من خلال مجموعة من المفاصل، مما يسمح لكل شفرة أن تتحرك بحرية بمعزل عن الشفرات الأخرى. ويتكون هذا النظام من ثلاث شفرات فما فوق، قادرة

على التمايل والتجديف وتشكّل تابعًا ومتبوعًا بشكل منفصل عن الأخرى. يسمى المفصل الأفقي بمفصل التموج ويسمح للشفرة بالحركة العمودية (فوق وتحت) وتلك الحركة التموجية تعمل لمعادلة ما يُسمى "بالرفع غير المتجانس" ويثبت مفصل التموج بمسافات مختلفة من محور الدوار، وقد يكون هناك أكثر من مفصل. أما المفصل العمودي، ويُسمى تابع-متبوع أو مفصل السحب، فهو يسمح بالحركة الأفقية (أمام وخلف أو السحب)، ويوجد به منظم كي يمنع زيادة الحركة الخلفية أو الأمامية حول مفصل السحب. وميزة هذا المنظم ومفصل السحب هي معادلته بين تزايد السرعة وتناقصها التي تحصل بسبب تأثير كوريوليس. بإمكان كل ريشة التجديف وذلك بدورانها حول محورها الطولي، فالتجديف يعني تغيير بزاوية التأرجح للريشة، حيث أن التغيير بزاوية التأرجح للريش من شأنه أن يسيطر على الدفع واتجاه قرص الدوار الرئيسي.

الموحد:

بعض أنظمة الدوار الحديثة تستخدم كلا أساسيات أنظمة الدوار سالفة الذكر. بعض محاور الدوار تُشكل كمحور متحرك، مما يسمح بميلان الشفرة (تجعلها مرنة) دون حاجة إلى قواعد ارتكاز (سنادات) أو فصالات. وتسمى تلك الأنظمة بالمتمازج (بالإنجليزية: **flexture**؛ أي **Flex-mixture**)،[

وتكون مصنعة من خليط خامات. تُصنع قواعد الارتكاز المرنة من المطـــاط، وهي محدودية الحركة وتلائم تطبيقات المروحية، وقد تستعمل كبديل عـــن قواعد الارتكاز التقليدية. تعاني قطع المروحية من مجهود أقل وتســـتطيع أن تؤدي عملها لفترة أطول بسبب عدم احتياج قواعـــد الارتكـــاز المرنـــة أو المتمازجة إلى تشـــحيم، وســـهولة صـــيانتها، بالإضـــافة إلى امتصاصـــها للإهتزازات.

الشفرات أو الأنصال أو الريش blade :

ريش المروحية تكون طويلة وذات مقطع جناح حامل ضيق أي ذات نسبة باعية عالية، يجب على شكل الجناح أن يقلل من السحب مـــن دوامـــات الطرفية التي تنشأ من طرف الجناح. وهي تحتوي على درجة من الانبعـــاج لتقليل الرفع الناتج من طرف الجناح، حيث يكون تيار الهواء الأسرع بتلك النقطة مما تتسبب بدوامات طرف الجناح والتي هي مشكلة بحد ذاتها. تلـــك الريش مصنوعة من معادن مختلفة من التيتانيوم، و سبائك الألمنيوم ، والألياف الزجاجية، و الجرافايت، القلب يكون على شكل قرص العسل ،و النيكل، و الفولاذ. كلّ نصل ملئ بالنتروجين، و مضغوط، مع عارضة رئيسية داعمـــة داخلية مجوفة على طول النصل .

الكفة **cuff** تربط ما بين النصل و محور الدوّار . **hub** شريط من التيتانيوم يغطى كامل الحافة الامامية من من نهاية الكفة إلى غطاء طرف النصل القابل للفصل.

مروحية تستخدم نظام **عديم دوار الذيل**.

طائرة **شينوك** تابعة للجيش الإسباني تستخدم نظام **دوارات مترادفة**.

تستخدم معظم المروحيات دوارًا مفردًا، لكن عزم الدوران يجعل المحـــرك كأنما يحرك الدوار باتجاه معاكس لسحب الهواء مما يتسبب بدوران جســـم المروحية في اتجاه معاكس لاتجاه الدوار نفسه. ولمنع ذلك يجـــب أن يوضـــع

تحكم لمانع عزم الدوران، وهو كما وضعه إيجور سيكورسكي لطائرته VS-300 كدوار عمودي صغير على الذيل، فدوار الذيل إما أن يسحب أو يدفع الذيل باتجاه معاكس لتأثير عزم الدوران، فأقر بذلك العرف على المروحيات. وإن كان هناك بعض المروحيات تستخدم أنظمة بديلة لمعاكسة عزم الدوران بدلاً عن دوار الذيل، مثال على ذلك:

- نظام فنسترون أو المروحية قناتية الذيل (بالإنجليزية: **FANTAIL**).
- نظام عديمة دوار الذيلK ويعطي معاكس لعزم الدوران مشابه لطريقة إنتاج الرفع عن طريق الجناح خلال ظاهرة كوانـدا (بالإنجليزية: **Coandă effect**) على أنبوب الذيل.

هناك نظام يستخدم أكثر من دوار أفقي بحيث تكون الدوارات متعاكسة الدوران، حيث يلغي كل دوار عزم دوران الآخر. فريش تلك الدوارات لن تصطدم ببعضها البعض في حالة دخولها طريق الأخرى، مما يلغي الحاجة إلى دوار خلفي. لذلك فالطاقة المستخدمة لإدارة الدوار الخلفي سوف يستخدمها الدوار الرئيسي، مما يزيد من قدرة الرفع للطائرة. وهناك ثلاث أنواع من هذا النظام:

- نظام الدوارات المترادفة (بالإنجليزية: **Tandem rotors**) ويستخدم دواران أحدهما خلف الآخر.

- نظام الدوارات المحورية (بالإنجليزية: **Coaxial rotors**) ويستخدم دواران أحدهما فوق الآخر وبعمود واحد.
- نظام الدوارات المتشابكة (بالإنجليزية: **Intermeshing rotors**) ويستخدم دواران يدوران بإتجاهين متعاكسين لبعضهما، بحيث أن كليهما متقاربان بزاوية مناسبة بينهما للسماح بتشابكهما فوق الطائرة دون أن يتماسا.

عدد الدوّارات :

قد يكون للمروحية دوّار أو أكثر. فهناك عدة أشكال كالتالي:

دوّار واحد : يتطلّب هذا الدوار المدار ميكانيكيا بمحرك تعويض عن ردّ فعل عزم اللّي الذي يسبّب الانحراف، إلا في حالة دفع المحركات الصغيرة المركبة على أطراف الريش **tip jet**.

دوّاران: تدور في اتجاهات متعاكسة لتلغي ردّ فعل عزم اللّي و بذلك لا يوجد حاجة إلى دوّار الذيل أو أي موازن آخر . هذه الدوّارات من الممكن أن تكون دوارات مترادفة (بالإنجليزية: **Tandem rotor**) وأحيانا تسمى دوار مزدوج، وهو نوع من المروحيات يكون لديها دواران أفقيان، بدلا من نظام دوار رئيسي ودوار خلفي أصغر.

المستعرض Transverse – جنبا إلى جنب.

المحوري Coaxial – قرص دوّار واحد فوق الآخر، مع محاور تدوير متحدة المركز.

الدوارات المتشابكة (Intermeshing rotors) بالمروحية هو نظام يحتوي على دواران يدوران باتجاهين متعاكسين لبعضهما، بحيث أن كليهما متقاربان بزاوية مناسبة بينهما للسماح بتشابكهما فوق الطائرة دون أن يصطدما ببعضهما، أيضا مسمّى **synchropter**.

ثلاثة دوّارات : شكل غير شائع . كلّ الثلاثة دوّارات يدورون فى نفس الاتجاه و يتم تعويض الإنحراف والإتّجاه عن طريق إمالة كلّ محور من محاور الدوّارات لتوليد دفع ضد عزم اللّي.

أربعة دوّارات : أيضا **quadcopters/ quadrotors**، لها دوّاران يدوران بإتجاه عقرب الساعة وإثنان بعكس عقرب الساعة.

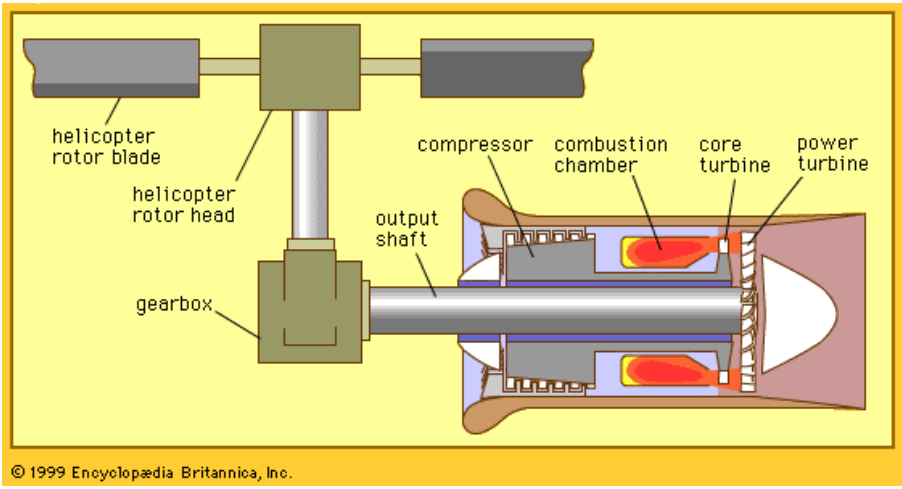
أكثر من أربعة دوّار غير شائع: هذه التصاميم (يشار إليها بـ **multirotors**، أو أحيانا **hexacopter** [4 و 5 **octocopters**])، لديها مجموعات من الدوّارات التي تدور فى إتّجاهات معاكسة.

توليد الطاقة في المروحية :

زودت اوائل الطوافات التي صنعت في الثلاثينات والاربعينات بمحركات شبيهة بمحركات السيارات التي تعمل على طاقة البترين ، قد حصل تطور في الخمسينات حيث تم تركيب عمود توربيني عليها وبهذه العملية اصبحت المحركات العاملة على الكيروسين تنتج قوة اكبر من نظيراتها العاملة على البترين باقل كلفة وابطاء احتراق ، في سنة 1955 كانت الطوافة الفرنسية **ALOUETTE** من اوائل الطوافات التي استعملت هذا النوع من المحركات ولا تزال كل طوافات العالم تستعمل هذا العمود التوربيني كمحرك اساسي حتى اليوم وجميع الطوافات ما عدا الطوافات الصغيرة منها هي مزودين بمحركين توربنين عوض عن محرك واحد وهذا يعود لسببين هما :

اولا : ينتج المحركان التوربينيان قوة دفع اكبر من المحرك الواحد.

ثانيا :المحركان اكثر امانا من محرك واحد بحالة حصول اي خلل فاذا تعطل محرك وفقد طاقته يبقى المحرك الثاني شاغلا كي يمكن الطيار من الهبوط مع السيطرة الكاملة على الطوافة .



الصورة اعلاه توضح طريقة عمل المحرك التوربيني

يدخل الهواء في مقدم المحرك التوربيني عبر مروحة شافطة وهي عبارة عن فراش متعدد الارياش يتابع الهواء سيره عبر مروحة ضاغطة تدفعه الى حجرة الاحتراق ، هنا يبخ الوقود في الهواء فيشتعل بفعل شرارة كهربائية فهذا المزيج من الوقود والهواء يحترق ويبداء بالتمدد عبر المحرك وصولا حتى انبوب العادم لكن في طريقه اليه يمر عبر التوربين ويجعله يدور ان هذه العملية تقدم الطاقة لبرم عمود المروحة .

أنواع المحركات:

يتحدد نوع وحجم المحرك حسب حجم وخاصية المروحية. وتشتمل أنواع المحركات على ما يلي:

- **المحركات الكهربائية:** وتستخدم للمروحيات بدون طيار التي تعمل بمحركات كهربائية ذات بطاريات.
- محرك نترومیثان: نوع من المحركات ذات احتراق داخلي يستخدم نترومیثان – ميثانول ويستخدم للمروحيات التي تعمل بأجهزة التحكم عن بعد.
- **محرك بترين:** محرك احتراق داخلي ويستخدم أيضًا بالمروحيات التي تعمل بأجهزة التحكم عن بعد.
- **محرك عمود دوران توربيني:** أحد أنواع التوربين الغازي التي تنتج قدرة للعمود الدوار عوضًا عن الدفع النفاث. وهو المحرك الأشهر الذي يستخدم للمروحيات التي تقاد بطيار.
- **الطرف النفاث:** وهو نظام قديم لم يكتب له النجاح، واستخدم بالمروحيات فقط، بحيث يوضع خرطوش نفاث على طرف ريشة الدوار، مما ينتج عنه دفع نفاث.

القيود

يعتبر بطء المروحية من أكبر القيود التي تحد من أدائها. وهناك أسبابٌ كثيرة تحد من سرعة المروحية ولا تجعل سرعتها كسرعة طائرة ثابتة

الأجنحة. فعندما تكون المروحة بحالة التحويم، فإن الأطراف الخارجية لريش الدوار تسير بسرعة يحددها طول الريشة وعدد الدورات بالدقيقة، وعندما تكون بحالة الحركة تتناسب سرعة الريشة مع الهواء الذي يعتمد على سرعة المروحية إضافة إلى سرعة الدوران للريشة. لذلك فالسرعة الجوية لريشة الدوار المتقدمة تكون أعلى بكثير من سرعة المروحية نفسها. وقد تتخطى سرعة الريشة سرعة الصوت، وهذا يسبب ظهور كمية كبيرة من السحب والإهتزازات.

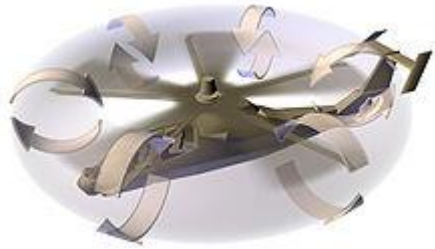
ولأن السرعة الجوية للريشة المتقدمة تكون أعلى من سرعة الريشة الراجعة مما ينتج عدم تجانس بالرفع، فريش الدوار مصممة لعمل تصافق، بمعنى تلتوي وترتفع للأعلى عند حالة الريشة المتقدمة فتنتج زاوية مواجهة بسيطة. وبالعكس مع الريشة الراجعة، فإن الصفاق ينخفض مسببًا زاوية مواجهة أكبر مما يعطى قوة رفع أكبر. فقدرة الدوار عند السرعات العالية تسبب بزيادة مفرطة بالتصافق وتكون زاوية الريشة الراجعة عالية مما قد يسبب انهيارها. لهذا السبب فإن أقصى سرعة جوية آمنة للمروحية يكون مصمم بقيمة تسمى Velocity, Never Exceed VNE أو عدم تخطي تلك السرعة.[40] علاوة على ذلك فقد يسبب الطيران بأقصى سرعة أن

تصبح سرعة المروحية أسرع من سرعة الريشة الراجعة مما يولّد ما يُعـــرف بانهيار الريشة فتفقد زاوية المواجهة قدرتها.

خلال السنوات الأخيرة من القرن العشرين بدأ المصممون العمل على ما يُسمى بخفض ضجيج المروحية، فالتجمعات الحضرية تبدي دائمًا استيائها من ضجيج تلك الطائرات بما فيها التابعة للشرطة أو المدنية. مما جعل المصممين يعملون على حل هذه المشكلة خصوصًا بعد اغلاق بعض المنافذ للمروحيات داخل المدن وتقييد الحكومة لمسارها في المنتزهات الوطنية ومايشابهها.

تعاني المروحيات بشكل عام من الاهتزاز، خاصة إن لم تكن معيِّرة لتوائم الاهتزازات مما يجعل اهتزازها قوي. ولتقليل ذلك يوضع للـــدوار عيـــارات معدلة للارتفاع والتأرجح، ومعظم المروحيات لديها جهاز منظم الاهتـــزاز (بالإنجليزية: **Vibration dampers**) خاص للارتفاع والتأرجح. وبعـــض المروحيات لديها مايسمى بأنظمة التغذية الميكانيكية الراجعة (بالإنجليزيـــة: **Mechanical feedback systems**) لاستشـــعار ومعاكســـة الاهتـــزاز. وتستخدم أنظمة التغذية الراجعة كتل تشكّل مصدر تثبيت وتكون متصـــلة بالصفاق لتعادل زاوية مواجهة الدوار لمقاومة الاهتزاز.

المخاطر:



حالة الدوامة الحلقية: تمثل الأسهم المقوسة تدفق الهواء ودورانه حول دوار المروحية، وبالتحديد مروحية **RAH**-66 كومانشي.

حالة الغبار البني.

كما هو الحال بالنسبة لكل مركبة متحركة، فعملية التشغيل غير الآمنة قد تسبب فقدان السيطرة أو أضرار هيكلية أو حتى فقد الأرواح. تشمل الأخطار المحتملة للمروحيات:

- **الهبوط مع تشغيل المراوح:** وتسمى بحالة الدوامة الحلقية، وهـذا عندما تكون المروحية غير قادرة على وقف هبوطها وذلك بتداخل انجراف الدوار للأسفل مع الديناميكية الهوائية للدوار.
- **انهيار الريشة الراجعة:** تظهر تلك الحالة بالسرعات العالية وهو من أشهر العوامل المقيدة للسرعة الأمامية للمروحية.
- **الرنين الأرضي:** يؤثر بشكل واضح على دوار المروحية عند الهبوط أو عندما تكون على الأرض، وذلك عندما يكون تردد المتقـدم والمتاخر الطبيعي أقل من تردد دوران الريشة. فيحدث صـدمات تؤثر على القرص الدوار فيختل توازن نظام الدوار.
- عندما يكون عدد الدورات بالدقيقة (**RPM**) أقل من المطلـوب فيعجز المحرك عن المحافظة على الطيران.
- الخوف من اصطدام بالأسلاك المعلقة أو الأشجار عند الطـيران بارتفاع منخفض أو الإقلاع والهبوط بالأماكن البعيدة.
- فشل تأثير الدوار الخلفي، ويكون بسبب خطـأ ميكـانيكي أو ضعف بالدفع لدى هذا الدوار.

- انخفاض بقوة التسارع لدى دوار المروحية ذو الريشتين، خصوصًا المروحيات خفيفة الوزن.
- الخروج الديناميكي للمروحية حيث تدور حول إحدى المحاور المترلقة ثم تسحب إلى جانبها.
- حالة الغبار البني وحالة البياض عند تساقط الثلج، والمقصود بها عاصفة رملية أو ثلجية مصغرة يسببها إقلاع المروحية.

تصنيف الحوامات و مخططاتها :

يمكن تصنيف الحوامات من عدة جوانب (حسب شكل و آلية المروحة **rotor** ، أو حسب ترتيب المرواح ، أو حسب كيفية تعويض العزم الناتج عن المروحة)، إن العزم الناتج عن المروحة يقوم بتدوير هيكل الحوامة فى الإتجاه المعاكس لإتجاه دوران المحاور ، و حسب كيفية تعويض العزم هناك ستة مخططات للحوامة كما يلى :

1- أحادى المروحة مع مروحة ذيل مساعدة single rotor with tail rotor

تم إقتراحها فى عام 1910 و تملك الآن انتشارا واسعا حيث يتم تعويض العزم الناتج عن المروحة بعزم جر (شد) ناشئ عن مروحة أقل فى القطر و توضع فى الذيل ،و يتم تدويرها بنفس المحرك الذى يدير المروحة **rotor**

وذلك من خلال آلية نقل الحركة ، أن قوة شد مروحة الذيل و العزم الناتج عنها يتغير بحيث يستعمل فى فى القيادة الخطية للحوامة، كما توجد حوامات يتم فيها تعويض العزم من خلال استخدام قوة دفع الغازات النفاثة من المحرك أو الهواء من الضاغط بدل المروحة الذيلية لكنها لم تلق إنتشارا واسعا.

2- ثنائى المروحة الطولانى Tandem rotor helicopter

يتم التخطيط الطولانى بإستخدام مروحتين موضوعتين على نهايتى البدن، وعند الطيران تدور المروحتين بتردد واحد وفى اتجاهين متعاكسين و ينتج عن ذلك توازن العزوم، و من أجل التخلص من التأثير السئ للمروحة الأمامية على مستوى دوران المروحة الخلفية (و ذلك خلال الطيران الأفقى) يتم وضع مستوى دوران المروحة الخلفية أعلى من مستوى دوران المروحة الامامية و عادة يكون البعد بين محاور المروحتين أقل من أنصاف أُقطارهما .

3- ثنائى المروحة العرضانى side by side rotor helicopter

توضع مروحتين على جانبى البدن ، تدوران فى اتجاهين متعاكسين و بتردد واحد و بذلك يتوازن العزم ، ولتثبيت مروحة فى مثل هذه الحوامات يجب استخدام الجناح الذى يقلل الحمل على المروحة و ذلك أثناء طيران الحوامة للأمام.

4- ذات محركات نفاثة أو فوهة مركبة على ريش المروحة :

تملك المروحيات من هذا النوع محركات نفاثة صغيرة أو فوهات على ريش أو شفرات المروحة ، و لا تتولد فيها عزوم ناتجة عن دوران المروحة.

5- ثنائى المروحة متحدة المحور (ذات التخطيط المحورى) dual rotor coaxial

تملك مروحتين متعاكستين فى الدوران و مركبتين على محـــور واحـــد و لديهما تردد واحد و تكون موضوعتين فوق بعضهما البعض ، و كلتاهمـــا يعطى قوة رفع ، و تتم القيادة الخطية بالتغيير التفاضلى لزاويا ريش المروحتين ، و من أجل تحسين القيادة الخطية تزود الحوامة بدفة الدوران (الالتفـــاف) والتى تعمل بشكل مماثل لدفات القيادة فى الطائرات.

6- متعدد المرواح :

لها عدة مراوح ثنائية بشكل طولانى و عرضى معا .

متعدد المراوح

2- الطائرة الانزلاقية :

الطائرة الشراعية أو الانزلاقية **glider** هى مركبة جوية أُثقل من الهواء بدون محرك تتولد فيها القوة الرافعة بواسطة الجناح الثابت و تنشاء حركتها للأمام بتأثير مركبة الوزن .أو هى طائرة بدون محرك مصمّمة للإنزلاق بعد أن تسحب عاليا أو تطلق من جهاز قذف .أى لابد من طائرة أخرى لسحب هذه الطائرة حتى تتمكن من الطيران . و تستخدم لأغراض سياحية كما تستخدم ايضا فى حالة الطيران فى مجال جوى ساكن حيث يحدث

الهبوط بشكل مستمر و بزاوية ميل على الافق و فى حالة وجـــود تيـــارات هوائية صاعدة يمكن الطيران مع زيادة الارتفاع .

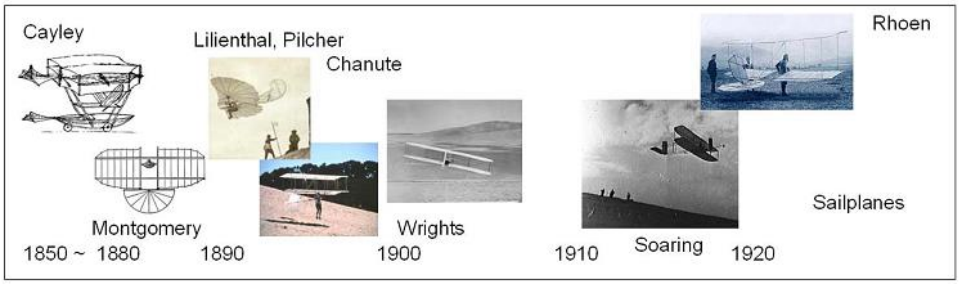
نبذة تاريخية:

أول طائرة شراعية بدائية بناها المهندس الألماني أوتو ليلينتال، وقد كانت أول طائرة أمكن التحكم فيها أثناء الطيران، وكان ليلينتال يوجـــه مركبتـــه بالتمايـــــل بجســـــمه مـــــن جانـــــب إلى آخـــــر . البدايات. بنى المخترع الإنجليزي السير جورج كايلي عام 1809 أول طائرة شراعية ناجحة بالحجم الطبيعي، وفي عام 1853 صنع طائرة شراعية بدائية جدًا. وقد حملت هذه الطائرة مدرب كايلي عبر واد صغير. واعتبر المؤرخون هذا أول طيران شراعي يقوم به إنسان بالرغم من أنه لم يتوافر لدى هـــذا المدرب أي تحكم في الطائرة. ثم صار المهندس الألماني أوتـــو ليلينتـــال أول شخص قاد طائرة شراعية حيث قام في الفترة من 1891 إلى 1896 بإتمام حوالي 2,500 طيران شـــراعي، وفي عـــام 1897 اســـتخدم المهنـــدس الأسكتلندي بيرس أس. بيلشر أول تطبيق لتقنيات الجر في معاونة الطائرات الشراعية على الإقلاع. وقد مات كلٌ من ليلينثال وبيلشر في حوادث ارتطام طائراتهم الشراعية.

وقد قام ويلبر و أورفيل رايت بعمل عدة تجارب على الطائرات الشراعية بالقرب من كيتي هوك في كارولينا الشمالية بالولايات المتحدة الأمريكية، في الفترة من 1900 - 1902م، قبل القيام بأول طيران ناجح في عام 1903م. .

الأخوان رايت قاما بإجراء عدة تجارب على الطائرات الشراعية، قبل قيامهما بأول طيران بطائرة ذات محرك في عام 1903، وقد استخدما تلك التجارب لحل الكثير من مشاكل التحكم في الطيران. .

وفي عام 1911م قام أورفيل رايت بأول تحليق موثق في تاريخ الطيران الشراعي، وقد استخدم الرياح المائلة في طيرانه الذي استمر حوالى 10 دقائق، وقد قل الاهتمام بالطيران الشراعي بعد الأخوين رايت نتيجة تطور الطائرت التي تستخدم المحركات.



بعد نهاية الحرب العالمية الأولى. انتشر الطيران الشراعي في ألمانيا بعد نهاية الحرب العالمية الأولى عام 1918م، حيث منعت معاهدة فرساي أي تطوير

في الطائرات التي تستخدم محركات. ولهذا اتجه المهندسون الألمان إلى تطوير علم الديناميكا الهوائية للطيران الشراعي، وقد قاموا في بداية العشرينيات بتطوير الطائرات الشراعية بتصميمات حديثة، وتم اختراع مقياس التغيرات في ألمانيا عام 1928م، وفي السنة التالية أُسست أول مدرسة للطيران الشراعي في ساوث ويلفليت بولاية ماساشوسيتس الأمريكية.

ومنذ الثلاثينيات إستخدمت الطائرات الشراعية في الأبحاث العلمية المتعلقة بعلم الطيران وعلم الإرصاد الجوية وزودت بأجهزة الرصد والتسجيل ، وتم بواسطتها إختبار الظواهر الجوية المختلفة مثل العواصف الرعدية والسحب الكثيفة الممطرة وذلك لمعرفة تأثيرها على الطائرات بوجه عام ولجمع المعلومات العلمية عنها.

واستخدمت الطائرات الشراعية في بناء الكباري والجسور وذلك بمساعدتها في نقل مواد البناء لتلك المنشآت عبر الأودية السحيقة ، كما جرى إستخدام الطائرات الشراعية في العمليات الحربية أثناء الحرب العالمية الثانية وذلك بإستخدامها في نقل الإمدادات المختلفة وكذلك الجنود وذلك بقطرها بواسطة طائرات ذات محرك ، وأبرز تلك الشراعيات الألمانية (قوتا) حمولة 2400 كج والبريطانية (هاميلكار) حمولة 8000 كج واليوم تطورت صناعة الطائرات الشراعية تطوراً كبيراً وزودت بعدادات دقيقة جداً

لقياس السرعة والإرتفاع إلى جانب عدادات السرعة العمودية والتي تعد من الأهمية بمكان لطياري الطائرات الشراعية هذا إلى جانب أجهزة الإتصال وبعض التجهيزات الملاحية ، وتصنع الطائرات الشراعية اليوم من مواد خفيفة مثل الألياف الزجاجية تتميز بمقاومتها الكبيرة للضغوط المختلفة إضافة إلى خفة وزنها وتزود بعض الطائرات الشراعية بمحركات صاروخية صغيرة لإستخدامها عند الضرورة كما أن العديد منها جهز بخلايا شمسية على سطح الجناح العلوي وذلك لتوفير الطاقة اللازمة للتجهيزات الموجودة فيها مثل جهاز الإتصال اللاسلكي وتستخدم الشراعيات في الغالب من قبل هواة الطيران الشراعي والذين استطاعوا بواسطتها تحقيق أرقام قياسية في البقاء محلقين في الجو وقد أستطاع البعض تحقيق إرتفاعات تصل إلى أكثر من 4000 قدم وأن يقطعوا مسافات تزيد عن 750 كم.

وإن كانت الطائرات الشراعية تعتمد على خواصها الأيروديناميكية في البقاء محلقة في الهواء ، فقد حاول البعض تطوير طائرات شراعية خفيفة الوزن تعتمد على قوة الإنسان العضلية وتصمم هذه الطائرات بآلية نقل الحركة التي يولدها الإنسان بأرجله أو بيده إلى مروحة في مقدمة الطائرة واستطاعت بعض النماذج الطيران بسرعة 44 كم / ساعة ، وفي سنة 1983 تم إختبار نموذج طائرة يعمل بخلايا شمسية والتي توفر طاقة كهربائية

تبلغ 3 كيلوات وهو ما يعادل 3 أحصنة ميكانيكية وبقيت تلك الطائرة 43 .5 ساعة محلقة في الجو.

أثناء الحرب العالمية الثانية .استُخدمت الطائرات الشراعية الكبيرة التي تجرها طائرات في نقل الجنود والمدفعية .وقد كان الألمان أول من استخدم الطيران الشراعي في الحرب وذلك أثناء غزو بلجيكا عام1940 م. وفي الوقت الحالي يشارك معظم طياري الطائرات الشراعية في المسابقات للحصول على كؤوس أو أنواط خاصة عند تحقيق الطيران لمسافات أو أزمنة أو ارتفاعات قياسية، وتقام مسابقة عالمية للطيران الشراعي كل عامين.

الطيران الشراعي اليوم .هو رياضة للمسابقات، والحدث المهم في هذه السباقات هو السباق ضد الزمن. ويطير المتسابقون في مسار مغلق وذي ثلاثة أضلاع يصل مجموع أطواله إلى حوالي 1,000كيلو متر وعلى الطيارين أن يعبروا خط النهاية بسرعة تتجاوز 240كيلومترًا في الساعة، وتُصَنّف ألمانيا في المرتبة الأولى بوصفها منتجًا رئيسيًا لطائرات السباق الشراعية عالية الأداء.

أنواع الطائرات الشراعية

يمكن تصنيف الطائرات الشراعية إلى الاصناف التالية

- المصنوعة من الخشب والاقمشة (قديمة).

- المصنوعة من الخشب واعمدة الحديد.
- المصنوعة كاملة من المعدن (نادرة).
- المصنوعة من الياف البلور والريزين (حديثة).
- الطائرات الشراعية بمحرك صغير يفصل بعد الاقلاع.
- الطائرات الشراعية بمحرك مركب وتستعمل لأغـــراض تدريبيـــة وعلمية.

من ناحية أخرى هناك نوعان أساسيان من الطائرات الشراعية طـــائرات شراعية ذات أجنحة مرنه **flex wings** وطائرات شراعية ذات أجنحة صلبة **rigid wings** ، وفى ثمانينات و تسعينات القرن العشرين تم تدشين الطائرة المظلية **paraglider** وزادت شعبيتها بصورة كبيرة .

الجناح المرن مصنوع من النايلون أو النسيج الصناعي. ويحمل المثلث على أسطوانات من الألومنيوم وكابلات ومصمم بحيث يسمح للهواء بالمرور فوق سطحه ليجعل الجناح يعلو .وتحتوي الزلاقات الحديثة المتطورة على أجنحـــة صلبة من الألومنيوم مدفونة داخل المثلث بحيث تعطيه شكله ولا يحتـــاج إلى كابلات لتدعيمه.

وللانطلاق، لابد للطيار أن يجري متوجها نحو الأسفل من على منحـــدر ليحصل على دفع الهواء للأجنحة (تقريبا يصل إلى سرعة مـــن 240 كـــم ساعة) وحركة الهواء تدفع الأجنحة لأعلى بقوة تقاوم جاذبية الأرض وتجعل الطائرة الشراعية تطير وتحلق في الفضاء، ومتى ما ارتفعت وطارت في الهـــواء يعمل وزن الطائرة والطيار على جذبها لأسفل مما يدفع الطـــائرة الشـــراعية للأمام. وبالإضافة إلى الدفع الأفقي للهواء فإن تيارات الهواء الصاعدة مثـــل أعمدة الهواء الساخن الصاعدة والهواء المنعكس لأعلى عند قمـــم الجبـــال والمرتفعات لاصطدامه بها تدفع الطائرة الشراعية لأعلى . انظر طيران شراعى معلق .

اما الجناح الصلب فيوفر أداء انزلاقى عالى بالمقارنة مع الجناح المرن بالرغم من ارتفاع التكلفة و الوزن و القابلية للكسر بالمقارنة مـــع الجنـــاح المـــرن

.بالمقارنة ايضا مع الجناح المرن فأن الجناح الصلي يتمتع بنسبة باعية و و امتداد أعلى و ارتداد أقل للجناح **sweep wing planform** ويوجد فى بعض التصميمات زعانف طرفية **winglet** .

أجزاء الطائرة الشراعية

تتكون معظم الطائرات الشراعية من ثلاثة أجزاء رئيسية 1- الأجنحة 2- الجسم 3- مجموعة الذيل وكل هذه الأجزاء لها شكل انسيابي يمكّن الطائرات الشراعية من أن تمر كالسكين في الهواء بحيث تلاقي أقل مقاومة منه.

ويحقق تقليل مقاومة الهواء للطائرة الشراعية الوصول إلى نسبة انحدار عالية، ونسبة الانحدار هي علاقة بين حركة الطائرة الشراعية إلى الأمام وحركتها إلى أسفل، فعلى سبيل المثال إذا كانت نسبة الانحدار لطائرة شراعية ترويحية في حدود 25، فمعنى ذلك أن هذه الطائرة يمكنها أن تطير 25كم إلى الأمام لكل كيلو متر تفقده من ارتفاعها، ويمكن أن تحقق بعض الطائرات الشراعية عالية الأداء نسبة انحدار تصل إلى 30 أو أكثر، وفي حالة الطائرات المصنوعة للسِّباقات يمكن أن تصل نسبة الانحدار إلى أكثر من 40.

الأجنحة: أجنحة الطائرات الشراعية ضيقة في عرضها بالنسبة لطولها إذا ما قورنت بأجنحة الطائرات المروحية. وهذا الضيق يؤدي إلى خفض مقاومة الهواء عند أطراف الجناح.

وأثناء طيران الطائرة الشراعية أو الطائرات عمومًا، فإن حركة الهواء تتجه عكس اتجاه الطيران على امتداد جناح الطائرة، وكذلك يتجه الهواء الموجود على السطح السفلي للجناح إلى السريان للخارج، بينما يتجه الهواء الموجود على السطح العلوي إلى السريان للداخل، ويؤدي هذا السريان المعاكس إلى حدوث تيارات دورانية في الهواء تسمى دوامات، تتكون خلف نهاية الجناح وتعوق حركة الطائرة إلى الأمام.

ويقلل استخدام أجنحة طويلة ومحدودة العرض من قوة تأثير هذه الدوامات. كما يؤدي إلى خفض مقاومة الهواء بدرجة عالية، ففي حالة طائرات السِّباق الشراعية يصل طول الجناح إلى 21م ويصل عرضه إلى 70سم فقط. بينما نجد في الطائرات الترويحية أن طول الجناح يكون في حدود 12م وعرضه في حدود 1,2م، وتحقق أجنحة الطائرة قوة رفع، وهي قوة دفع إلى أعلى تمكن الطائرة من القدرة على الطيران، وتعطي أجنحة الطائرة الشراعية قوة رفع للطائرة بنفس المبادئ التي تعطي بها أجنحة الطائرات عمومًا هذه القوة. .

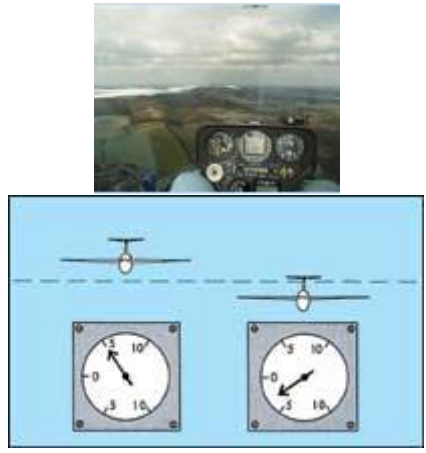
ولكل جناح أطقم للتحكم في الطيران وتسمى جُنَيْحات، وهناك بعض الطائرات الشراعية التي لأجنحتها أطقم إضافية للتحكم وتسمى قلابات،

وتمثل القلابات والجنيحات أجزاء مركبة على امتداد النهاية الخلفية للأجنحة، كما توضع الجنيحات بالقرب من طرف الجناح، ويقوم الطيار بدفع الجنيح للحركة إلى أعلى أو إلى أسفل كي تجنح الطائرة إلى اليمين أو إلى اليسار بهدف الدوران. وعندما يرتفع الجنيح في أحد الأجنحة، ينخفض الجنيح الآخر في الجناح المقابل أتوماتيا، وتوضع القلابات بالقرب من جسم الطائرة الشراعية، ويمكن للطيار خفض تلك القلابات بدرجة طفيفة كي يزيد من قوة الرفع في السرعات المنخفضة عند الطيران في تيارات سحب إلى أعلى، ويحقق رفع القلابات بدرجة خفيفة أيضًا القدرة على الطيران بزاوية منخفضة في السرعات المرتفعة.

قُمْرَة الطائرة الشراعية تحتوي على العديد من الأجهزة التي يستخدمها الطيار في الطيران. والأجهزة الرئيسية فيها هي : مبين سرعة الهواء ومقياس ارتفاع يبين ارتفاع الطائرة، وبوصلة، ومقياس للمتغيرات .

الجسم: يمتد من المقدمة ويضيق تدريجيًا في انسيابية حتى مؤخرة الطائرة، بحيث يضطر الطيار إلى الرقود على ظهره أثناء الطيران في بعض الطائرات الشراعية. أما بالنسبة للطائرات الشراعية المستخدمة في التدريب على الطيران فتبرز القُمْرة بعض الشيء حتى تحقق للركاب القدرة على الجلوس بداخلها، ويوضع داخل طائرات التدريب الشراعية مقعدان بحيث يتيحان التحكم

لفردين فيستطيع المدرب أن يتابع قيادة المتدرب للطائرة وتتيح أيضًا بعض الطائرات الشراعية عالية الأداء الجلوس لفردين.



جهاز الفاريومتر: يوضح سرعة الطائرة الشراعية في الارتفاع والهبوط. إذ تشير إبرة الجهاز إلى أعلى عندما ترتفع الطائرة بوساطة تيار الهواء وتشير إلى أسفل عند هبوطها.

وتُصنع الطائرات الشراعية من المواد التي يمكن أن يصل سطحها إلى درجة عالية من الصقل، مثل الألومنيوم أو الخشب أو الألياف الزجاجية، ويمكن أن تحتوي الطائرة الشراعية أيضا على بعض الأجزاء من الصلب. وعجلات الهبوط في الطائرات الشراعية عالية الأداء يمكن ان تطوى داخل الجسم بعد

الصعود، وهذا التصميم يحقق للطائرة انسيابية في السطح السفلي ويقلل مقاومة الهواء.

مجموعة الذيل: تتكون هذه المجموعة في معظم الطائرات الشراعية من موازن (سطح اتزان) أفقي ورافعة وكذلك زعنفة رأسية ودفة. ويرتبط سطح الرافعة بسطح الاتزان بمفصلة، ويمكن للطيار خفضه أو رفعه بعصا القيادة الموجودة في قمرته، ويتحكم وضع الرافعة الذي يحدده الطيار في الزاوية التي تميل بها الطائرة كما يتحكم أيضا في سرعة الطائرة، وتتصل الدفة بزعنفة الذيل بوساطة مفصَّلات، ويحرك الطيار هذه الدفة إلى اليمين أو إلى اليسار بالضغط على بدَّال، وتساعد الدفة في التحكم في دوران الطائرة الشراعية إلى اليمين أو اليسار. وسطح الاتزان مثبت إما في أعلى أو أسفل زعنفة الذيل، ويمكن أيضا أن يثبت في جسم الطائرة. ويعتقد مصممو الطائرات الشراعية أن وضع أسطح التحكم المتحركة في مجموعة الذيل على شكل 7 يمكنها من تحقيق أداء أفضل.

الإقلاع: يتم إقلاع معظم الطائرات الشراعية باستخدام طائرات مروحية تقوم بسحبها في الهواء، وتشد الطائرة المروحية الطائرة الشراعية بحبل يتراوح طوله بين 45 و60مترا. وتتصل إحدى نهايتي الحبل بعجلة قريبة من ذيل الطائرة المروحية من خلال خطاف جر، وتوصل النهاية الأخرى للحبل

بعجلة قريبة من مقدمة الطائرة الشراعية بوساطة خطاف مماثل. ويستطيع طيار الطائرة الشراعية فك ارتباطه بهذا الحبل بالضغط على أحد الأزرار في قمرته، وعمومًا يمكن للطيار أن يتحرر من ارتباطه وينطلق بطائرته عندما يصل إلى ارتفاع يتراوح قدره بين600 و900 متر، ولدى معظم الطائرات الشراعية عجلة واحدة موضوعة في السطح السفلي للطائرة بين الجناحين، ويجري أحد المساعدين بجانب الطائرة في اللحظات الأولى للإقلاع كي يحتفظ بمستوى الأجنحة.

وهناك بعض الطائرات الشراعية التي يمكن سحبها باستخدام عربة أو آلة جر واقفة على الأرض، ويُطلق على هذه الآلة اسم الونش، ويبلغ طول حبل الجر في الونش عادة من 1,5 و2 كيلو متر. وينفصل خطاف الجر أتوماتيًا عندما يصل الارتفاع إلى ما بين 500 و600متر، ويمكن أيضًا فصل خطاف الجر يدويًا في حالة قطع الحبل. وعادة تجهّز هذه الحبال بمعدات خاصة تستطيع قطع الحبال فورًا في حالة الطوارئ، وهناك عدد قليل من الطائرات الشراعية التي يكون لديها مروحة تدور بمحرك كي تستخدم في الإقلاع حيث يقوم الطيار بإيقاف المروحة بعد أن يحملها الهواء.

وهناك ثلاثة طرق تم استخدامها في الإقلاع؛ ففي الإقلاع الشراعي على الأقدام يجري قائد الطائرة أسفل اتجاه الريح على سطح أحد التلال حتى

يستطيع الهواء أن يحمل الطائرة كي تبقى محمولة جوًا. وفي إطلاق الطائرة الشراعية بالجر يقوم أحد القوارب بشد الطائرة الشراعية باستخدام حبل حتى تصل إلى ارتفاع 120 إلى 150مترًا، ثم يترك الطيار حبال الجر بعد ارتفاعه. وفي الطيران المعلّق باستخدام محرِّك ويسمى الطيران فائق الخفة فإنه يستخدم محركًا صغيرًا مثبتًا على الطائرة الشراعية في عمليات الإقلاع والهبوط .

وطريقة أخرى للإقلاع هي باستخدام حبل (البنجي) وهي ليست طريقة شائعة الاستخدام هذه الأيام، ولكي تستخدم هذه الطريقة سوف تحتاج إلى تلة يكون تيار الهوائي المعاكس لها قويّاً، وتثبت الطائرة إلى حبل البنجي ويتم تثبيت الطائرة بواسطة عدة أشخاص حتى لا تتزلق، وتقوم مجموعة أخرى بسحب النهاية الأخرى للحبل نزولاً إلى نهاية التلة، وعندما يصبح الحبل مشدوداً بشكل كافٍ تطلق الطائرة الشراعية، وخلال ثوانٍ تقلع الطائرة وتبقى في الجو باستخدام تيارات الحمل التي تتكون حول التلة.

وتعتمد الطائرة ذات المحرك والطائرة الشراعية في بقائهما مرتفعتين في الجو عند طيرانهما، على السرعة الكافية التي تجعل ضغط الهواء حول أجنحتهما قادرًا على إعطائهما قوة كافية إلى أعلى. وتصل الطائرة ذات المحرك إلى السرعة الكافية للإقلاع أو الطيران بوساطة قوة دفع من المروحة أو المحرك،

بينما نجد أنه على الطائرات الشراعية البحث عن وسائل أخرى للوصول إلى هذه السرعة.

يعتمد إقلاع الطائرة الشراعية على جرها في الهواء بوساطة طائرة مروحية تدفعها ثم تتركها تطير بحرية بعد استقرار طيرانها، وحيث إنه من الصعب الاحتفاظ بمستوى طيران ثابت بدون استخدام محرك، لهذا وجب على طيار الطائرة الشراعية، لكي يحافظ على بقاء طائرته محمولة جوًا، أن يوجه مقدمة طائرته تحت خط الأفق مباشرة وينحدر إلى أسفل من خلال الهواء، وبهذه الطريقة يمكن أن تؤدي قوة الجاذبية الأرضية إلى زيادة السرعة بالدرجة الكافية التي تحافظ على بقاء الطائرة في الجو.

ويمكن للطائرات الشراعية أن ترتفع إلى أعلى، وبالرغم من هذا فإنها يجب أن تظل دائمًا موجهة إلى أسفل بدرجة طفيفة، ويمكن أن تحقق زيادة في ارتفاعها بالطيران في تيارات سحب إلى أعلى بالسرعة التي تزيد عن معدل هبوط الطائرة الشراعية. ويستغل الطيار تيارات الهواء الصاعدة، وتسمى تيارات السحب إلى أعلى، للبقاء مرتفعًا لفترات طويلة، وقد أمكن الطيران في تيارات الهواء فترات تزيد على70 ساعة، على أن معظم فترات الطيران محصورة في المدى ما بين ساعة وخمس ساعات.

وتُستخدم الطائرات الشراعية أساسًا في الترويح والرياضة. وينتمي معظم طياري الطائرات الشراعية في معظم البلدان إلى نـــوادٍ أو جمعيـــات تمتلـــك الطائرات الشراعية، وتتولى صيانتها وتنظيم دورات تدريبية عليها. وتعتـــبر هذه الرياضة شعبية في أستراليا وكندا ونيوزيلندا وجنوب إفريقيا وفي معظم البلاد الأوروبية وبلدان أمريكا الشمالية.

الطائرات الشراعية المستخدمة في التدريب يوجد بهـــا مقعـــدان وتتـــيح التحكم لفردين، فيستطيع المدرب متابعة الدارس ويمكن أن يتدخل إذا لـــزم الأمر .

التحليق بالطائرة الشراعية:

التحليق: يجب أن تصل سرعة معظم الطـــائرات الشـــراعية إلى حـــوالي 80كم/ساعة. وحتى تستطيع الطائرة التحليق والارتفاع، فعلى الطيـــار أن يبحث عن تيارات سحب. وتيارات السحب تنحصر في أربعة أنـــواع -1 الرياح المائلة 2- التيارات الحرارية **Thermals** 3- الأمواج الجبليـــة **Hill Lift** 4- خطوط القَصّ.**Wave**

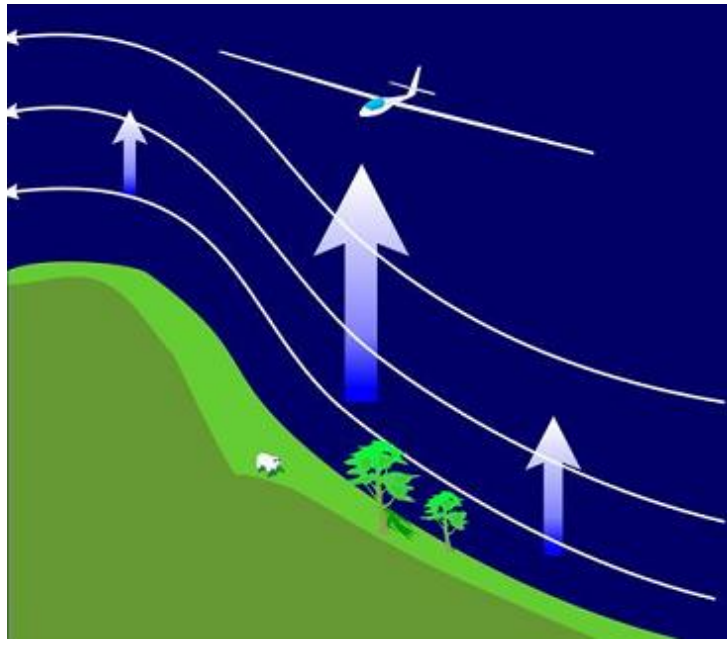
تهب الرياح المائلة في عكس اتجاه ميل الـــتلال ثم تنحـــرف إلى أعلـــى، ويستطيع الطيار الطيران إلى الأمام والخلف على امتداد جوانب هـــذا الميـــل

طالما كانت الرياح من القوة بحيث تستطيع أن تحمل الطائرة. وقد استطاع الطيارون المهرة استغلال الرياح المائلة من الجبال كي يحققوا مدى طيران يصل إلى 1,600كيلو متر تقريبًا. ويدل طيران الطيور بوساطة أجنحتها في امتداد مَيْل جبلي على وجود سحب هواء برياح مائلة.

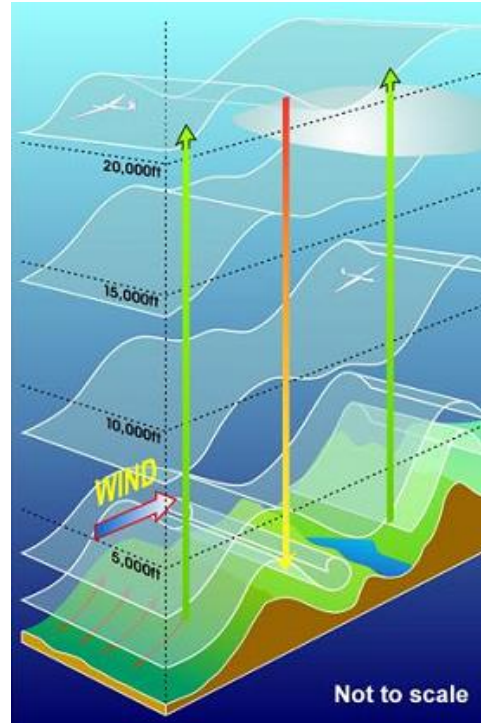
تتكون التيارات الحرارية من الهواء الذي يرتفع في أعمدة أو في فقاعات نتيجة ارتفاع درجة حرارته بعد ملامسته المناطق الساخنة على الأرض. وهذه المناطق هي الأسطح الداكنة أو المستوية مثل الصحاري والطرق وأسطح الحقول المحروثة حيث ترتفع درجة حرارتها نتيجة امتصاصها لكميات كبيرة من الحرارة الساقطة عليها من الشمس .وتبعًا لهذا فان الهواء الملامس لها مباشرة يصير دافئا فتقل كثافته ويرتفع إلى أعلى حتى يختلط بالهواء البارد في طبقات الجو العليا. وهذا المرتفع الحراري يمكن أن يكون موجودًا في الساعات المتأخرة من الصباح حتى الساعات المتأخرة من الليل في أيام الشمس الساطعة. ولهذا فإن هذا النوع من التيارات الصاعدة يعد أكثر الأنواع المستخدمة في الطائرات الشراعية انتشارًا. ويستطيع الطيار أن يحقق زيادة ارتفاعه بالدوران داخل أعمدة الهواء الصاعدة إلى أعلى. وتتسبب الحرارة التي تطردها المدن أيضًا في إنتاج هذه التيارات الحرارية. وتمثل الانتفاخات، وهي السحب البيضاء الركامية، دليلاً على قمة تيار حراري

وهناك أدلة أخرى على وجود تلك التيارات الحرارية مثل ارتفاع الأتربة في الجو أو تحليق الطيور دون أن تبسط أجنحتها.

تحدث الموجات الجبلية في الجبال الشديدة الانحدار، في الجانب البعيد عن الرياح وهو الجانب المحجوب منها حيث تحدث عند هذا الجانب بوجه عام تيارات هوائية هابطة إلى أسفل، ويمكن عند توافر ظروف جوية محددة أن ينتج عند هذا الجانب تيارات هوائية دافعة إلى أعلى وتكون من القوة بحيث يصل ارتفاعها إلى 24 كيلومترًا أو أكثر، وغالبًا ما يكون هناك سحب عدسية أي مرتفعة إلى أعلى عند سطحها العلوي بينما يستوي سطحها السفلي، إشارة على وجود الموجات الجبلية.



تحدث خطوط القص أو مناطق الالتقاء عند تحرك كتلة من الهواء البـــارد الثقيل إلى منطقة ما، فتدفع الهواء الدافئ الأخف وزنًا إلى أعلى، ويمكـــن أن تقطع خطوط القص هذه مسافات تصل إلى مئات الكيلومترات.



الهبوط :

يقترب الطيار من الطريق الجوي المحدد له ثم ينحدر في اتجاه ممر الهبـــوط ويستوي إلى أعلى قبل لحظة ملامسة الأرض. وتستخدم الكثير من الطائرات

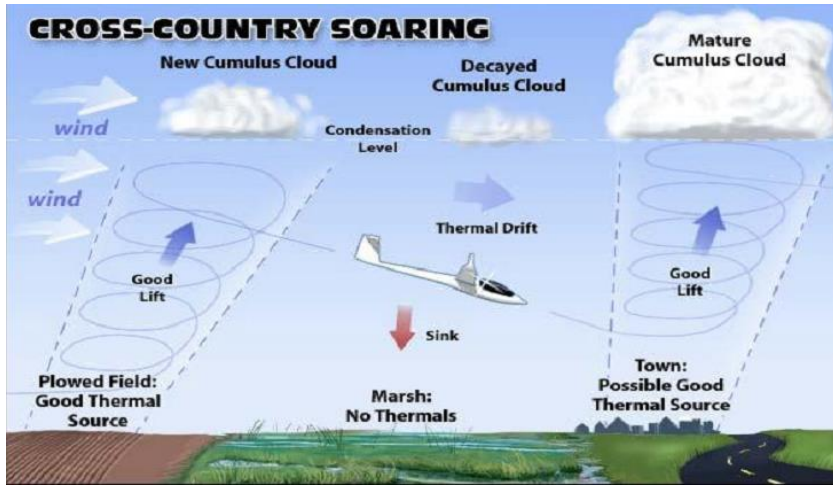
الشراعية ألواحًا تسمى المدّادات التي يمكن أن تمتد من الأجنحة للتحكم في زاوية الانحدار وتثبيت تخفيف الرفع أثناء الهبوط. وإذا كان للطائرة الشراعية قلابات فإن الطيار يقترب من نقطة الهبوط وقد خفّض القلابات إلى أسفل بأعلى ميل.

والطيار الذي يطير بعيدًا عن مطارات الطيران الشراعي ثم لا يجد تيارات هوائية بالدفع الكافي ليعود إلى مطاره، عليه أن يهبط هبوطًا اضطراريًا بعيدًا عن مطاره. ويمكن للطائرة الشراعية الهبوط في أي سطح مستوٍ ومتسع. وفي هذه الحالة توضع الطائرة على مقطورة بعد فكها ثم تعود إلى المطار الشراعي أو أي مكان آخر.

التنقل بالطائرة الشراعية

تعلم الآن أنك تستطيع التحليق – إذا توافرت الشروط الصحيحة – . يمكنك استثمار جميع العوامل التي سبق ذكرها في البقاء في الجو وقطع مسافات لا بأس بها قد تصل إلى**Cross-Country** ، وفي الغالب فإن استخدام الأنواع الثلاثة السابقة من تيارات الحمل هو أمر ضروري لاكتساب الارتفاع ثم المضي قدماً نحو النقطة التالية، والتطبيق الأكثر مثالية هو الطيران في مسار على شكل مثلث متساوي الأضلاع وطول ضلعه 300

كلم والانتهاء في النقطة التي انطلقت منها، وهو تطبيق مناسب للسباقات الجوية، والأسرع في قطع المسافة هو الفائز.



الطيران الشراعي المعلق

الطيران الشراعي المعلق: هو أحد أشكال الطيران الشراعي التي صارت مفضلة في السبعينيات من القرن العشرين، وتتكون معظم الطائرات الشراعية المعلقة من شراع مثلث الشكل مصنوع من الألياف الصناعية ومربوط في إطار معدني من الألومنيوم باتساع حوالي 10م. ويتعلق الطيار بأحزمة من هذا الإطار. ويقود الطائرة الشراعية وينظم سرعته بوساطة قضيب تحكم.يتعلق قائد المركبة بمجموعة من الأحزمة، ويمكنه التحكم في حركة هيكل المركبة وتوجيهها بقضيب تحكم يقبض عليه.

تتكون الطائرة الشراعية في حالة التحليق المعلق من سطح انسيابي مثلث الشكل وهو براشوت معدل يعرف باسم الجناح المرن مصنوع من النايلون أو النسيج الصناعي. ويحمل المثلث على أسطوانات من الألومنيوم وكابلات ومصمم بحيث يسمح للهواء بالمرور فوق سطحه ليجعل الجناح يعلو. وتحتوي الزلاقات الحديثة المتطورة على أجنحة صلبة من الألومنيوم مدفونة داخل المثلث بحيث تعطيه شكله ولا يحتاج إلى كابلات لتدعيمه.

وللانطلاق، لابد للطيار أن يجري متوجها نحو الأسفل من على منحدر ليحصل على دفع الهواء للأجنحة (تقريبا يصل إلى سرعة من 240 كم ساعة) وحركة الهواء تدفع الأجنحة لأعلى بقوة تقاوم جاذبية الأرض وتجعل الطائرة الشراعية تطير وتحلق في الفضاء، ومتى ما ارتفعت وطارت في الهواء

يعمل وزن الطائرة والطيار على جذبها لأسفل مما يدفع الطائرة الشراعية للأمام. وبالإضافة إلى الدفع الأفقي للهواء فإن تيارات الهواء الصاعدة مثل أعمدة الهواء الساخن الصاعدة والهواء المنعكس لأعلى عند قمم الجبال والمرتفعات لاصطدامه بها تدفع الطائرة الشراعية لأعلى .

وعموما هناك ثلاثة طرق معروفة يتم استخدامها في عملية الإقلاع؛ ففي الإقلاع الشراعي على الأقدام يجري قائد الطائرة أسفل اتجاه الريح على سطح أحد التلال حتى يستطيع الهواء أن يحمل الطائرة كي تبقى محمولة جوًا. وفي إطلاق الطائرة الشراعية بالجر يقوم أحد القوارب بشد الطائرة الشراعية باستخدام حبل حتى تصل إلى ارتفاع 120 إلى 150مترًا، ثم يترك الطيار حبال الجر بعد ارتفاعه. وفي الطيران المعلّق باستخدام محرِّك ويسمى الطيران فائق الخفة فإنه يستخدم محركًا صغيرًا مثبتًا على الطائرة الشراعية في عمليات الإقلاع والهبوط.

تصطدم الطائرة خلال عملية الانزلاق بجزيئات الهواء وتتولد قوة احتكاك تبطئ من سرعتها، وتزداد هذه المقاومة مع ازدياد سرعة الطائرة الشراعية، وبنفس اتزان الطائرات فإن قوة الدفع لأعلى وقوة الاحتكاك وقوة الجاذبية تحدد أقصى ارتفاع للزلاقة والمسافة التي تقطعها بمعدل الانزلاق (قوة الدفع على قوة الاحتكاك.

وبخلاف الطائرات الأخرى، فإن الطائرات الشراعية ليس لها سطح متحرك على أجنحتها ولا ذيل ليعكس التيارات الهوائية لتوجيهها، فالطيار المعلق في مركز ثقل الطائرة ومثبت بإحكام يقوم بتحريك جسده في الاتجاه الذي يريد التوجه إليه، كما يمكنه تغيير زاوية الجناح مع الاتجاه الأفقي، فإذا سحب الطيار الطائرة الشراعية للخلف موجها مقدمتها لأسفل فإن سرعتها تزداد وإذا دفعها للأمام موجها مقدمتها لأعلى فإن سرعتها تنخفض ويمكن أن تسقط.

مكونات الطائرة الشراعية المعلقة

تتكون الطائرة الشراعية من الزلاق نفسه ومعدات تثبيت الطيار وخوذة وبعض الزلاقات بها براشوت احتياطي، إضافة إلى الزلاق الذي يتعلق عليه الطيار والذي يتكون بدوره من أسطوانات مصنوعة من الألومنيوم المستخدم في صناعة الطائرات، وتمثل الهيكل الرئيسي الذي تعتمد عليه الطائرة الشراعية، إضافة إلى أسطوانتين تكونان الشكل المثلث للزلاقة تكون فيه مقدمة الزلاقة في منتصف زاوية المثلث، إضافة إلى عمود عرضي يربط المقدمة بالمثلث وعمود التحكم وهو مثلث صغير يربط المقدمة بخلفية العمود العرضي ويستخدمها الطيار لتوجيه الطيارة، أما الشراع فهو يمثل سطح أجنحة الطائرة الشراعية ومصنوع من النايلون أو النسيج الصناعي، إضافة إلى حبال

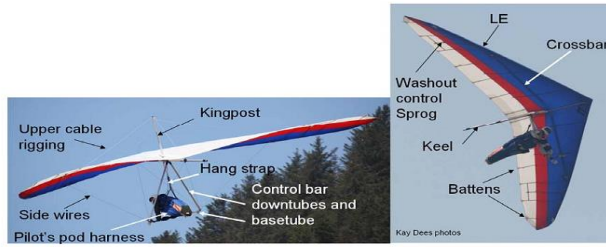
متينة ومن نوع خاص تستخدم في الطائرة، وبها من المتانة ما يجعلها تتحمل وزن الطائرة والطيار والضغوط، هذا بجانب عدد من الحبال الأخرى التي تستخدم في ربط المقدمة بعمود التحكم وربط عمود التحكم بالعمود العرضي وحبل أمامي يربط عمود التحكم بالمثلث وحبل الهبوط الذي يربط المقدمة بخلفية العمود العرضي .

الدعامات البلاستيكية الصلبة تعمل على تقوية الشراع كما أن أنابيب الألومنيوم سهلة الفك والتركيب لتسهيل نقل وحمل الطائرة الشراعية .

معدات تثبيت الطيار في الطيران الشراعي المعلق

يتصل حبل مقوى بمركز الطائرة الشراعية خلف عمود التحكم ويتعلق عليه الطيار بحيث يكون حر الحركة، وأهم معدات الأمان التي تصاحب الطائرة هي الخوذة لأنها تحمي رأس الطيار، إضافة إلى نظارة الحماية وسترة واقية وباراشوت احتياطي .

بعض الطيارين يحملون معهم أجهزة مساعدة، مثل جهاز قياس الارتفاع ومراقبة معدل الارتفاع والهبوط وهو غالبا ما يكون ناطقا حيث يخبر الطيار بقيم المعدلات صوتيا حتى لا ينظر الطيار إلى العداد ويفقد التركيز.



الطيران المظلى

طيران مظلي (بالإنجليزية: Paragliding): هي رياضة الهبوط بالمظلات وتقام لها مسابقات . وهو طيران حر يبدأه الشخص بمفرده عن طريق الوثب من جبل عال ، ويهبط بواسطة المظلة رويدا رويدا بحسب القوانين الايروديناميك للحركة في الجو ، ويمكنه التحكم نوعا ما بحسب خبرته في مكان الهبوط ومرونته. وقد يكون بدلا من المظلة جناحان من القماش مثبت بهما حوامل يستطيع الشخص الاتكاء عليها ويكون معلقا تحت الجناحان . هذا الطيران المظلي يعتمد على طريقة الطيران الشراعي الذي لا تدخل فيه الآلة ، بل يطير الشخص طيرانا حرا في الجو ، يهبط ببطء ويتمتع بالطيران مثل الطيور وبجمال الطبيعة أسفل منه حتى يحط بهدوء على الأرض.

وقد بدء هذا النوع من الرياضة في الظهور عام 1952 حيث قامت دومينا جالبرت بالطيران بمظلة مكونة من عدة قطع ، واستخدمت ضابطا بسيطh للتحكم في الحومان يمينا ويسارا ، وقامت بتسجيل اختراعها رسميا

لدى هيئة تسجيل الاختراعات الأمريكية تحت رقـــم 2734706 في 17 أكتوبر 1952.

طريقة الطيران :

كل ما يحتاجه الطيار هو المظلة المجهزة خصيصا لهذا النوع من الرياضة . وهي تتكون من مظلة مستطيلة مثبت بها عدد من الحبال بنظـــام معـــين ، ومرتبط بها من أسفل مقعد من القماش أو الجلد يجلس عليه الشخص و حزام أمان .

وتتكون المظلة المستطيلة من شراعان فوق بعضـــهما مـــن النـــايلون . ولمساعدة المظلة على اتخاذالشكل المطلوب ، تقسم المظلة إلى خلايا مفتوحة في اتجاه الطيران ومغلقة من الخلف . بهذا تتخذ المظلة الشكل المطلوب أثناء الطيران من خلال انتفاخ تلك الخلايا بالهواء . يستطيع الطيار الـــتحكم في اتجاه الطيران وسرعته بواسطة الحبال الموصولة بالمظلة .

لوائح الطيران الشراعي :

توضع في الكثير من البلدان اللوائح لكل من الطائرات الشراعية وطياريها، فالشخص الذي يطير يجب أن يكون في مقتبل العمر وفي صحة جيدة لكـــي يكون جديرًا بالحصول على شهادة قيادة الطائرات الشراعية. وهذه الشهادة

تسمح للفرد بالطيران منفردًا بالطائرة الشراعية. وهناك تعليمات أخرى تشتمل على منهج دراسي أو تدريب على الطيران تحت إشراف مدرب معتمد. ويمكن تلقي هذه التدريبات في مدرسة الطيران أو في أحد نوادي الطيران الشراعي.

3- طائرة ورقية kite

في الواقع المصطلح طائرة ورقية غير دقيق لانه يدل على طائرة مصنوعة الورق و هو شئ غير ملازم لهذا النوع لأن من الممكن صنعها من مواد أخرى كالبلاستيك الشفاف . كلمة **kite** تعنى إطار خفيف مغطى بغطاء نحيف مربوط بخيط رفيع وتطير فى مواجهة الريح .تم استخدام هذه المصطلح أول مرة عام 1664 و تم اقتباس هذا الاسم من اسم نوع من الطيور **kite** (الحدأة) و هو طائر جارح من فصيلة الصقور شبيه فى طيرانه بهذا النوع من الطائرات لهذا اطلق عليها اسم **kite** .

هى اطار خفيف مغطى بالقماش أو البلاستيك أو الورق مربوط بخيط طويل مصممة للطيران في الهواء.

من المتعارف عليه ان الطائرة الورقية لعبة للأطفال تصنع من الخشب والخيوط ولكن بعد تدخّل الكمبيوتر ببرامجه ذات الأبعاد الثلاثة واستخدام

أنفاق الهواء التي تستخدم في اختبار انسيابية الطائرات أو سيارات الفورمولا 1، خرجت هذه الهواية من دائرة الأطفال إلى دائرة المحترفين. وتعتمد فكرة الطائرة الورقية على جسم انسيابي خفيف الوزن مربوط بخيط أو عدّة خيوط ليطير ضد اتجاه الريح.

أوائل الطائرات الورقية :

لقد تمَّ اختراع الطائرات الورقية في الصين قبل أكثر من ألفي سنة. ثم ظهرت هذه الطائرات في اليابان في الفترة من 794-1185م عندما

عرفت باسم صقور الورق وهو نفس الاسم الذي عرفت بـــه في الصـــين، ويعتقد. وفي الصين كانت هذه الطائرات الورقية قد أحضرت بشكل مباشر من الصين إلى اليابان. وفي الصين كانت هذه الطائرات تستخدم بشكل دائم لإيصال الرسائل. وفي اليابان وخلال ألف عام أخضعت هـــذه الطـــائرات لتطوّر مدهش وذلك لعدة أسباب رئيسة منها؛ وجود الورق الجيد في اليابان ووجود خشب البامبو أي الخيزران إضافة لخيوط القنَّب التي تســـتخدم في صناعة الطائرات الورقية.

وقد أصبحت صناعة هذه الطائرات شعبية، واخترع الناس أنواعاً عديدة منها في كافة أنحاء اليابان. وخلال الســـنوات 1603-1868م دخلـــت صناعة الطائرات عصرها الذهبي وصار الكثير من الناس يلعبون بالطـــائرات الورقية ومع تطور فن الطباعة بالكليشيه الخشبية واســـتخدام العديـــد مـــن الألوان بذلك فقد صارت هذه التقنيات مناسبة للاســـتخدام في الطـــائرات الورقية، وقد نتج عن ذلك إنتاج الطائرات الورقيـــة ذات الصـــور الملونـــة والجميلة.

نبذة تاريخية

الطائرات الورقية أقدم أشكال الطائرات. وربما تكون قد نشأت في الصين منذ نحو 3,000 عام. وخلال حكم أسرة هـــان (200ق.م إلى 200م) كان الجيش الصيني يُثَبِّت أنابيب من الخَيْزُران في الطائرات الورقية. وعنـــدما تطير الطائرات الورقية فوق العدو، تمر الريح خلال الأنابيب فتحدث صوت صفير. وكانت هذه الأصوات الناتجة تتسبب في ذعر الجنود وهروبهم.

وقد انتشرت ممارسة تطيير الطائرات الورقية من الصين خلال آسيا، إلى أن وصلت إلى نيوزيلندا. أما الأشكال الأوروبية من الطائرات الورقية فقد تطورت في العصور الوسطى .وقد تطور أحد الأشكال من نموذج عسكري. وكان له جسم على شكل كيس، يمتلئ بالريح. وظهر فيما بعد نوع من الطائرات الورقية الأوروبية معينة الشكل. وقد بدأ استخدامه في القرن السادس عشر الميلادي، وأصبح أكثر أشكال الطائرات الورقية استخدامًا في أوروبا.

وفي سنة 1752م قام بنجامين فرانكلين، وهو سياسي وعالم أمريكي، بإجراء أشهر تجربة لطائرة ورقية في التاريخ. فقد قام بتطيير طائرة ورقية مصنوعة في البيت خلال عاصفة رعدية، وربط مفتاحًا معدنيًا في خيط الطائرة. وكان يريد أن يثبت أن البرق الطبيعي كهرباء. وقد أصابت صاعقة من البرق سلكًا مدبّبًا مثبتًا في الطائرة الورقية وانتقل خلال الخيط المبتل إلى المفتاح، مسبِّبًا شرارة. وقد أثبتت الشرارة نظرية فرانكلين.

وفي سنة 1847م ساعدت طائرة ورقية في مد سلك عبر نهر نياجارا بين الولايات المتحدة وكندا. وكان السلك جزءًا من أول برج مُعلق فوق هذا النهر.

وقد كان للطائرات الورقية دورٌ في تطوير الطائرة العادية. فقد غَيرت طائرة لورنس هارجريف الورقية الصندوقية، الطريقة التي كان يصمم بها الناس الأجسام الطائرة. وقد استخدم الأخوان أورفيل وويلبر رايت طائرات ورقية صندوقية أساسًا لاختبار أفكارهم عن التواء الأجنحة. وقد مَكَّنت النتائج الأخوين رايت من صُنع أول طائرة في سنة 1903م .

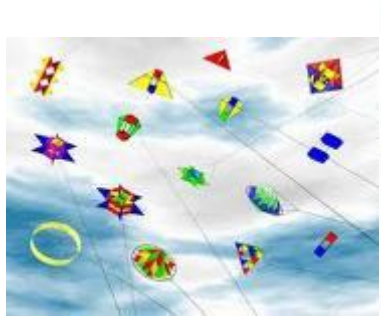
كما قام ألكسندر جراهام بل، مُخترع الهاتف، بصنع طائرة ورقية أيضًا. وكان يأمل أن تؤدي إلى طائرات يُمكنها أن تحمل الناس. وقد استخدم طائرات ورقية صندوقية رباعية) ذات أربعة أسطح) يمكن ربطها في أشكال ضخمة لرفع البشر.

وقد استُخدمت الطائرات الورقية لقياس الطقس. وخلال القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين الميلاديين قام رجال الأرصاد الجوية بتشغيل محطات طائرات ورقية تُطَيِّر طائرات ورقية صندوقية مزودة بأجهزة لقياس الطقس.

ونادرًا ما تُستخدم الطائرات الورقية في الأغراض العسكرية أو العلمية في الوقت الحاضر. ومع ذلك، فقد أصبح هناك اهتمام متزايد بالطائرات الورقية وسيلة لقضاء وقت الفراغ، منذ السبعينيات من القرن العشرين الميلادي.

ويُعد تطيير الطائرات الورقية رياضة معترفًا بها طوال العام. ويقوم بعض الناس بتطيير الطائرات الورقية في ألعاب بهلوانية تتطلب دقة عالية. كما تُعرض الطائرات الورقية أيضًا في المتاحف باعتبارها أعمالاً فنية. وقد أسس محبو الطائرات الورقية نوادي وأقاموا مهرجانات في أجزاء عديدة من العالم. ونشر العديد من الكتب والنشرات لتقديم المعلومات عن الطائرات الورقية وتطييرها.

لقد صارت الطائرات الورقية هواية شعبية. وفي أيامنا هذه من المحتمل أنه يوجد العديد من أنواع الطائرات الورقية في اليابان أكثر من أي بلد آخر في العالم.



والآن بسبب عمليات التمدّن والتحضر فأعداد الأماكن التي يمكن للشخص إطلاق العنان لهوايته في اللعب بالطائرات الورقية قد انخفضت بشكل تدريجي، ويوجد الآن بعض الأماكن القليلة التي تستخدم في ألعاب

الطائرات الورقية، ما عدا المتنزهات الواسعة المساحة أو على ضفاف الأنهار الكبيرة. وفي وقتنا الحالي بدأت بعض المدارس الأساسية في تعليم طلابها بعض المهن اليدوية خلال الفترات التي خصصت للأنشطة الحرة، وواحدة من ضمن الفنون التي يتعلمونها هنا كانت صناعة الطائرات الورقية. وإضافة لذلك فأصحاب الهوايات في كافة أنحاء اليابان لديهم اهتمام في صناعة وطيران الطائرات الورقية في مناطق مدنهم. وهكذا يستمر فنّ صناعة الطائرات الورقية بعيداً عن أن يتلاشى أو يتضاءل، وفي الحقيقة فهذا الفن ينعم بانبعاث نهضة ملموسة فالعديد من تصاميم الطائرات الورقية الحديثة والأصلية تعتمد على التصاميم التي عُرفت منذ زمن بعيد حيث يعاد تصميمها وإبداعها كل سنة.

وكانت الطائرات الورقية تُصنع من الورق (ولا زالت) إلا أن النايلون الخفيف والمتين في نفس الوقت هو المادة المفضلة لصنع الطائرات. تكاد تكون هواية الطائرات الورقية في العالم العربي شبه معدومة باستثناء الاحتفال السنوي للطائرات الورقية في شهر يوليو من كل عام في لبنان.

من أشهر أنواع الطائرات واكثرها شيوعا تلك التي تطير باستعمال خيط واحد يربط بالطائرة والطرف الثاني اما ممسوكا من قبل الهاوي أو مربوطاً بالأرض حسب قوة جذب الطائرة. وعادة ماتستخدم العصي لإعطاء الطائرة

شكلها النهائي ولتمكينها من الحفاظ على هيئة معينة أثناء الطيران. ومن أشهر طائرات الخيط الواحد تلك التي تأخذ شكل المثلث وتسمى بالديلتا **Delta**. وتجدر الإشارة ان هناك طائرات ورقية لايستخدم فيها العصي للمحافظة على شكلها أثناء الطيران، بل تعتمد على الهواء ليقوم على نفخها وبهذا تحافظ هذه الطائرات على شكل انسيابي أثناء الطيران بدون استعمال العصي. ومن تلك الأنواع، الفلوفورم **FlowForm**.

هناك نوع من الطائرات الورقية التي يتم التحكم في طيرانها عن طريق خيطين مربوطين في الطائرة. ويتم ربط أحد الخيوط في الجهة اليمنى من الطائرة والخيط الثاني في الجهة اليسرى. ويتم توجيه الطائرة عند تحليقها عن طريق شد أحد الخيوط. فإذا اردنا للطائرة ان تجنح لجهة اليمين، نشد الخيط الايمن واذا اردناها ان تميل إلى جهة اليسار، نقوم على شد الخيط الايسر. ومما لاشك فيه ان المهارة المطلوبة للتحكم بهذه الطائرة يقتصر على الكبار ناهيك عن قوة الجذب الذي يمكن ان تحدثه هذه الطائرة ان كانت من الحجم الكبير (8 اقدام من طرف الجناح الايمن إلى طرف الجناح الايسر).

أجزاء الطائرة الورقية :

اللجام bridle: يبقى الطائرة الورقية في الزاوية الصحيحة إلى الـــريح و يثبت الطائرة الورقية.

المثبتات fittings: تتضمن تثبيت العصا بالعصا و مثبتـــات القمـــاش أو الورق مثل: الصمغ،و الشريط اللاصق.

رافدة القص . صالب القاعدة Keel: مشابه للجام، يتصرّف مثل الدفّة

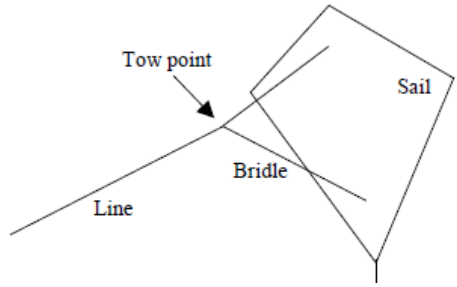
الخيطّ Line: يمنع الطائرة الورقية من الطيران بعيدا.

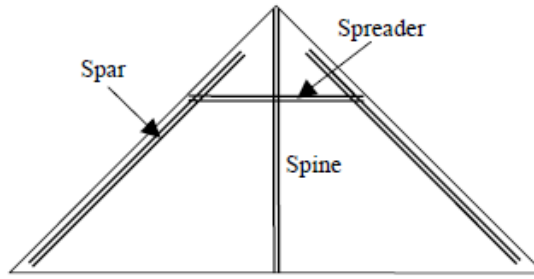
الشراع Sail: يوجه الهواء لإعطاء الرفع.

السايات Spars: تشكل هيكل الطائرة الورقية، البعض منها لها أسمـــاء خاصّة مثل **spine** و**spreader** .

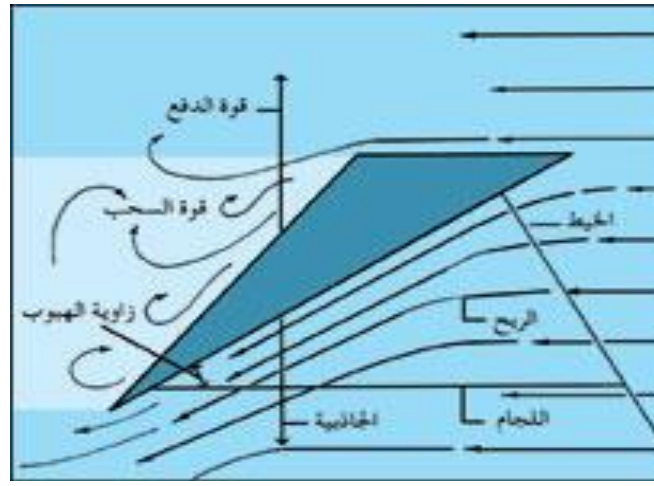
الذيلTail: يكون عائقا لإبقاء الطائرة الورقية متجه ضد الريح.

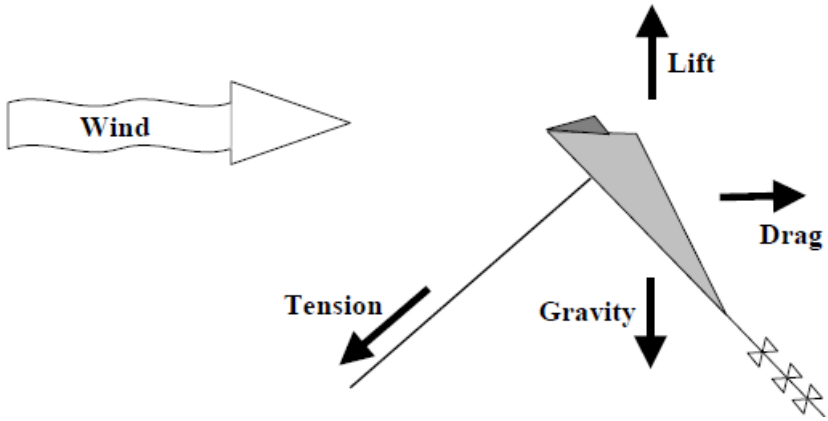
نقطة سحب Tow point: تصل الخيط إلى اللجام.





كيف تطير الطائرات الورقية؟





تجتمع قوى الرفع، والسحب، والجاذبية لكي تظل الطائرة الورقية في الهواء. ولابد من تطيير الطائرة الورقية بحيث تكون زاويتها ضد الريح، والتي تسمى زاوية الهبوب قادرة على توفير أكبر قدر من قوة الرفع للتغلب على قوة السحب والجاذبية. ويمكن التحكم في زاوية الهبوب عن طريق واحد أو أكثر من الخيوط القصيرة تسمى اللجم.

يتولد الرفع الضروري الذي يَجْعلُ جناحِ الطائرة الورقيةَ يطير عندما يتدفق الهواءَ فوق وتحت الجناحِ مما يُنتجُ ضغطاً منخفضاً فوق الجناحِ و ضغط منخفض تحته . أيضا تُولّدُ هذه الإمالةِ عائقَ أفقيَ على طول إتّجاهِ الريحِ. إنّ محصّلةَ متجه القوة الناتج عن مركبات قوى الرفع و السحب تيعرضها تَوَتّرِ واحد أَو أكثر من الخطوطِ أَو الحبالِ . نقطة سحب (اللجام) الطائرة

الورقيةَ (التى تسحب منها الطائرة على الأرض) قَدْ يَكُون ساكنَ أَو متحرك (سَحْب الطائرة الورقية مِن قِبل شخص يجري، أو مركب، أَو عربة) .

تعتمد قدرة الطائرة الورقية على الطيران في الريح علي تركيبها وكيفية تثبيت الخيط فيها. فعلى سبيل المثال، تطير الطائرة الورقية المشهورة معينة الشكل عندما يكون جانبها المغطى مواجهًا للريح. وينبغي أن يجذب الخيط مقدمة الطائرة الورقية إلى داخل الريح، محدثًا الزاوية الضرورية لمقابلة الريح، والتي تُسمى زاوية الهبوب .فإذا كانت بِنْية الطائرة الورقية وزاوية الهبوب صحيحتين، فإن الطائرة الورقية سوف تندفع في الهواء مع وجود ضغط على وجهها أكثر من الضغط على ظهرها .ويتسبب الفرق وضغطه على الظهر في إحداث الرفع، وهي القوة التي تجعل الطائرة الورقية ترتفع. ويُطلق على مقاومة الهواء لحركة الطائرة الورقية إلى الأمام اسم السّحب .وتشترك قوى الرفع، والسحب، وشد الخيط، والجاذبية الأرضية في الحفاظ علي الطائرة الورقية في الهواء .

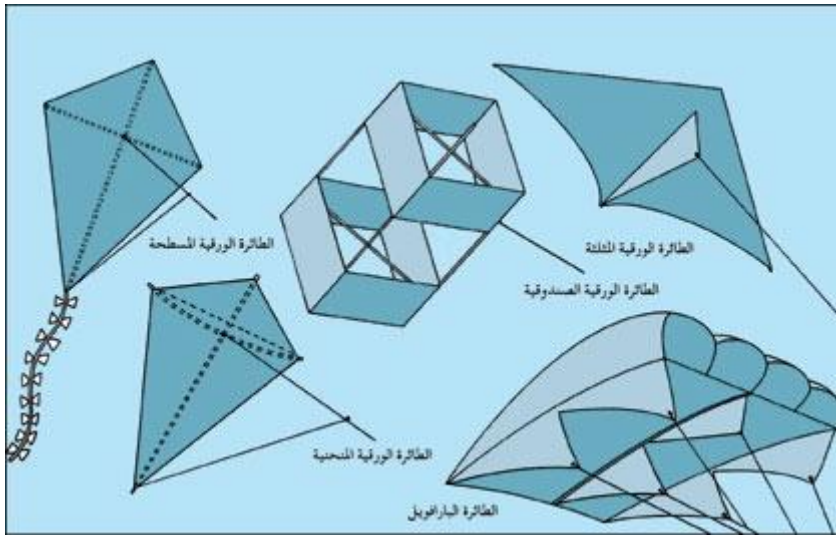
وتطير الطائرة من اللَّجام، الذي يتكوّن من خيطين أو ثلاثة خيوط تسمى السيقان، وهي تصل بين الطائرة الورقية وخيط التطيير. ويسمى موضع الاتصال نقطة السحب، وهو مهم لأ نه يحدد زاوية الهبوب للطائرة الورقية. كما أن اللجام يوزع الضغوط على الطائرة الورقية ليساعد الطائرة على

الاحتفاظ بشكلها وطيرانها. ولا بد أن توجه الطائرة الورقية إلى أعلى وإلى داخل الريح. ويمكنها الاحتفاظ بهذا الوضع من خلال عدة وسائل، مثل الذيل والدفّة والرافدة والفتحات والفجوات أو مجموعة من هذه الوسائل.

الطائرات الورقية تصنف عادة على انها أثقل مِنْ الهواءِ، لكن هناك صنف ثاني من الطائرات الورقيةِ أخف من الهواء يدَعى **kytoon** أو طائرات النفخ التي قَدْ تُمْلَأُ بالهيدروجينِ، أو الهواء الساخن،أو الميثان، أَو الهليوم؛ و هذا النوع يَبْقى مرتفع مَع أَو بدون ريحِ؛ في هدوء الريح تطفو ؛و في وجود الريحِ يحدث الرفع نتيجة مالرفع الديناميكي الهوائيِ. تصنع **Kytoons** كألعاب بالإضافة إلى النطاق العسكريِ .

تستخدم الطائرات الورقية فى الترويح، أو الفَنّ أَو إستعمالات عملية أخرى. حيث تستخدم الطائرات الورقيةَ في تشكيل للأشتراك فيما يعرف بالباليهِ الجوي، أحياناً كجزء مِنْ مسابقة. وهناك طائرات ورقية مدارة بمحركِ . الطائرات الورقية المسحوبة وراء المراكبَ يُمْكِنُ أَنْ تنقل مسافرين وكان ذلك يستخدم عسكرياُ في الماضي .

أنواع الطائرات الورقية



أنواع الطائرات الورقية إطار معظم الطائرات الورقية مغطى بنوع من أنواع النسيج. وتتفاوت التصميمات من الشكل البسيط، أي طائرات مسطحة مثلثة الشكل تقريبًا، إلى أشكال أكثر تعقيدًا، مثل الطائرات الصندوقية المتعددة الجوانب. وتتشكل الطائرات المرنة، مثل البارافويل، بشكل أساسي بفعل الريح .

هناك مئات الأنواع المختلفة من الطائرات الورقية. وتضم الأنواع الأساسية: 1 -الطائرات المسطحة 2- الطائرات المنحنية 3- الطائرات الصندوقية 4- الطائرات المثلثة -5 الطائرات المرنة .

وتَجمع كثير من الطائرات الورقية بين عناصر تصميمية من نوعين أو ثلاثة.

الطائرة المسطحة: هي أقدم نوع من الأنواع الأساسية للطائرات الورقية وتحتاج جميع الطائرات الورقية المسطحة إلى ذيول لتمدّها بقوة السَّحب ولتبقيها متجهة إلى أعلى. ويتكون الذيل البسيط من شرائط من القماش مربوطة طرفًا بطرف. ويُمكن إضافة مزيد من الشرائط أو إزالة بعضها. فكلما كانت هناك ريح أشد، احتاجت الطائرة الورقية إلى ذيلٍ أطول. وينبغي أن تبدأ الطائرة الورقية بذيل طوله سبعة أمثال طول قطرها في الأقل.

الطائرة المُنحنية: وهي مقوسة من ناحية وجهها لتصنع زاوية داخل الريح، تسمى الزاوية الزوجية .وتحقق هذه الزاوية الاستقرار دون الحاجة إلى ذيل. ومن الطائرات الورقية المنحنية المفضلة الطائرة معينة الشكل ذات العصوين والتي سُجلت براءة اختراعها في سنة 1891م باسم شخص أمريكي يدعى وليم إِدِي. وفي الهند وغيرها من البلاد، يُستخدم نوع من الطائرات الورقية ينحني في الريح، في رياضة معارك الطائرات الورقية .ويقوم المشاركون في هذه الرياضة بتثبيت خيوط مُغطاة بالزجاج في طائراتهم، ويقومون بمناوراتٍ بها في محاولة لإسقاط الطائرات المنافسة.

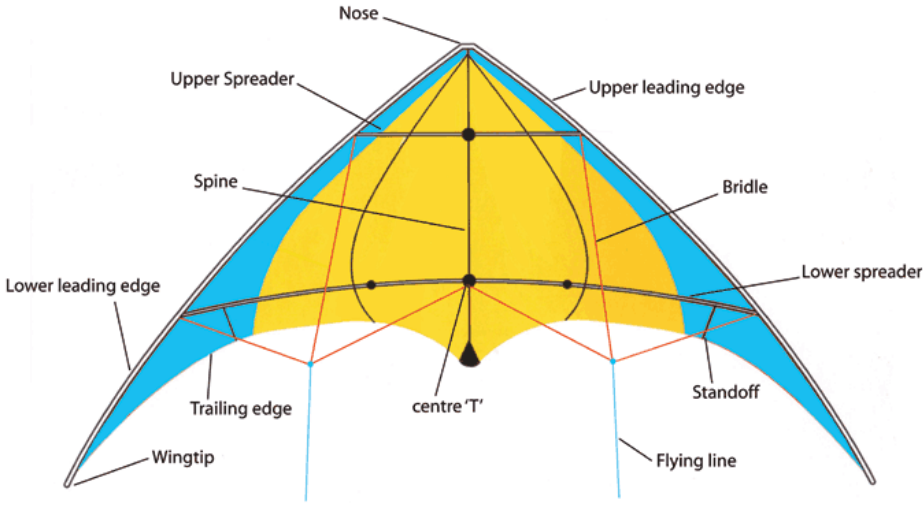
الطائرة الصندوقية: تتكون من وحدات ذات أبعاد ثلاثة، وَتكون جوانبها على شكل مربعات أو مستطيلات أو مثلثات. ويمكن تَجميع الوحدات بالعديد من الطرق التي لا حصر لها. وتتطلب معظم الطائرات الورقية الصندوقية رياحًا قوية منتظمة لكي تَطير. وعندما يتم تطيير عدة طائرات صندوقية معًا باستخدام الخيط نفسه أو في شكل قاطرة، يمكن أن ترفعَ قوة الجذب إنسانًا من على الأرض. وقد اخترع الطائرة الورقية الصندوقية لورنس هارجريف من أستراليا في سنة 1893م.

الطائرة المثلثة: وهي تتخذ شكل مثلث. ويكون لمعظم الطائرات المثلثة جناحٌ صغير من القماش يُسمى الرافدة، يتعامد على السطح المثلث .وتعمل الرافدة عمل اللجام وتتصل بخيط التطيير. ومن السهل بناء الطائرات المثلثة، وهي تطير بسهولة في الريح الخفيفة .

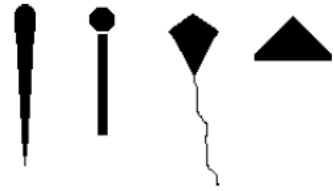
وقد تم تطوير الطائرات الشراعية من أول طائرة ورقية مثلثة، واسمها فلكسي كايت، اخترعها فرانْسيس إم. رُوجَالُو لبرنامج الفضاء للولايات المتحدة في سنة1941 م.

الطائرة المرنة: تتم حياكتها أو لصق أجزائها في تصميم يتخذ شكله من الريح نفسها. ومن أمثلة هذه الطائرة البارافويل التي تشبه المظلة، وتتكون

كلها من نسيج، وليس لها إطار صلب. ويتم اتصال البارافويل بخيط التطيير عن طريق لجام معقد ذي سيقان كثيرة. وقد اخترع الطائرة المرنة دومينا جالبرت من الولايات المتحدة سنة 1963م.



طائرة بخيطين

Kite Style	Examples	
Flat		Snake, Hexagonal, Diamond, Delta
Bowed		Eddy, Edo, Rokkaku
Cellular		Star, Box Kite
Multi-line		Dual-line Stunt Kite, Quad-line Stunt Kite
Fighters & Flexible		Hata, Indian Fighter, Korean Fighter
Figure		Bird, Bat

Soft		Soft Airfoil, Parafoil, Flowform
Stacks and Trains		Single-line train of Kites, Dual-line stack of kites
Others	Many other styles and variations exist!	

تطيير الطائرة الورقية

ينبغي تطيير الطائرات الورقية في أماكن مكشوفة ذات فضاء خالٍ من الإعاقات مثل المتنزهات وحقول المزارع، والشواطئ. ولا ينبغي تطيير الطائرات الورقية في الشوارع العامة، أو في المناطق التي قد تعترض فيها الطائرات الورقية حركة طيران الطائرات العادية، أو على الأرض الوعرة أو الصخرية، أو بالقرب من الأشجار. وفي بعض الدول، تُوجد بعض القيود على الارتفاعات والمسافات الخاصة بتطيير الطائرات الورقية. ففي المملكة المتحدة، مثلاً، يجب عدم تطيير الطائرات على ارتفاع أكثر من 60م. ومن القيود الأخرى عدم تطييرها في نطاق 5كم من أي ميناء جوي.

وَيَنْبغي على ممارسي تطيير الطائرات الورقية اتباع عدة قواعد للسلامة. ومن بينها: عدم تطيير الطائرات في الطقس العاصف أو الممطر لأن الكهرباء الساكنة يمكن أن تنتقل عبر خيط الطائرة وتؤذي ـــ بل وتقتل ـــ الشخص الذي يمسك بخيط الطائرة. ومنها أيضًا: عدم تطيير طائرة ورقية قرب خطوط الكهرباء أو الهوائيات، وعدم استخدام أي معدن في الخيط. ويمكن لممارسي تطيير الطائرات الورقية تجنَّب لسعة ألم الخيط الذي ينتج عن سحب خيط الطائرة بسرعة كبيرة خلال الأصابع، وذلك بارتداء قفازات.

وقبل تطيير الطائرة الورقية تأكّد من أن الطائرة قد تم تجميعها بشكل مناسب. خذ معك أيضًا إمدادات إضافية، مثل مواد لصنع الذيل، وخيط، ولَفافة للخيط.

وتحتاج بعض الطائرات الورقية إلى نسيم خفيف فقط سرعته 5 أو 6كم في الساعة لكي تطير. وتتطلب طائرات أخرى سرعات رياح أكثر من 16كم في الساعة. ويمكنك أن تحكم على الريح من حركة أغصان الأشجار. وتُعدّ سرعة الريح التي تبلغ 40كم في الساعة سرعة أقوى من أن تتحملها معظم الطائرات الورقية.

يتيح وجود شخصين ــ المُطْلِق والمُطَيِّر ــ أيسر طريقة لتطـــيير الطـــائرة الورقية، إذ يقوم المُطْلِق بالسير بالطائرة بعيدًا عن المطّير إلى مســـافة 15م في الأقل .وينبغي أن تكون الريح في اتجاه ظهر المُطَيّر، وفي وجه المُطْلِق. وبعـــد جذب الخيط بحيث لا يكون هناك تراخ فيه، يشير المُطيّر إلى المُطْلِـــق لكـــي يطلق الطائرة. فإذا كان كل شيء سليمًا، فإن الطـــائرة الورقيـــة ســـترتفع بسهولة إلى السماء. وينبغي أن يحافظ المُطَيِّر على قوة الشد في الخيط ويسمح للخيط بالانسياب في سلاسة.

وإذا انخفضت سرعة الرياح فإن الجذب المتكرر للخيط ســـوف يـــدفع الطائرة عاليًا إلى نسمات أعلى تكون عادة أكثر استقرارًا. ولا يحتاج المُطيِّـــر إلى أن يجري بالطائرة الورقية إذا كانت هناك ريح كافية. أمـــا إذا بـــدأت الطائرة تسقط، فإن على المُطيِّر أن يرخي الخيط. وهذا يساعد الطائرة علـــى أن تستعيد اتزانها ويمنعها من السقوط والاصطدام بالأرض. وعندما يكـــون المُطَيِّر مستعدًا لإنزال الطائرة، ينبغي أن يسير في اتجاه الطائرة بينما يجـــذب الخيط ناحيته، ثم يقوم بلف الخيط على اللفافة.

استخدامات الطائرات الورقية :

استخدمت الطائرات الورقية فى بعض الاحيان لنقل البشـــر ، و هنـــاك الاستخدامات العسكرية مثل استخدامها فى الاشارة و فى نقل الـــذخيرة و

للإستطلاع و فى التصوير الجوى و لرفع هوائى الاتصالات و أيضا كهدف مضاد للطائرات .و للطائرات الورقية تاريخ فى استخدامها فى الارصاد الجوية .يتم استخدامها ايضا فى سحب الاشخاص و البضائع فى اتجاه الـــريح . و هناك أبحاث مهمة عن استخدام هذه الطائرات فى تيـــارات الريـــاح علـــى ارتفاعات عالية لتوليد الطاقة .

المواد المستخدمة فى صناعة الخيوط :

القطن ، الدكرون ،الدينيما ، القنب ، الكيفلر ، المنجا وهى كلمة هندية تشير الى مسحوق زجاجى يغطى الطائرة وخيوطها، النايلون والبولســـتر والحرير الصناعي والحرير والبولى إيثيلين .