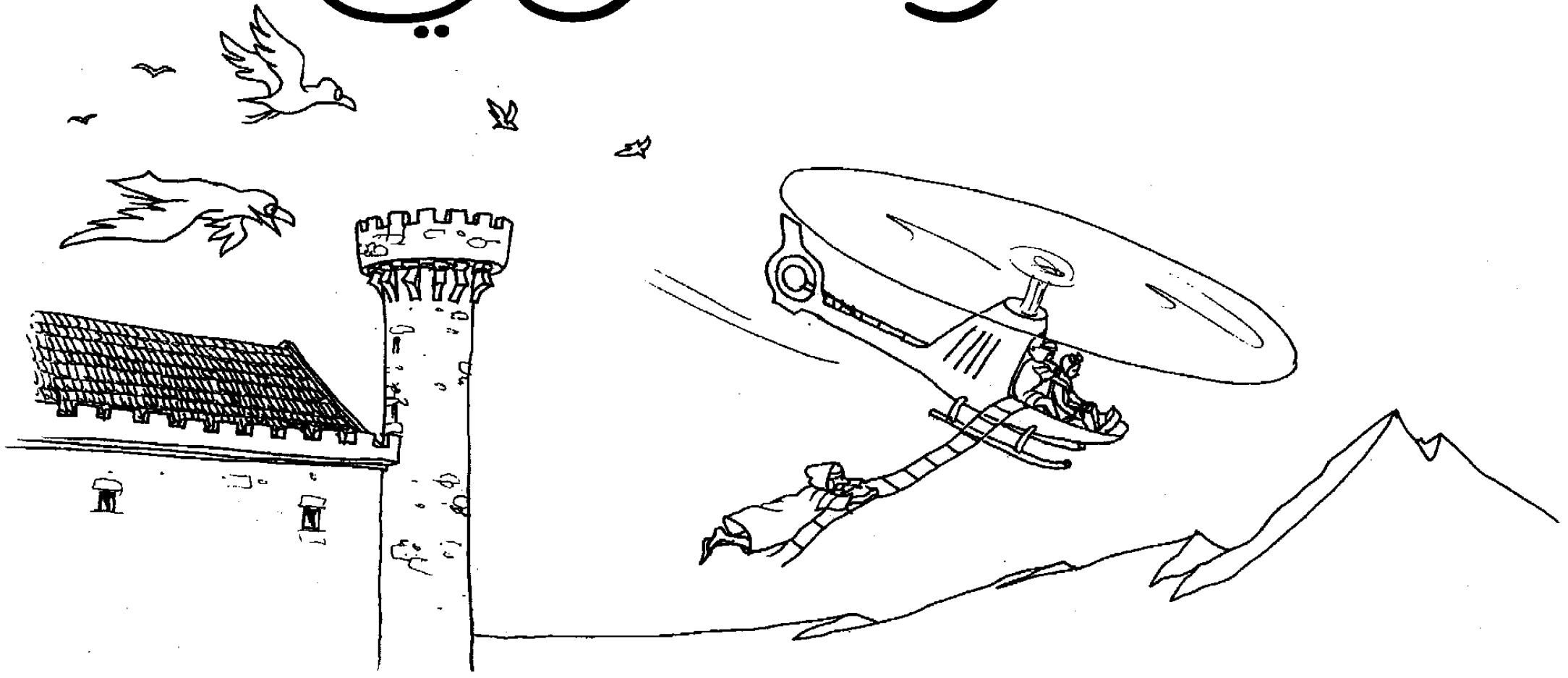
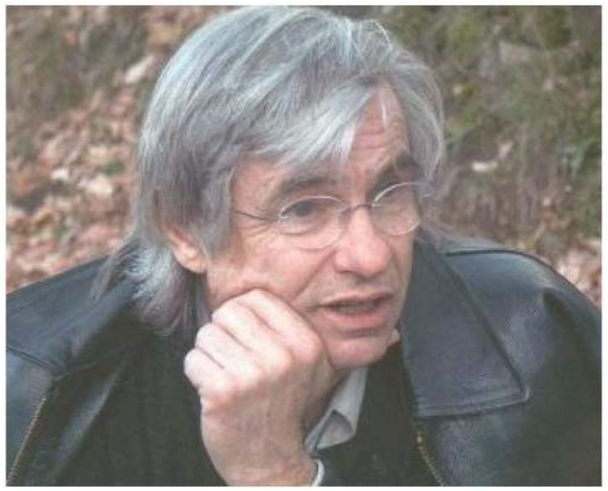
متعة الطيران العمودي

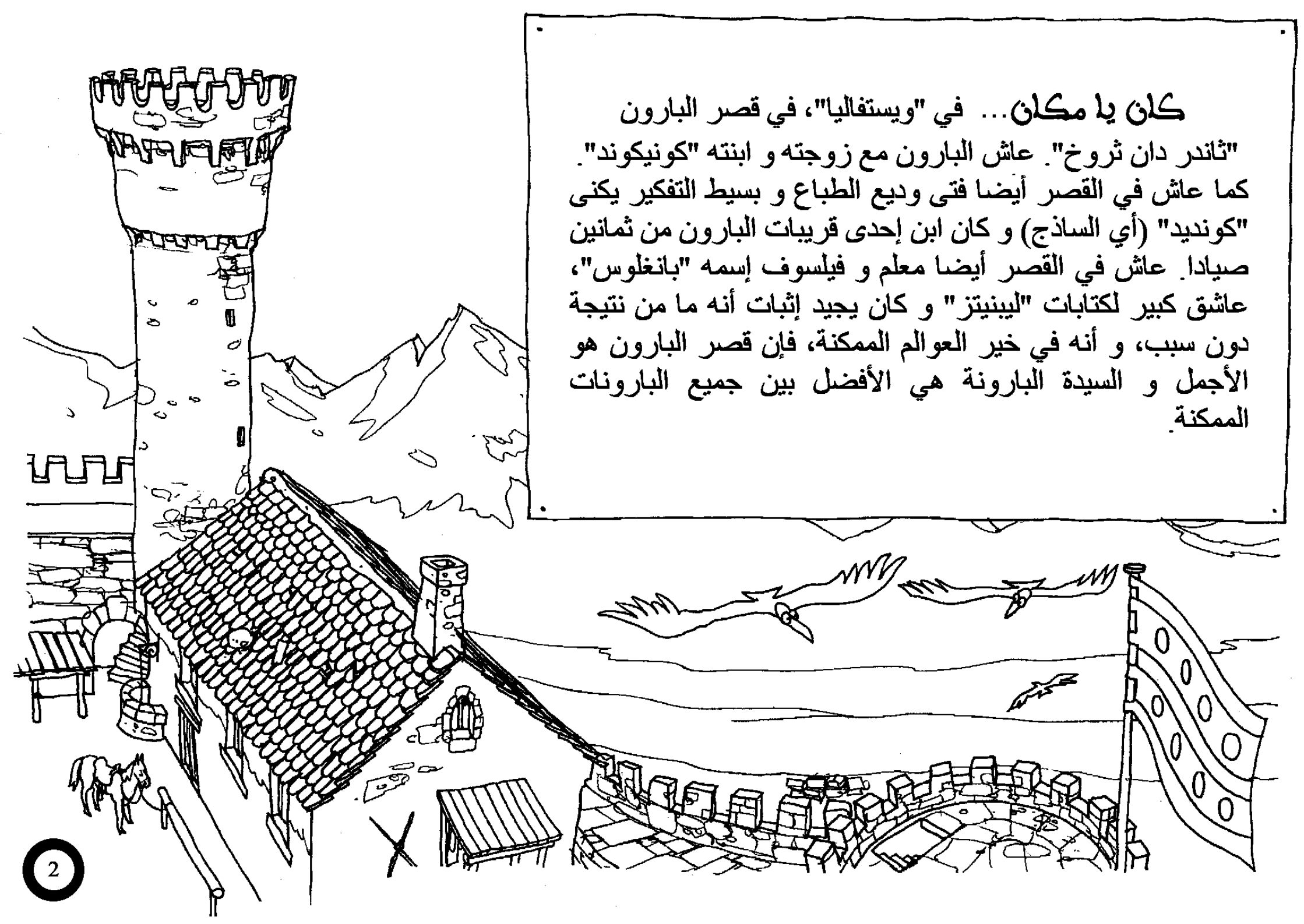


تأليف: جين بيير بوتي
ترجمة: محمد القضاوي



المؤلف: "جين بيير بوتي"، عالم الفيزياء الفلكية والمدير السابق للمركز الوطني للبحث العلمي (1)، ورئيس جمعية "معرفة بلا حدود"(2)، مبتكر نوع جديد من الرسوم المصورة، ذات التوجه العلمي.

(1) Centre national de la recherche scientifique
(2) www.savoir-sans-frontieres.com



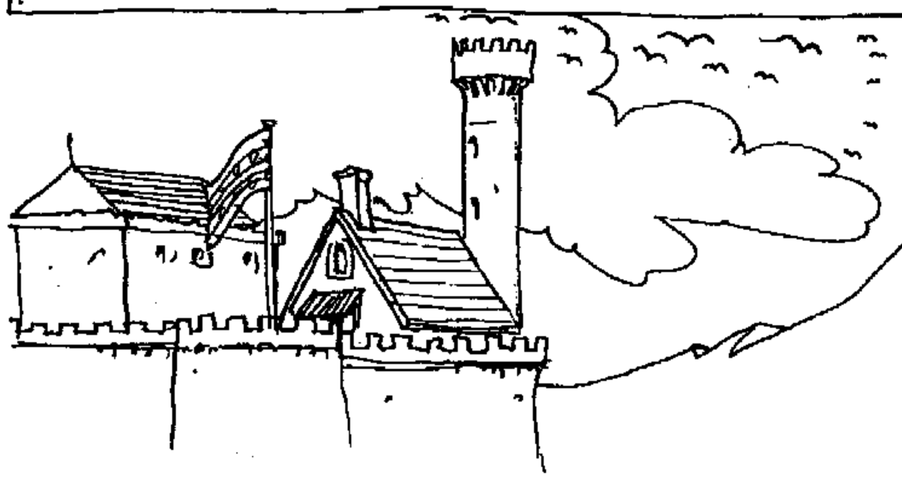
كان يا مكان... في "ويستفاليا"، في قصر البارون "ثاندر دان ثروخ". عاش البارون مع زوجته و ابنته "كونيكوند". كما عاش في القصر أيضا فتى وديع الطباع و بسيط التفكير يكنى "كونديد" (أي الساذج) و كان ابن إحدى قريبات البارون من ثمانين صيادا. عاش في القصر أيضا معلم و فيلسوف إسمه "بانغلوس"، عاشق كبير لكتابات "ليبنيتز" و كان يجيد إثبات أنه ما من نتيجة دون سبب، و أنه في خير العوالم الممكنة، فإن قصر البارون هو الأجمل و السيدة البارونة هي الأفضل بين جميع البارونات الممكنة.

رفض البارون زواج "كونديد"
من ابنته الآنسة "كونيكوند"

لأنه لم يحصل على درجات
النسب الكافية و لأن باقي
الأفراد في شجرة عائلته قد
أفلستهم نكبات الزمن.
ولأنه تجرأ على الإقتراب من
الآنسة "كونيكوند"...

طرد البارون "كونديد" من القصر حيث ركله على قفاه.

بينما صفعت البارونة "كونيكوند" و حجزتها في غرفة
صغيرة في أعلى برج مراقبة القلعة.



وهكذا عم الاضطراب في أجمل القصور الممكنة و أروعها.

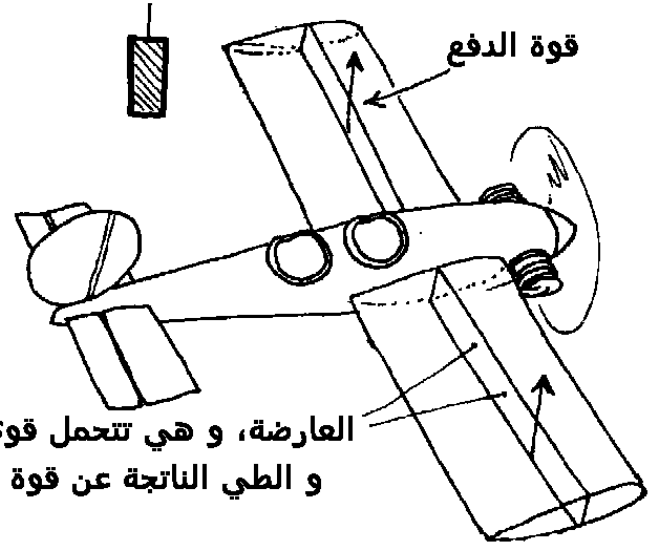
ها هو العاشق الذي طرده حماه المستقبلي.
آه، المعلم "بانغلوس"، لقد أصبحت أتعس الناس. فالبارون يحتجز ابنته في برج القلعة. أما البارونة فقد منحتها سرير نوم حاف حتى لا تصنع حبل من القماش يمكنها من الهرب.
نحن مستعدان للهرب إلى أي مكان ولكن كيف السبيل لتخليص "كونيكوند" من سجنها؟ هل علي أن أتحول إلى طائر؟
أعتقد أنه يمكنني مساعدتك.
فأنا أمتلك جهازا يستطيع التحليق: طائرة.
كم تحتاج من المسافة لتهبط؟
حوالي 150 متر.
ليس هذا ما أحتاجه. فسطح برج القلعة، حيث تحتجز "كونيكوند"، ضيق وصغير جدا.
(*) لمعرفة كيف تطير الطائرة المرجو مراجعة ألبوم "لنحلق معا"

أعتقد أنني أستطيع تقليص مسافة الهبوط بتنفيذ اقتراب بسرعة منخفضة. القوة الدافعة للجناح متناسبة مع زاوية انحناءه (α). و عندما أرفع مقدمة الطائرة قليلا فسأتمكن من السير بشكل أبطأ حتما.

إنها تشبه سهام الرافعات

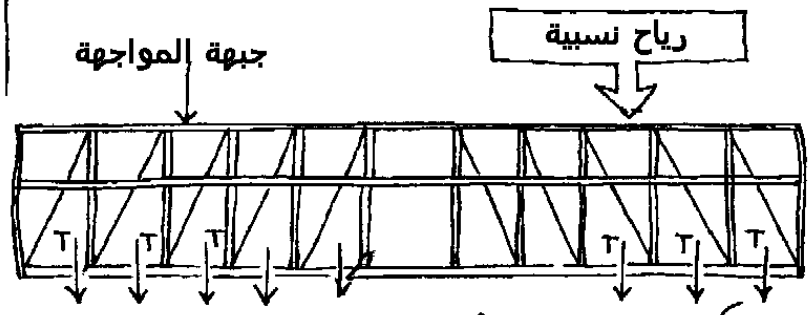
يظهر دور هذه القضبان عند الجر

الوزن

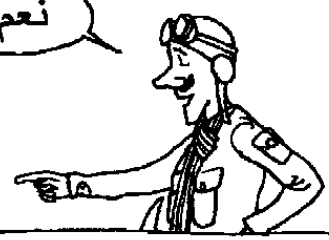


العارضة، و هي تتحمل قوى الانثناء و الطي الناتجة عن قوة الدفع.

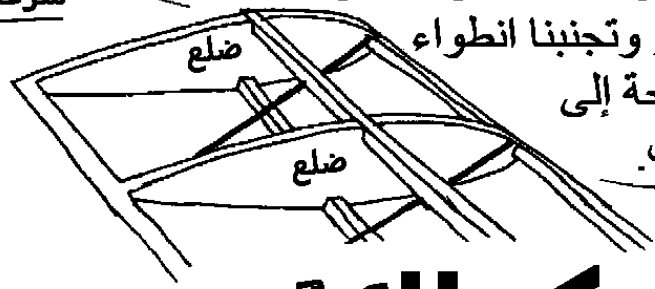
هذا الجناح إذا هو ما يسمح لك بالبقاء في الجو.

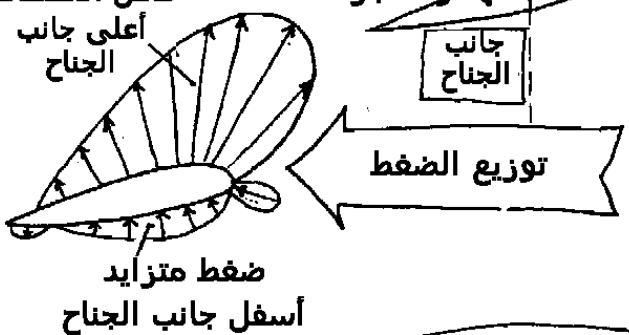


نعم

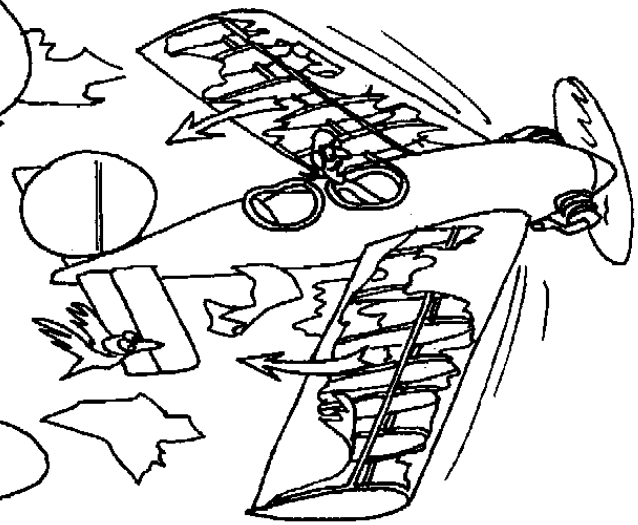


جهزت الطائرة بأسلاك وحبال للتعزيز ستتحمل قوة المقاومة والجر وتجنبنا انطواء الأجنحة إلى الخلف.





كراك!



يا سيدي، بدون هذه الأسلاك المقاومة ستنكسر الأجنحة.

إحتياطات حكيمة.

حسنا، سنرى الآن كيف سنبطئ السرعة عن طريق رفع مقدمة الطائرة.

سأسحب ذراع القيادة.

كراااك !

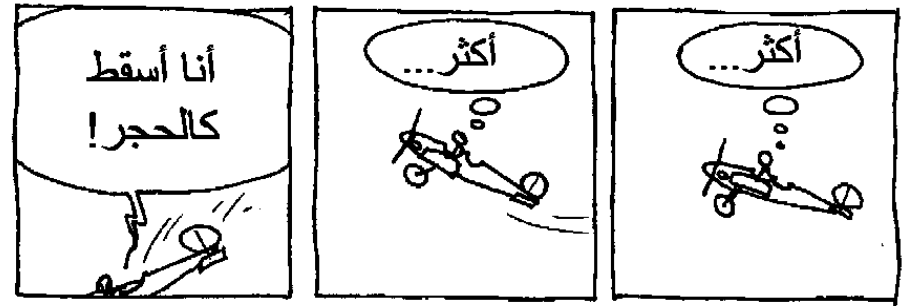
!!!

انكسرت الأجنحة فجأة!
لقد إنثنت نحو الأمام.

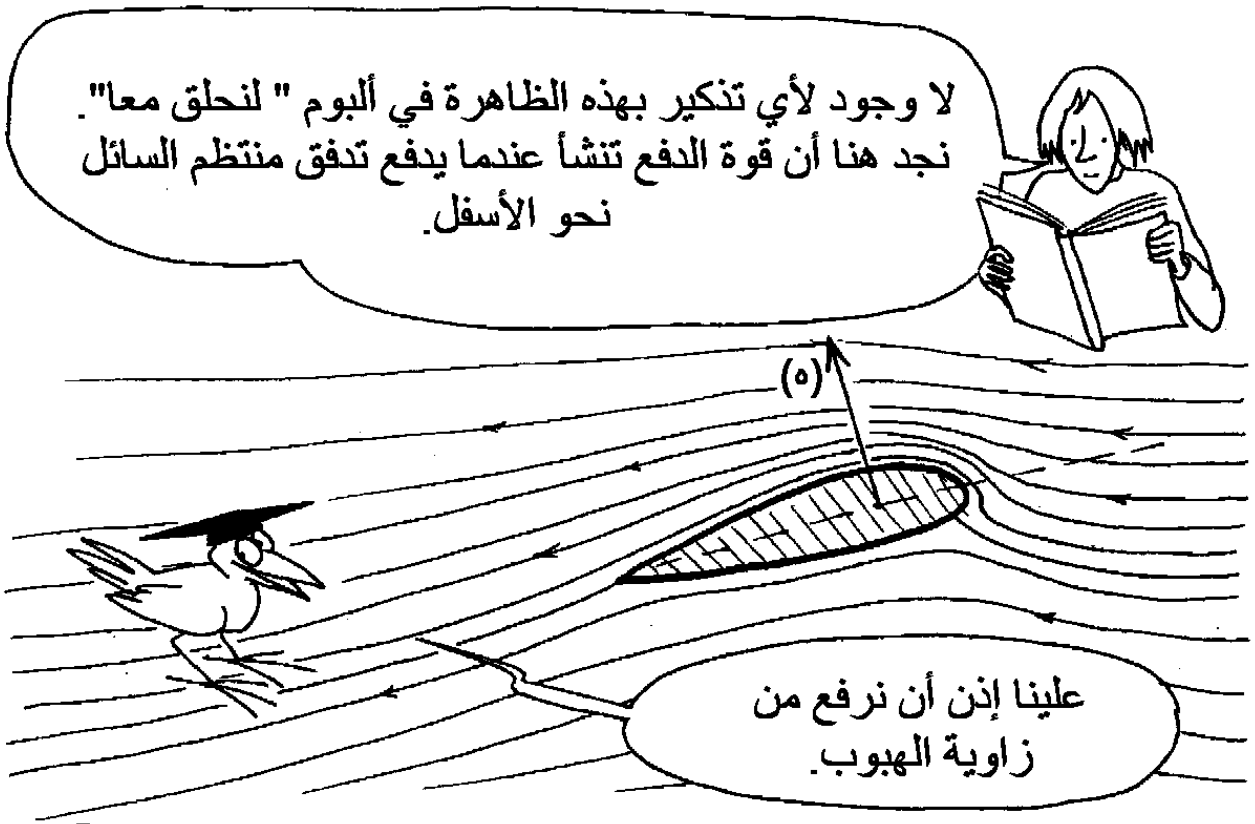
حسنا، لقد صححت المشكل. سلسة الأسلاك الجديدة هذه ستمنع الأجنحة من الإنطواء نحو الأمام.

الطائرة معززة الآن بشكل سليم.
سأرفع مقدمة الطائرة بشكل تدريجي.

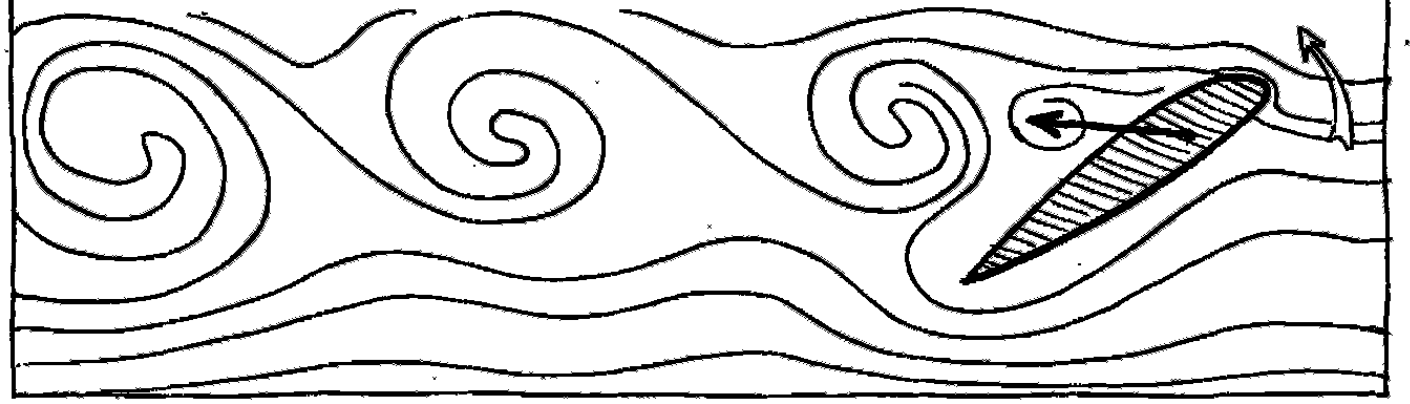
لا مجال للخطإ الآن، يجب أن ترتفع مقدمة الطائرة.

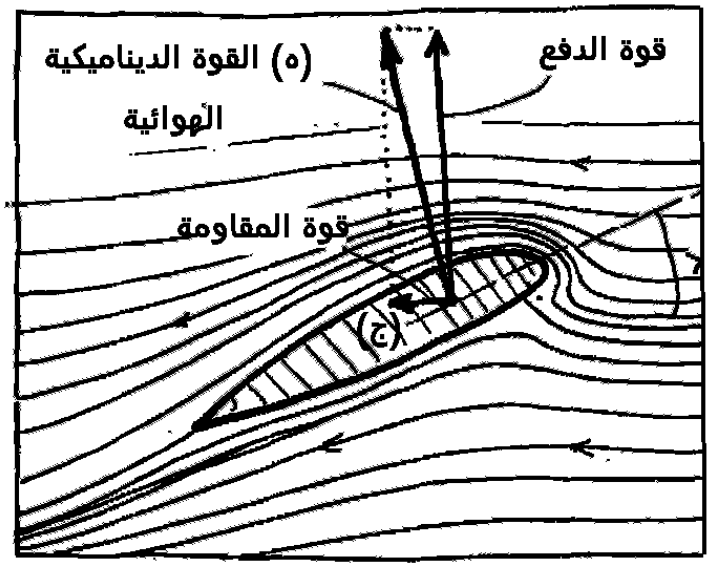


الإنكسار الهوائي

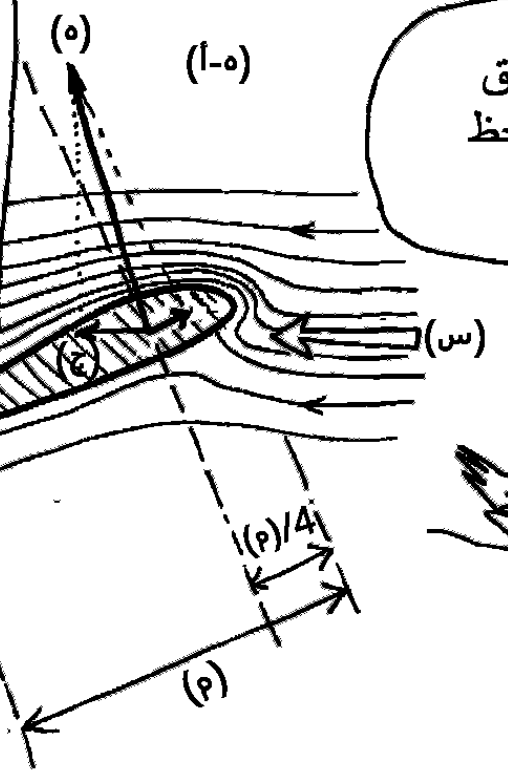


عند زاوية هبوب معينة، تنفصل خيوط السائل عن جانب الجناح. وهكذا ينشأ نظام دوامات متعاقبة شديدة الإضطراب وتزداد شدة قوة المقاومة بشكل كبير بينما تختفي قوة الدفع.





عندما أنظر إلى الرسم البياني للتدفق الخاص بزوايا الهبوب الكبيرة، ألاحظ شيئا مهما للغاية.



عندما نسقط ناتج القوة الديناميكية الهوائية (ه)، التي تطبق عند ربع طول حبل الجناح، نجد عنصرا موجها ناحية مقدمة جانب الجناح.

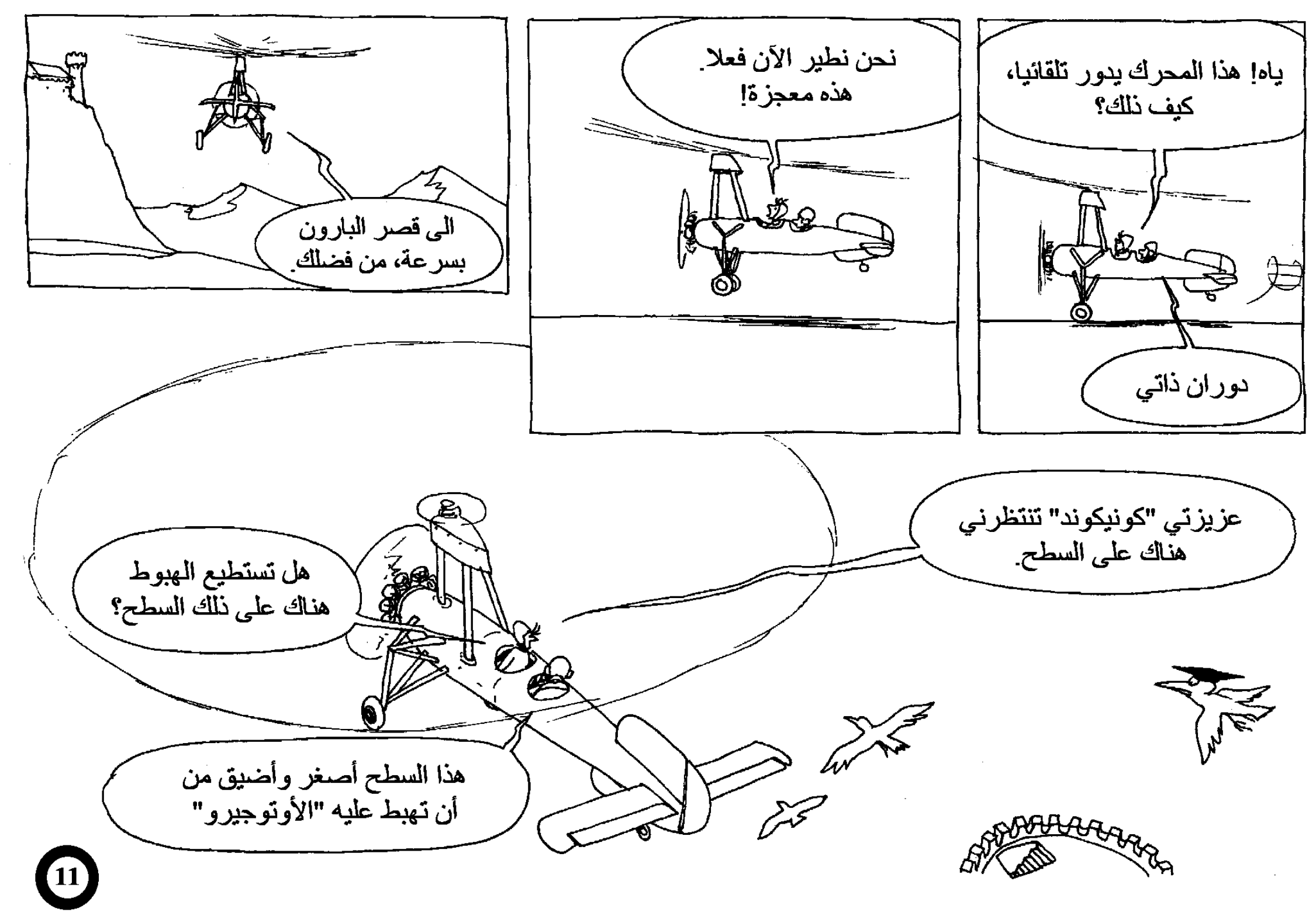
وهذه هي القوة المسؤولة عن ثني و طي جناح طائرة صديقنا الشجاع.

في هذا الوقت، كانت "كونيكوند" تكتب الرسالة تلو الأخرى إلى "كونديد".

ولكن رسائلها كانت حارقة جدا إلى درجة أنها كانت تتفحم قبل الوصول إلى الأرض.

الأوتوجيرو (*)

ترجمة حرفية للكلمة اللاتينية "Autogyro" و معناها الدوار التلقائي (*)


ياه! هذا المحرك يدور تلقائيا، كيف ذلك؟
دوران ذاتي
نحن نطير الآن فعلا. هذه معجزة!
الى قصر البارون بسرعة، من فضلك.
عزيزتي "كونيكوند" تنتظرني هناك على السطح.
هل تستطيع الهبوط هناك على ذلك السطح؟
هذا السطح أصغر وأضيق من أن تهبط عليه "الأوتوجيرو"

آه يا سيد "بانغلوس"، لقد حلقت فوق برج قلعة البارون، حيث تحتجز "كونيكوند"، وذلك بواسطة آلة السيد "لاسييرفا" الرائعة

هل هو من يقلع من جديد، هناك؟

آه، يا ربي! إنه يحمل معه كل أسرار آلته. ترى ما سر هذه القوة الغامضة التي تجعل دواره يدور؟

التفسير بسيط للغاية: الدوار صنع ليدور. إذن فقد وهب ميزة الدوران فهو يدور. فما من نتيجة دون سبب.

تفسيرك منطقي يا سيدي. ولكنني أريد أن أعرف أكثر...

مذا يفعل "كونديد" ؟

أعتقد أنه سيعيد تركيب المروحة التي استطاع من خلالها السيد "لاسييرفا" اكتشاف سبب هذه الظاهرة المذهلة.

شفرة المروحة محرفة قليلا وبشكل ايجابي بالنسبة لاتجاه لتدفق الهواء.

2°

(س)

+2°

لقد أعدت تركيب دوار السيد "دو لا سييرفا". انحناء شفرات المروحات هو درجتين أو أكثر قليلا.

بالإضافة إلى قناة هوائية عمودية وشبكة تهدئة تنفث دخانا.

سأعرض المروحة لتيار هوائي صاعد.

الدوار ساكن! إنه يحدث دوامة أثر قوية فقط.

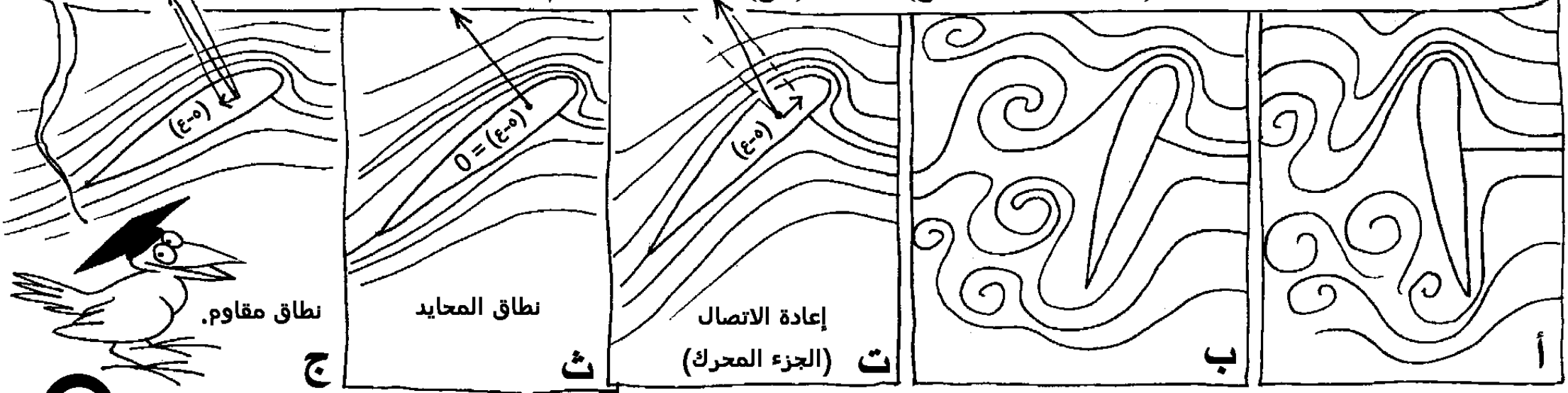
سأدير الدوار.

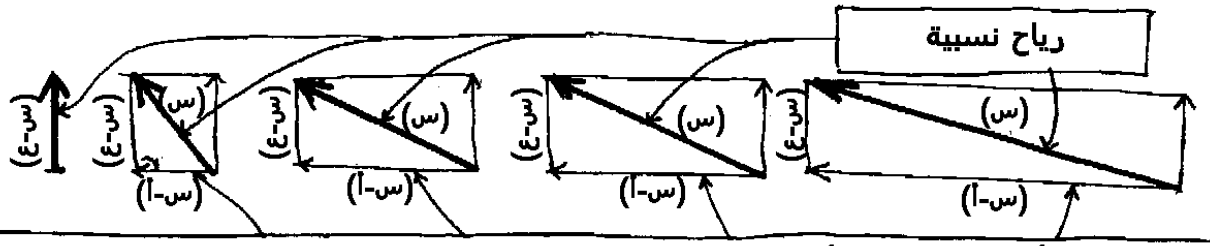
لقد نجحت، إنه يدور تلقائيا. لا أفهم لمذا ولكني أعترف أن...

... هذا الأمر عجيب وسحري.

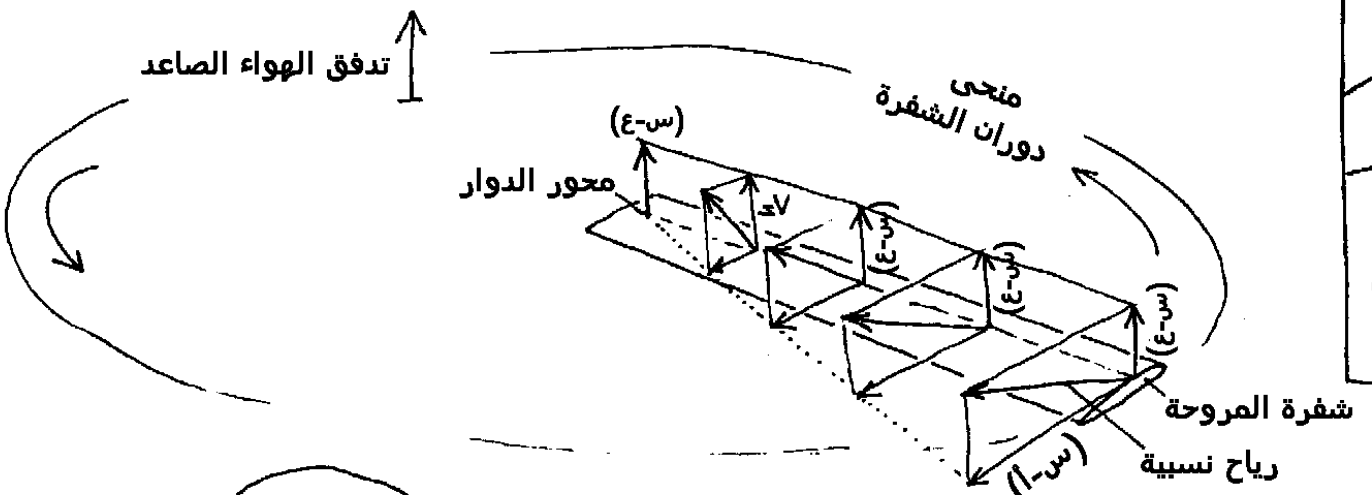
دوران تلقائي

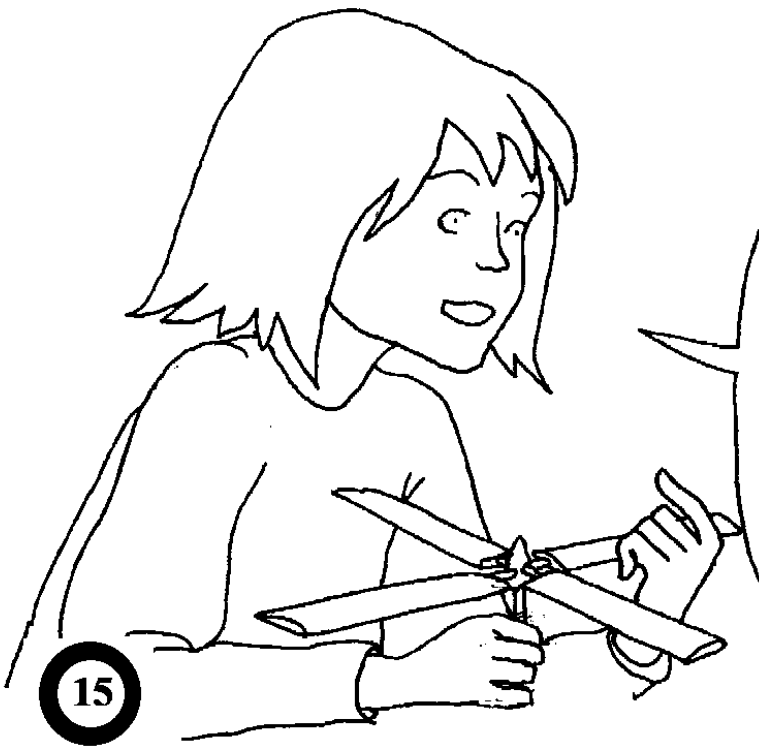
عندما يتناقص انحناء شفرة المروحة، بالنسبة لاتجاه **هبوب الرياح**، يعاود التدفق إتصاله و تعلقه من جديد (الصورة ت). القوة الديناميكية الهوائية (العنصر (ه-ع)) يدفع الشفرة نحو الأمام بشكل طفيف. في (الصورة ث)، تختفي و تنعدم هذه القوة و بعد ذلك مباشرة ينعكس منحاها (نحو الخلف، صورة ج). العنصر(ه-ع) يفرمل إذن و يقاوم حركة الشفرة.





(س-أ): العنصر الأفقي للسرعة النسبية (س) الناتجة عن دوران الشفرة.

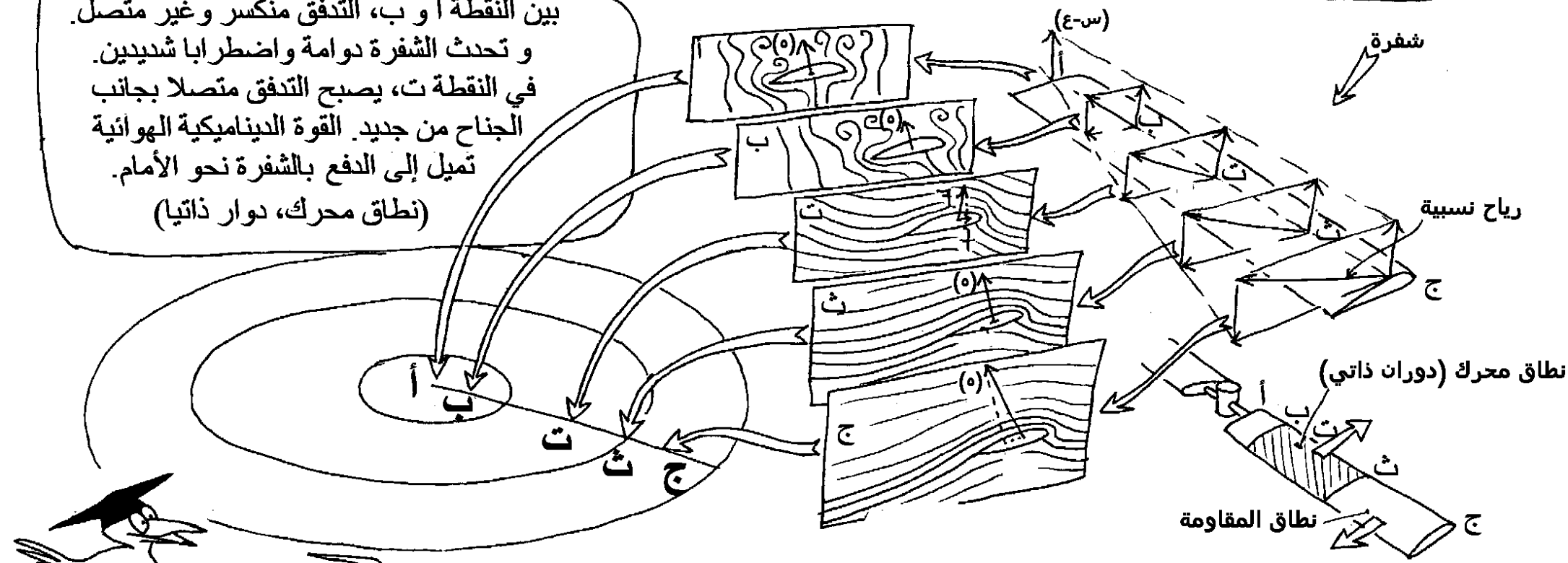




يتعرض الدوار لتدفق هوائي صاعد ذو سرعة (س). تندمج (س) مع السرعة التي تسببها حركة دوران الشفرة (س-أ)، هذه السرعة متناسبة مع البعد و المسافة عن المحور. يؤدي هذا إلى احداث **رياح نسبية**، تتميز بدرجة انحناء أكبر كلما ابتعدنا عن المحور. في نفس الوقت تزداد هذه السرعة من المحور إلى المحيط

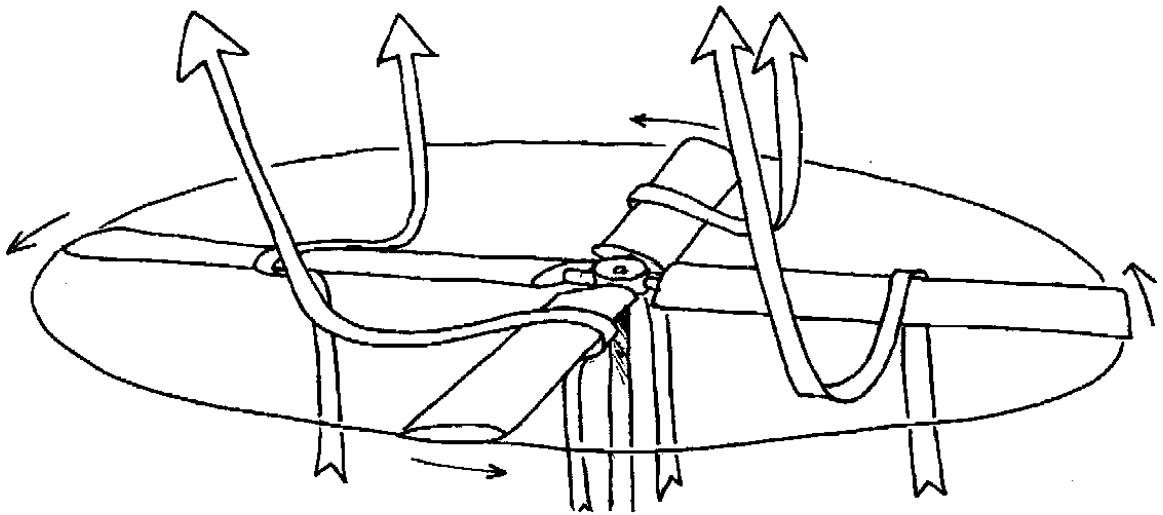
يترتب عن طريقة هبوب الرياح على الشفرة تدفقات متباينة. من أجل توضيح ذلك، لقد استخدمت انبوبا رفيعا، يصدر دخانا، ومثبت جيدا على الشفرة التي تدور.

بين النقطة أ و ب، التدفق منكسر وغير متصل. و تحدث الشفرة دوامة واضطرابا شديدين. في النقطة ت، يصبح التدفق متصلا بجانب الجناح من جديد. القوة الديناميكية الهوائية تميل إلى الدفع بالشفرة نحو الأمام. (نطاق محرك، دوار ذاتيا)

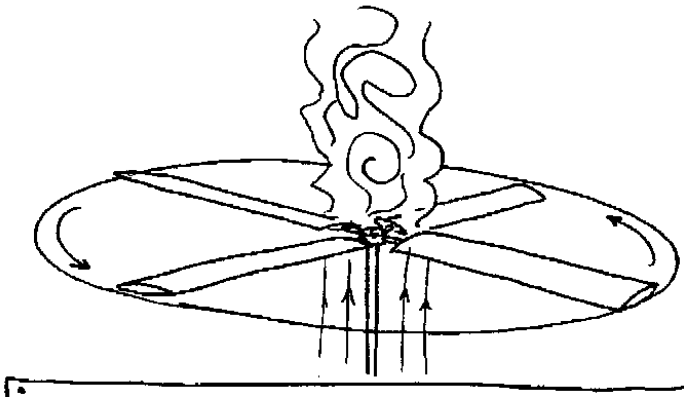


قام "خوان دو لا سييرفا" بكل هذه التجارب.

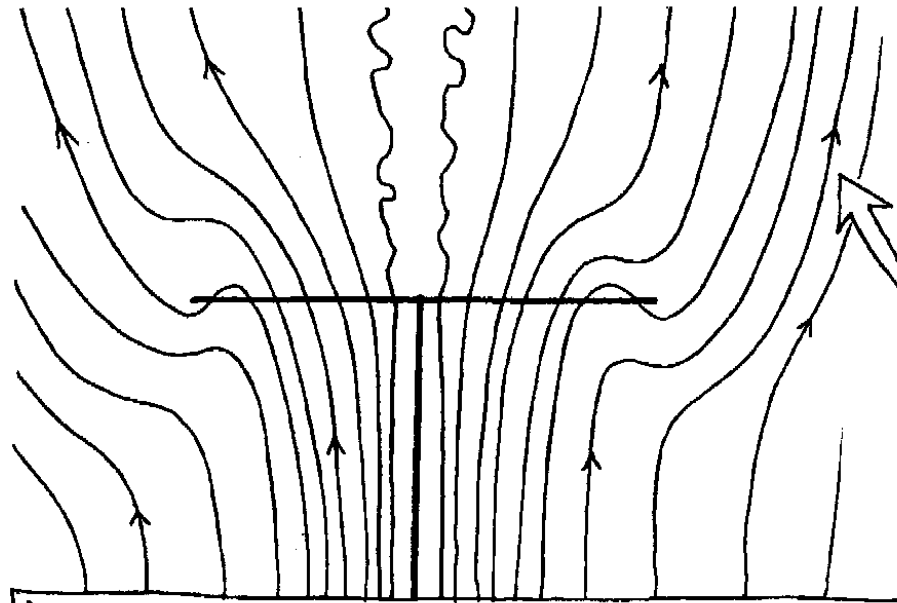
في النقطة ج، تميل القوة الديناميكية الهوائية، ذات المنحى الموجه نحو الأعلى دائما، إلى فرملة حركة الشفرة. الصورة ث تمثل الحالة أو الوضع الأقصى (ه = 0). في نظام الدوران الذاتي هذا، الجزء الرمادي للشفرة محرك، بينما أقصى طرفها يتم جره. وهكذا ينشأ نظام مستقر ذاتيا.



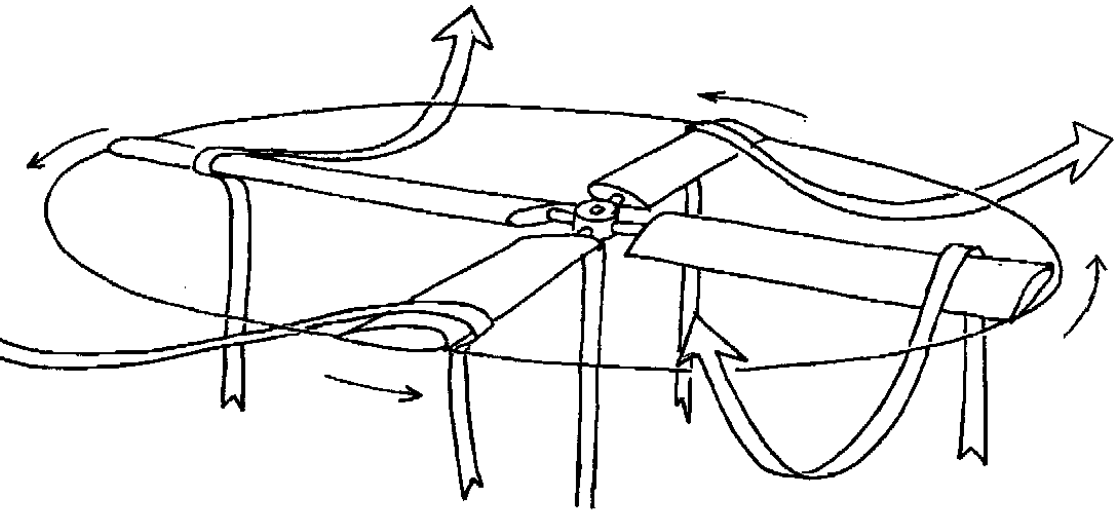
هنا، يتصل التدفق بجانب الجناح



تتشكل دوامة أثر مضطربة فوق المنطقة الوسطى (تدفق منكسر ومتقطع)



وهذا يعطي للتدفق العام هذه الهيئة الغريبة أعلاه.

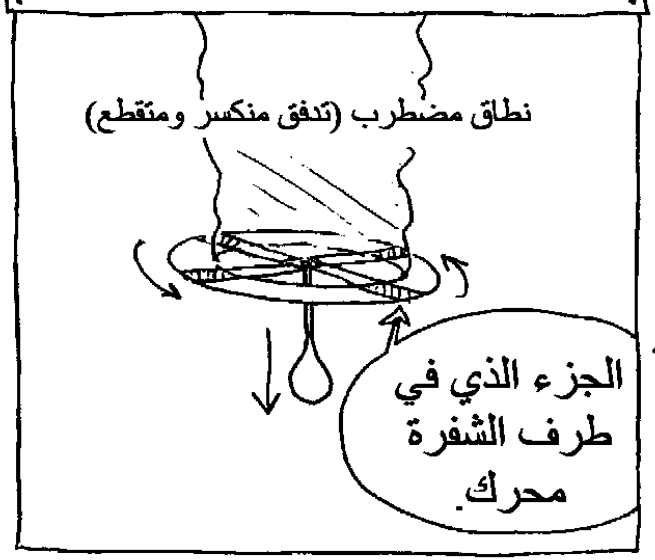


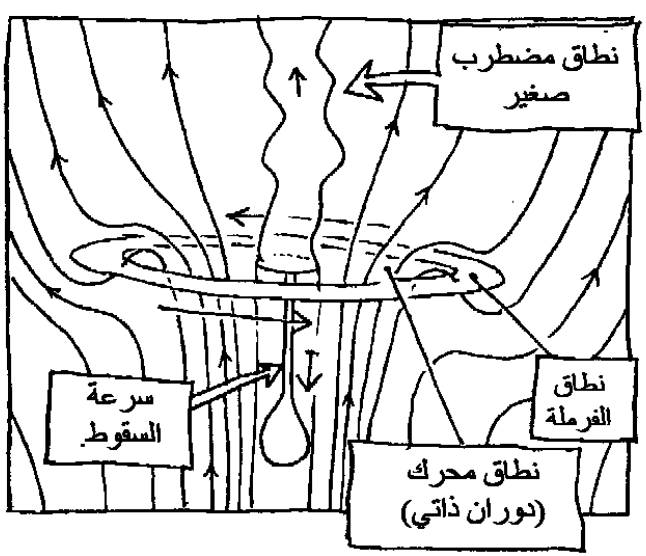
عند طرف الشفرة، الدفع الذي تم توصيله إلى كتلة الهواء، موجه نحو الأسفل (السرعة المستحثة)، كاف للدفع بهذا الهواء خارج القرص الذي تكتسحه شفرات الدوار.

أنظر أيها المعلم "بانغلوس"، سألقي بهذا النموذج المصغر عبر النافذة، بعد أن أمنح دواره عزما صغيرا.

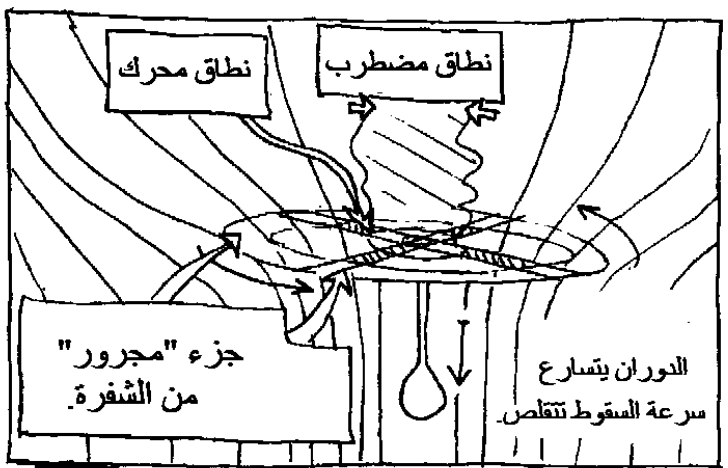
صغيرا... بالنسبة لمذا؟

حتى يدور طرف الدوار بسرعة كافية تسمح للتدفق أن يكون مستمرا ومتصلا من جديد. وهكذا سيصبح دافعا ومحركا وسيتسارع الدوران.





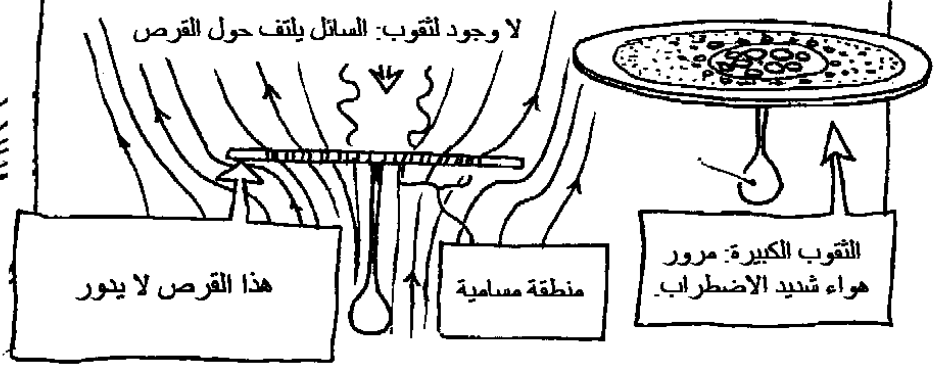
يتقلص النطاق المضطرب (المقاوم) كلما إزدادت سرعة الدوران. ستظهر إذن عند طرف الشرفة قوة مقاومة.



سرعة الدوران تستقر عندما يتوازن العزمان. نحصل إذن على نظام دوران تلقائي بشكل كامل وتصبح سرعة الهبوط (أو السقوط) متناهية الصغر.

سنحصل على تدفق مماثل لو ألقينا قرصا لا يدور وبه ثقوب (اقطارها تتناقص من المركز نحو الطرف)، ستحدث مناطق ذات مسامية مختلفة.

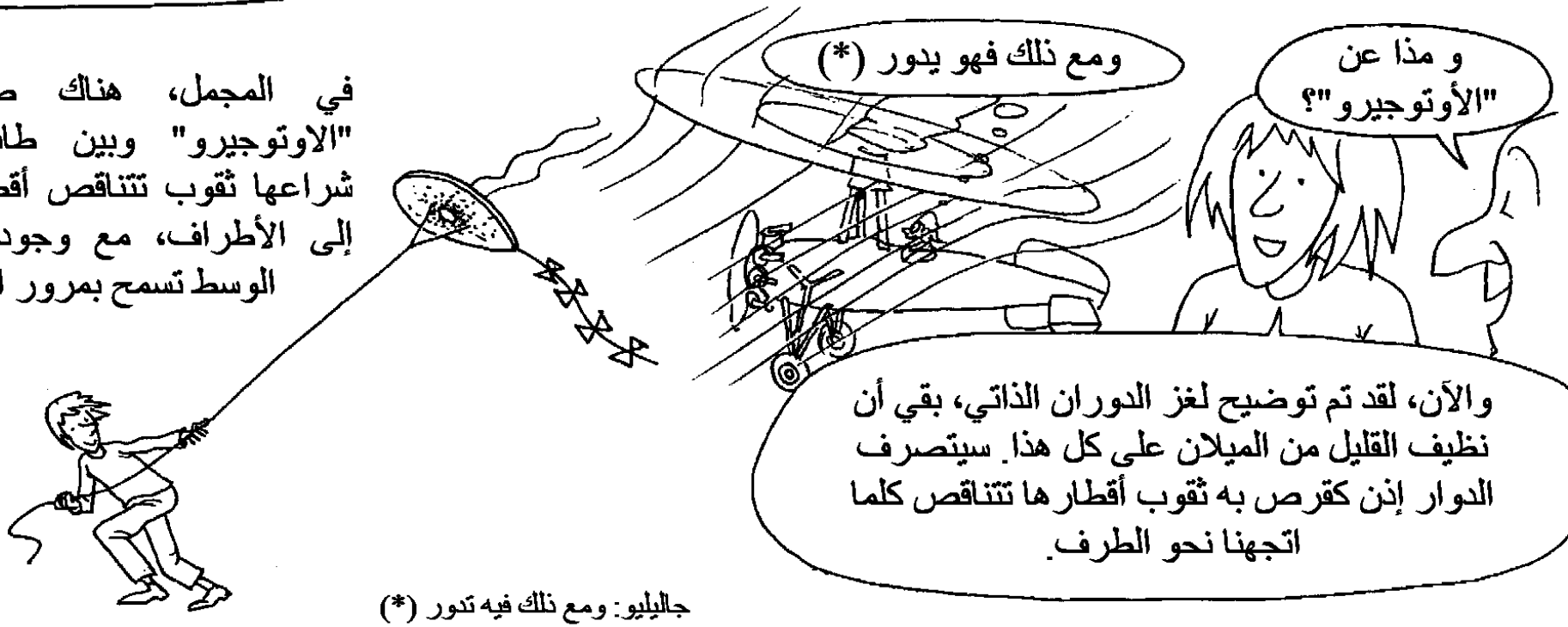
الإدارة



مذا سيحصل لو لم تمنح الدوار دفعة دوران أولية كافية؟

في هذه الحالة، لن تكون السرعة عند أطراف الشفرات كافية حتى يكون التدفق متصلا بجانب الجناح. و بالتالي فلن تكون هناك لا قوة دافعة و لا حالة دوران تلقائي: سيسقط النموذج كالحجر.

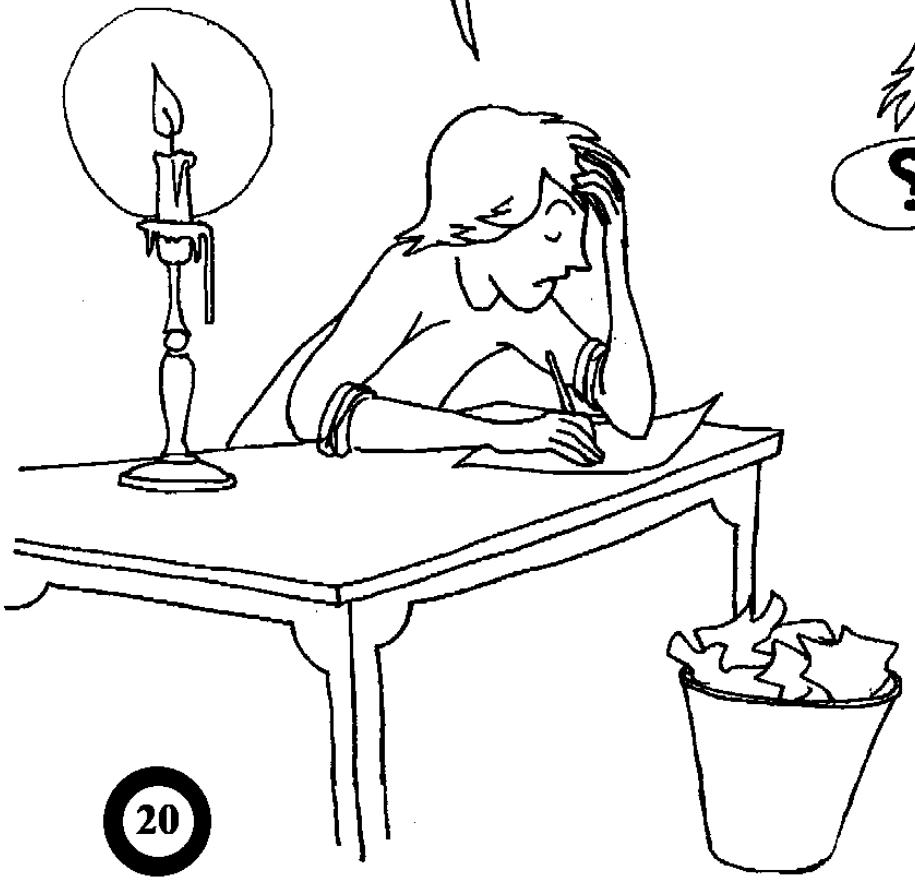
لقد فكرت لوهلة بأن هذا الجهاز قد يساعد الآنسة " كونيكوند" على الهرب من سجنها. ولكن الأمر ليس بهذه السهولة.

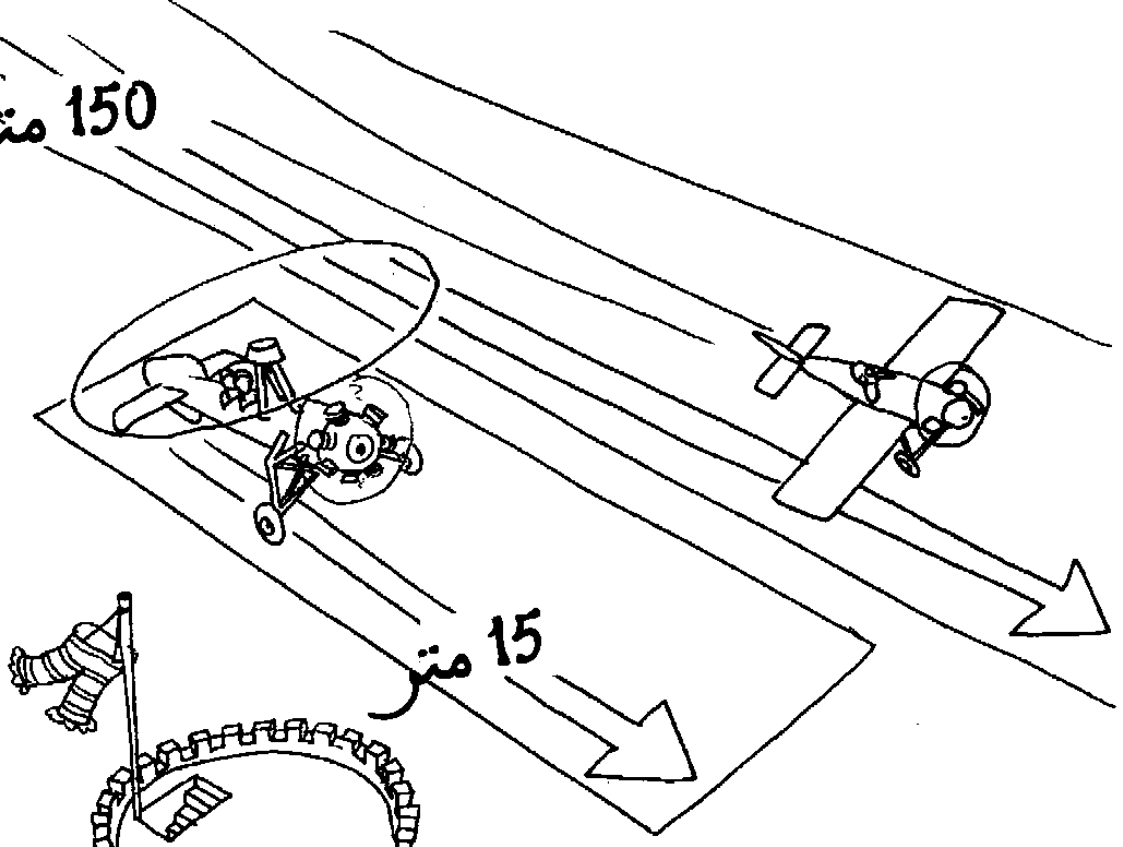


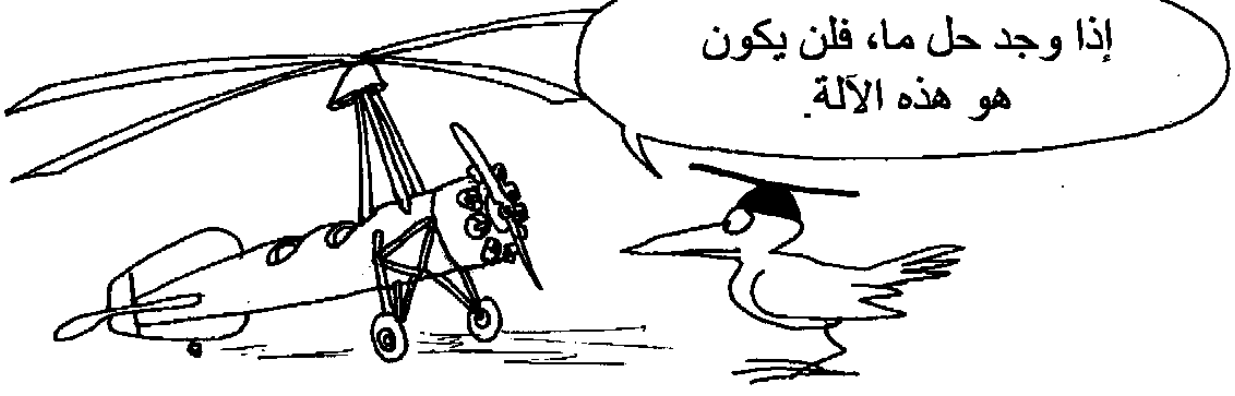
في المجمل، هناك صلة قرابة بين "الاوتوجيرو" وبين طائرة ورقية، في شراعها ثقوب تتناقص أقطارها من المركز إلى الأطراف، مع وجود فتحة كبيرة في الوسط تسمح بمرور الهواء المضطرب.

جاليليو: ومع ذلك فيه تدور (*)

ملخص الحكاية:
تحتاج الطائرة لمسافة 150 متر للهبوط. بينما "الأوتوجيرو" بحاجة ل 15 متر. ولكن سطح برج القلعة ضيق جدا، وللهبوط به علي أن أقوم بعملية نزول عمودية تماما. ترى، ما هي الآلة الطائرة التي ستمكنني من تحقيق ذلك؟







تعال بسرعة، تجري أحداث غريبة في البرج.
مذا؟ مذا يحصل هنا من جديد؟
أعتقد أن "كونيكوند" تكسر كل شيء أمامها.
انتبه! أنت تمشي فوق حاشية فستاني.
ولكن، لمذا ترتدين فساتين طويلة جدا.
يا عزيزي، ألم تسمع يوما عن الموضة؟
أريد أن أتزوج "كونديد".

لن يحصل ذلك أبدا!
لن تتزوج ابنتي رجلا من عامة الشعب.

ولكن "كونديد" ليس من عامة الشعب. إنه ابن أحد أقربائك.
و ثمانين صيادا...
على الأقل واحد منهم.

ولكن يا أبي، لقد كان كل هؤلاء الصيادين محترمين

همم... من أجل الديبلوماسية، سأرجع الى هنا مرة أخرى.

أعتقد أن ربان تلك الطائرة لم يكن مخطئا عندما حاول أن يرفع مقدمة طائرته قليلا. كان من الأفضل أن يحول المروحة المحركة (الناقلة) إلى جهاز رفع. مهلا، لم لا أتخلص من الجناحين نهائيا.

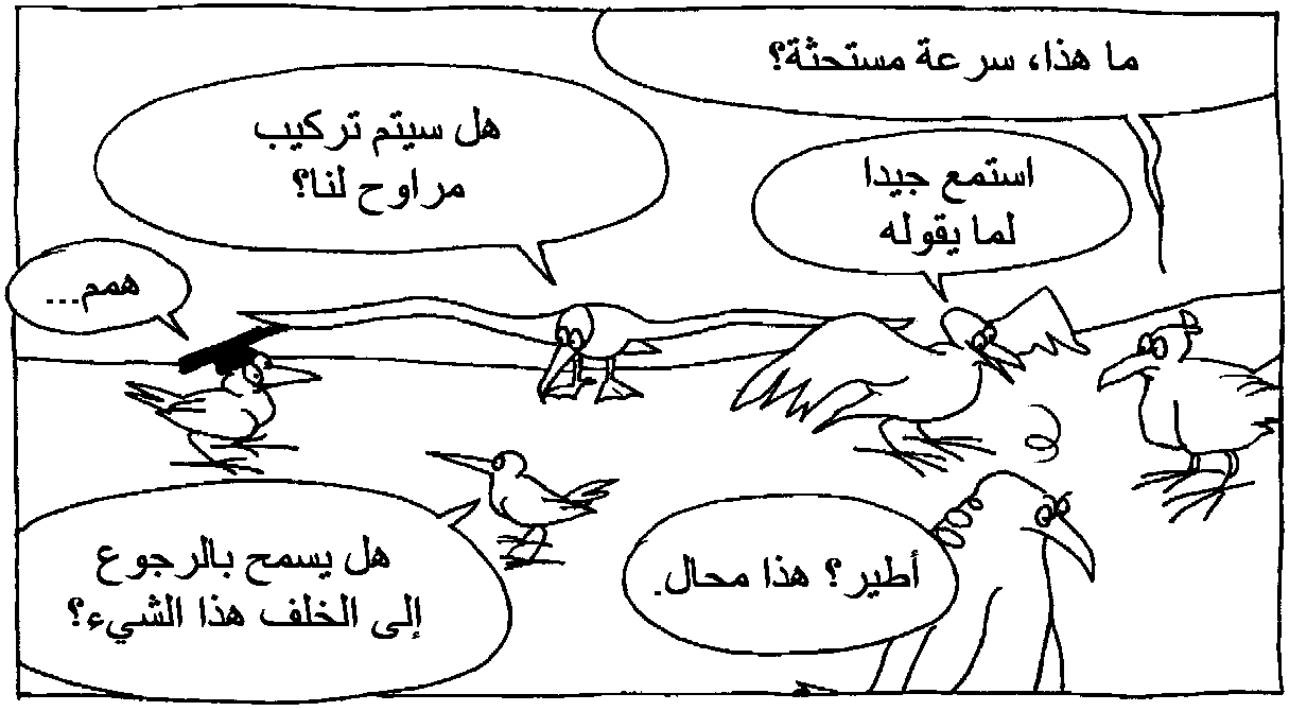
حسنا، ما رأيك في هذا أيها لمعلم.

تستطيع أن تخلع السلم، سأقلع حالا.

وررررغغغ !

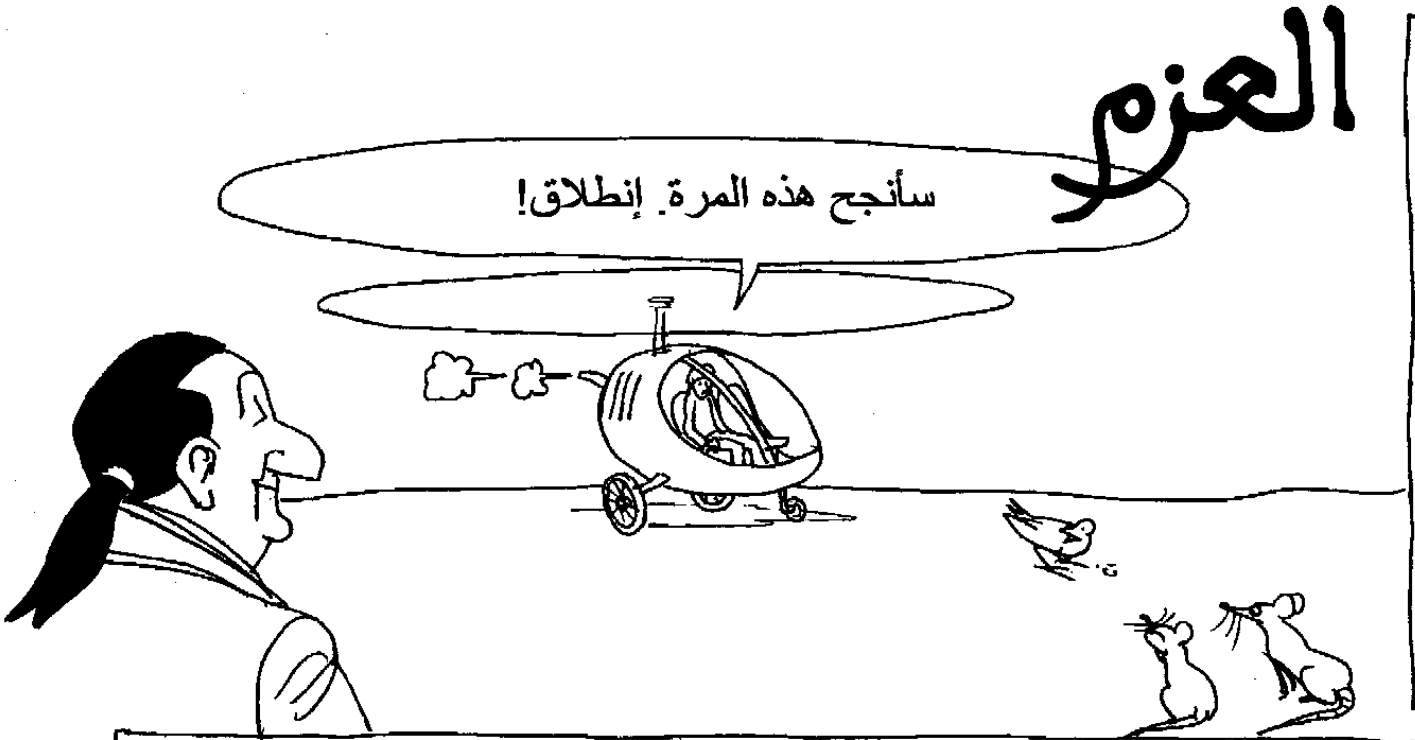
لا شيء!

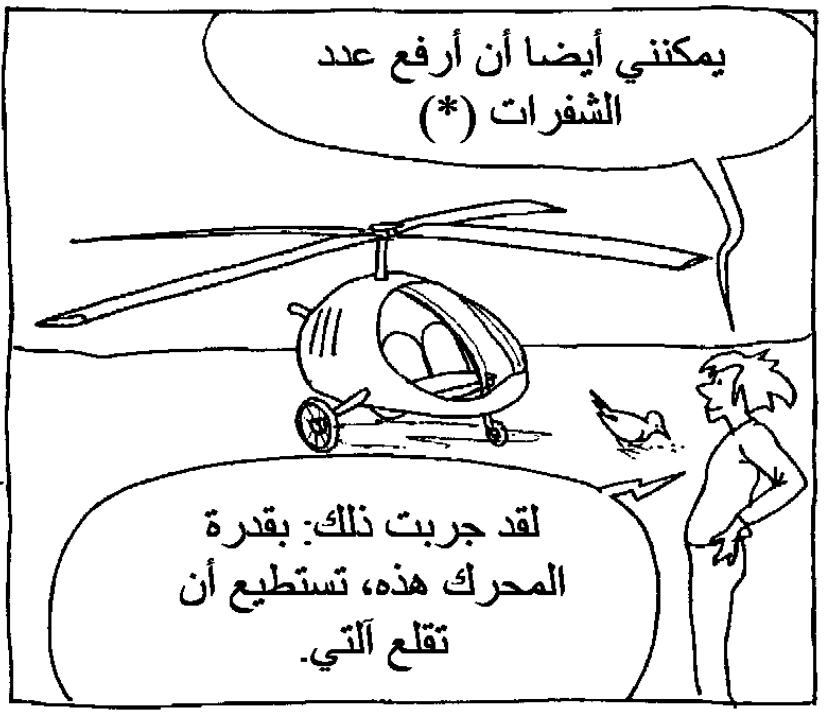
لا تقلق، سأرجع السلم.

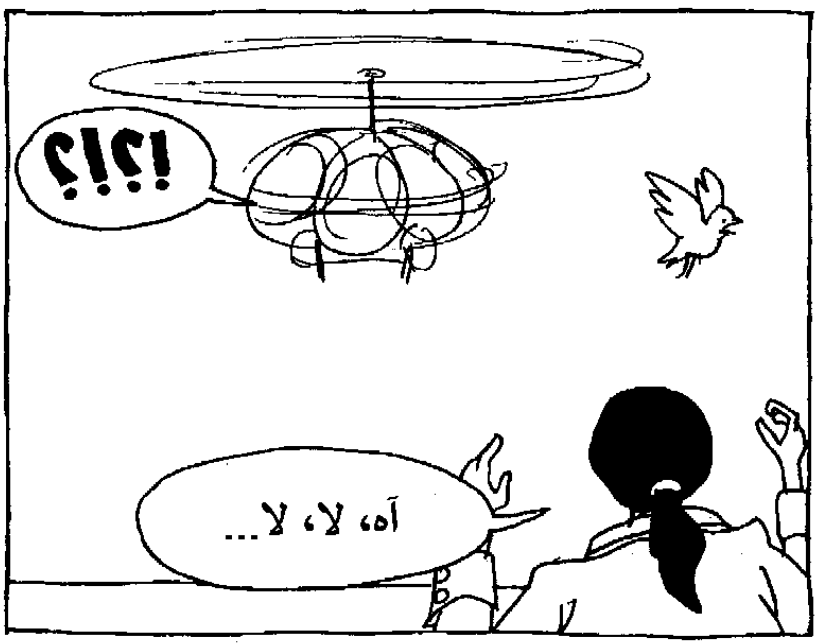


ربما كانت **أجنحة بطريقي** أقصر من الازم. لا أستطيع أن أزيد سرعة المحرك بشكل لا نهائي لأزيد من سرعة مروحتي.
ولا ننسى أن قوة الدفع تزيد بشكل متناسب مع مربع السرعة.
الحل: الزيادة في مساحة الدفع مع الحفاظ على الإستطالة. طائر القطرس يطير أفظل من الحمامة. سوف أزيد إستطالة شفرات مروحتي وسأسميها دوارا.

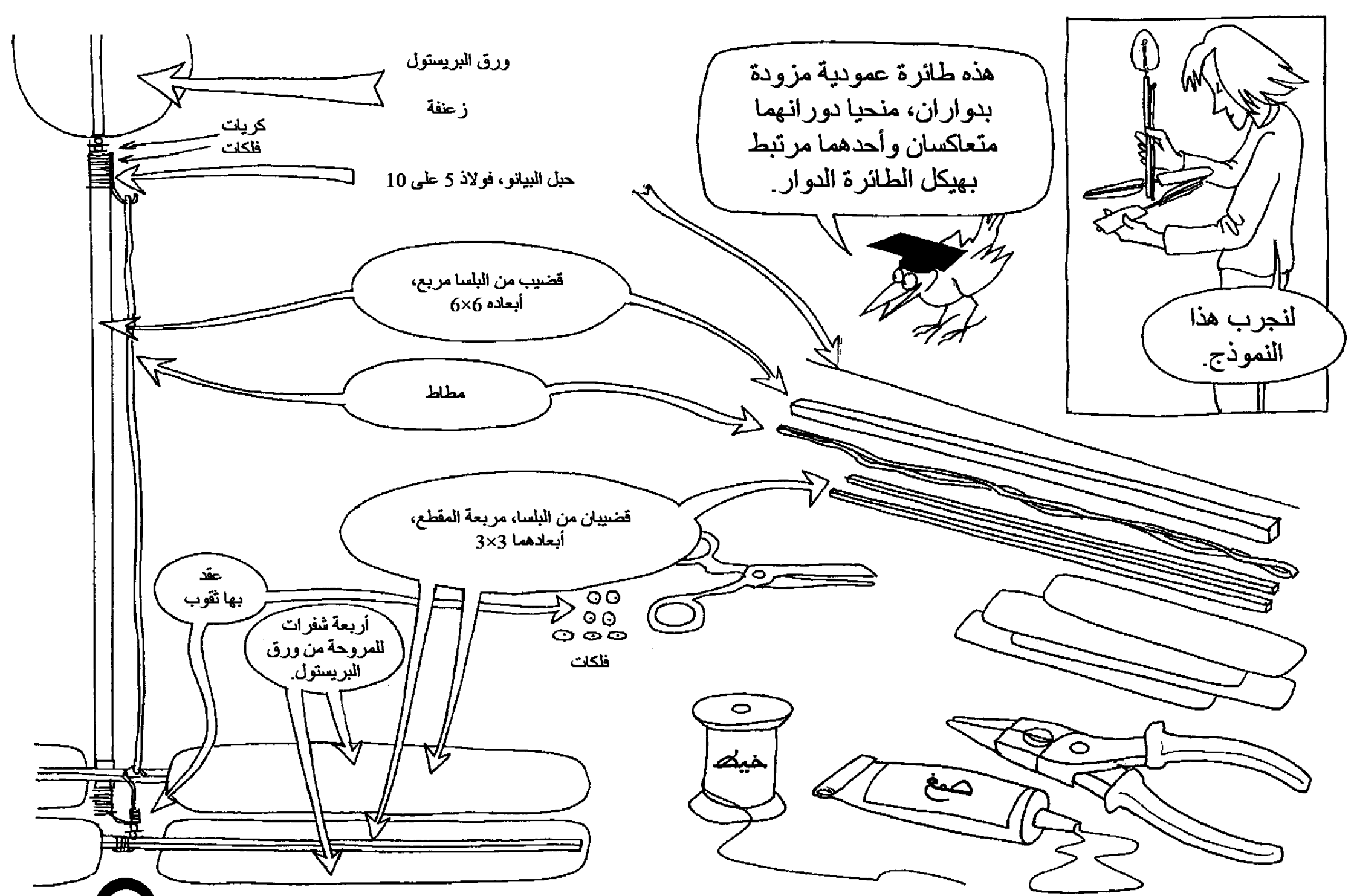
العزم



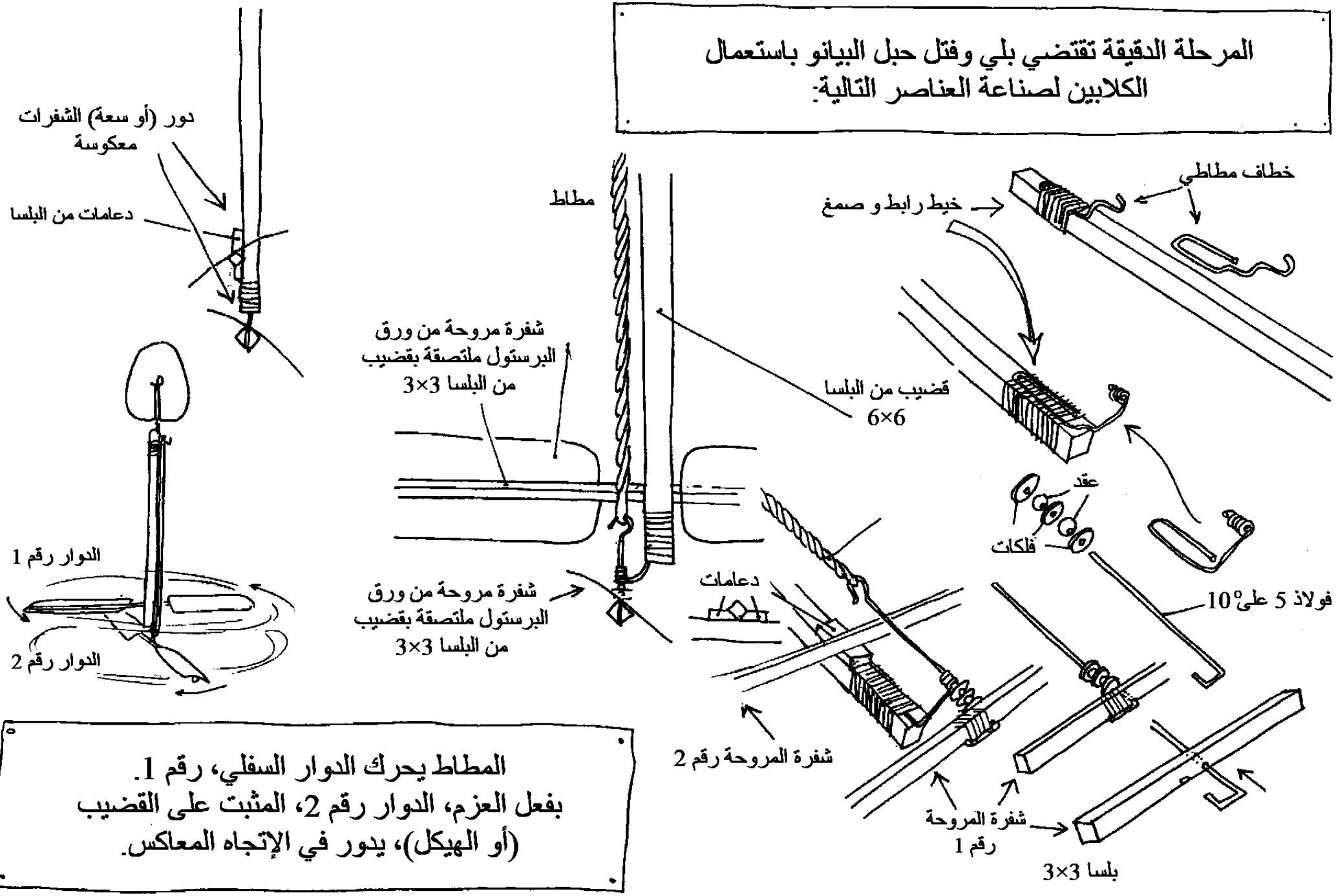




(*) كل ما سيلي صالح بالنسبة ل 2 أو 3 أو 4 أو 5 أو 6 أو 7 أو 8... شفرات

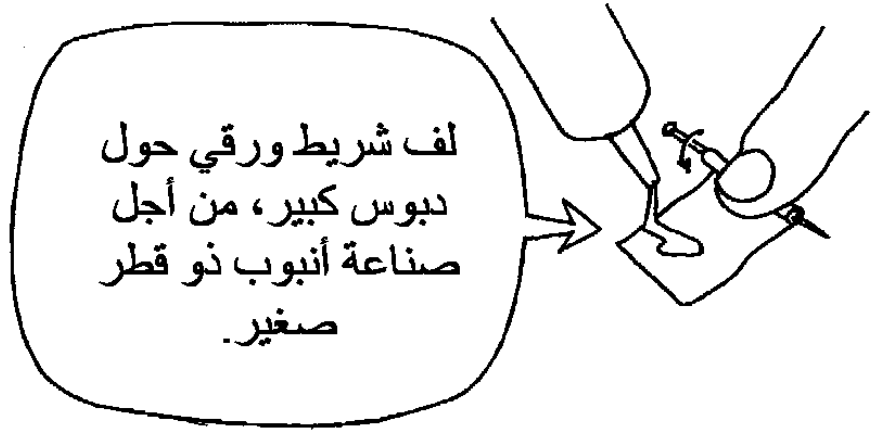

ورق البريستول
زعنفة
كريات فلكات
حبل البيانو، فولاذ 5 على 10
هذه طائرة عمودية مزودة بدواران، منحيا دورانهما متعاكسان وأحدهما مرتبط بهيكل الطائرة الدوار.
لنجرب هذا النموذج.
قضيب من البلسا مربع، أبعاده 6×6
مطاط
قضيبان من البلسا، مربعة المقطع، أبعادهما 3×3
عقد بها ثقوب
أربعة شفرات للمروحة من ورق البريستول.
فلكات
خيط
صمغ

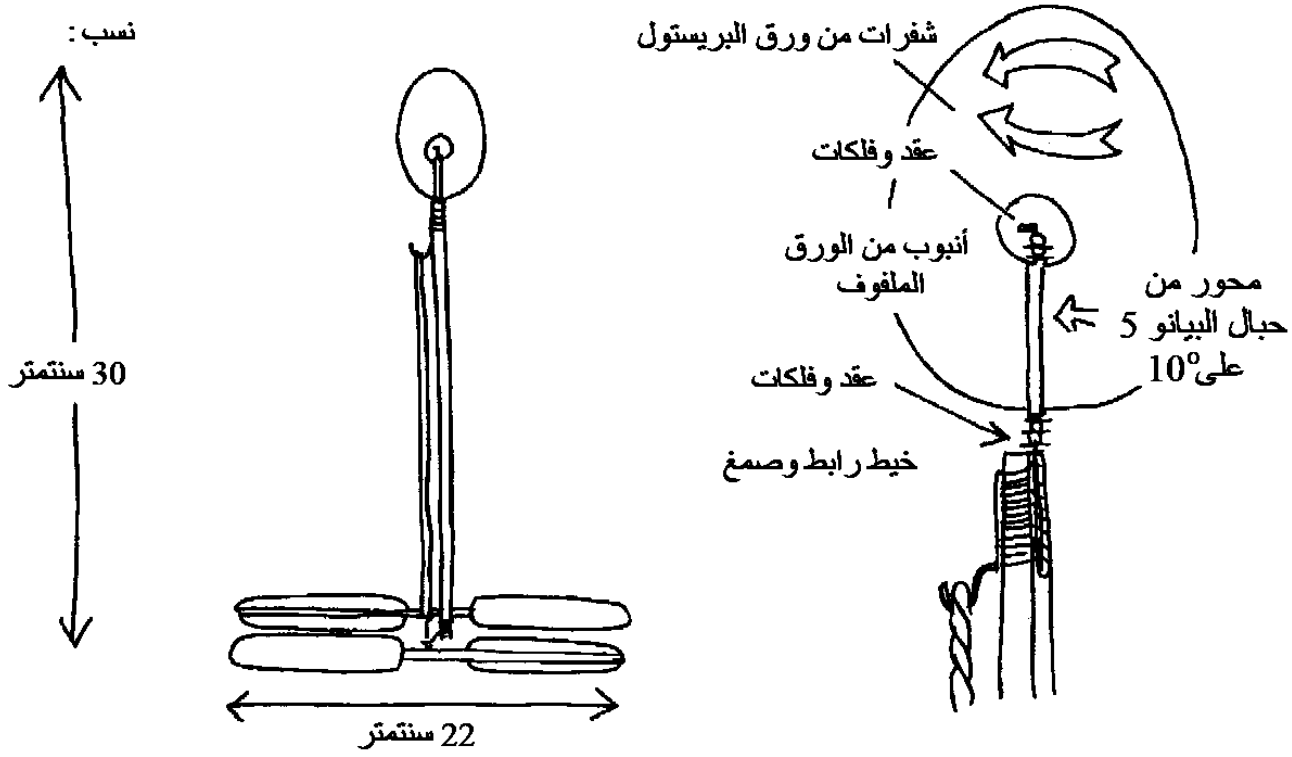
المرحلة الدقيقة تقتضي بلي وفتل حبل البيانو باستعمال الكلابين لصناعة العناصر التالية:



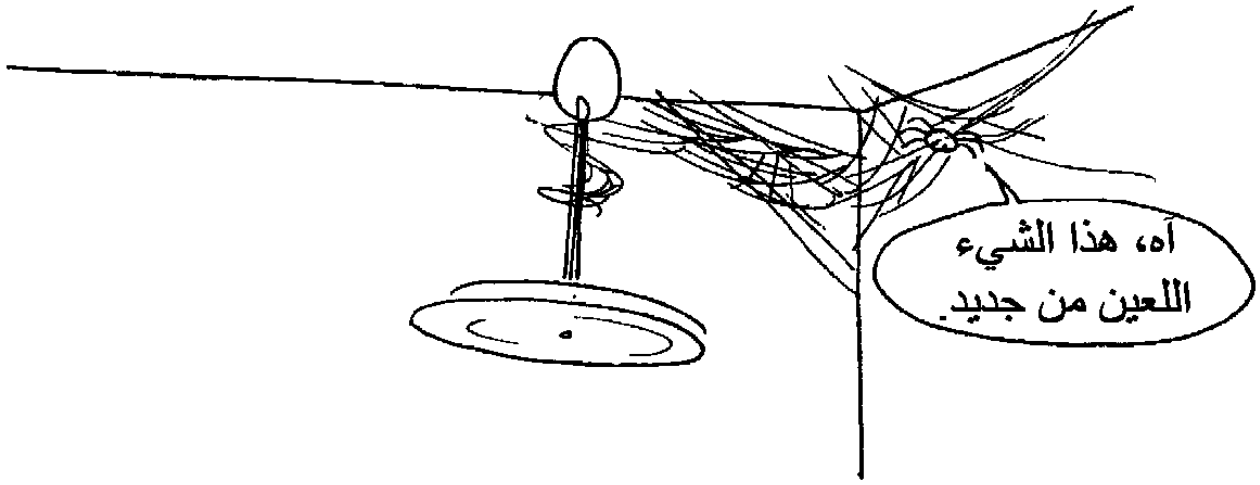
المطاط يحرك الدوار السفلي، رقم 1.
بفعل العزم، الدوار رقم 2، المثبت على القضيب (أو الهيكل)، يدور في الإتجاه المعاكس.

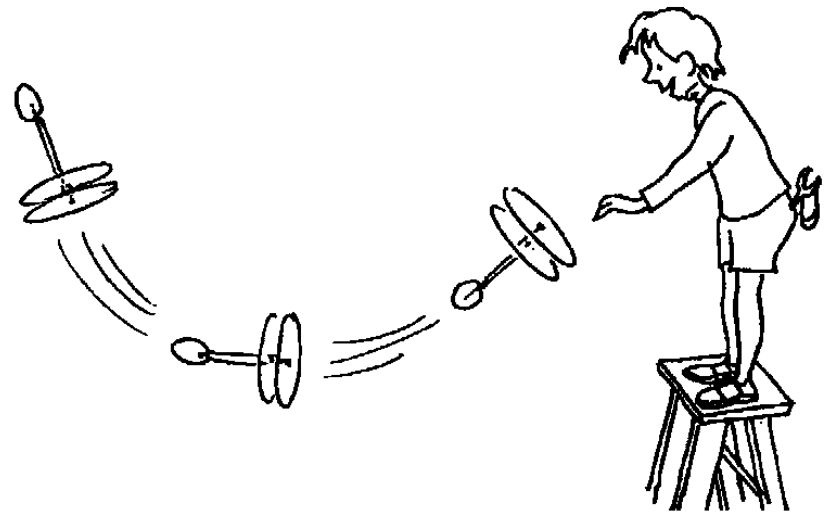
تركيب الشفرة العليا التي تجعل الآلة مستقرة ذاتيا.



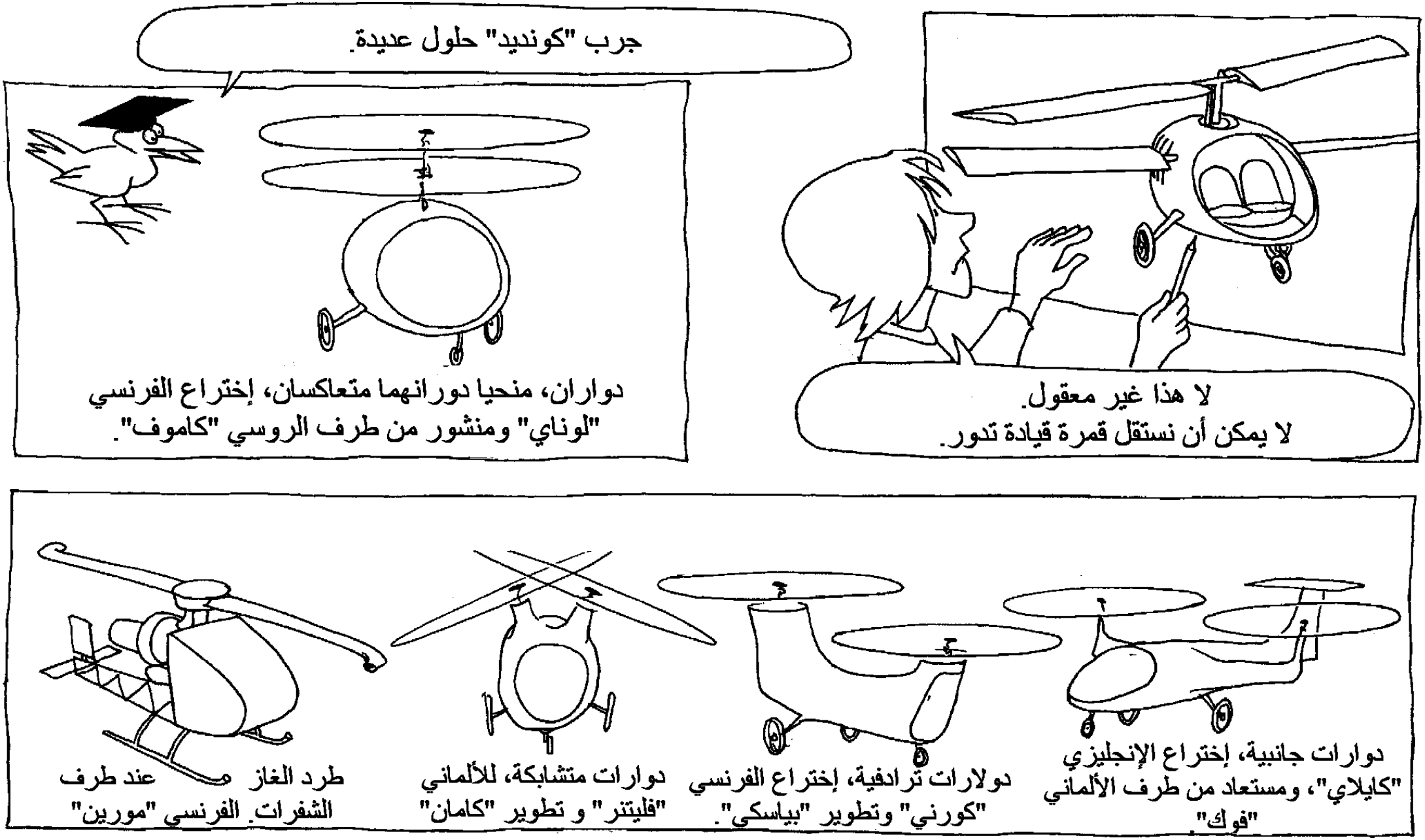


عندما تميل الطائرة العمودية فهي تتحرك في اتجاه جانبي. الجهد على الشفرة العلوية يجعل وضعها يعدل بسرعة. وهكذا تميل إلى الصعود بنفسها في مسار متمايل (*).





(*) جين بيير- عندما كنت طفلا، كنت أستعمل هذه الآلة لنزع شبكات العنكبوت، المعلقة في سطح قصر "تيورس" في "دو سيفر" في فرنسا



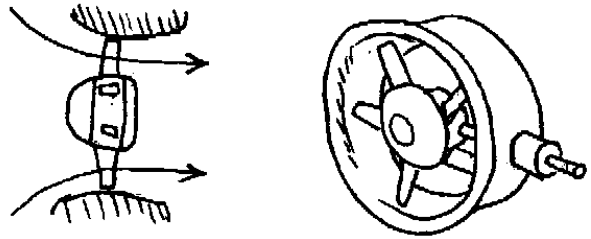
كتاب "إيف لو بيك"، "التاريخ الحقيقي للطائرة العمودية، من 1486 إلى 2005" و هو مزين برسومات ممتازة، نشره النسخة متوفرة باللغة الفرنسية (*) "جان دوكريت". سوف تجد جميع نماذج المروحيات التي تخيلها وتصورها الإنسان.

سأركب دوارا ذو عزم مضاد في مجموعة الذيل. بربطه ميكانيكيا بالدوار الرئيسي، سأنجح في مهمتي. عندما أزيد من سرعة المحرك، دوار مجموعة الذيل سيتبع الحركة وسيتم تعويض عزم الدوران تلقائيا.

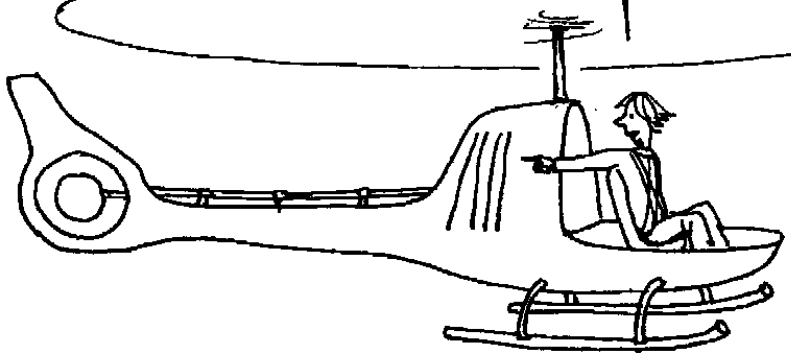
تراجع فورا، وإلا ستشفط وتتحول إلى شرائح من النقانق.

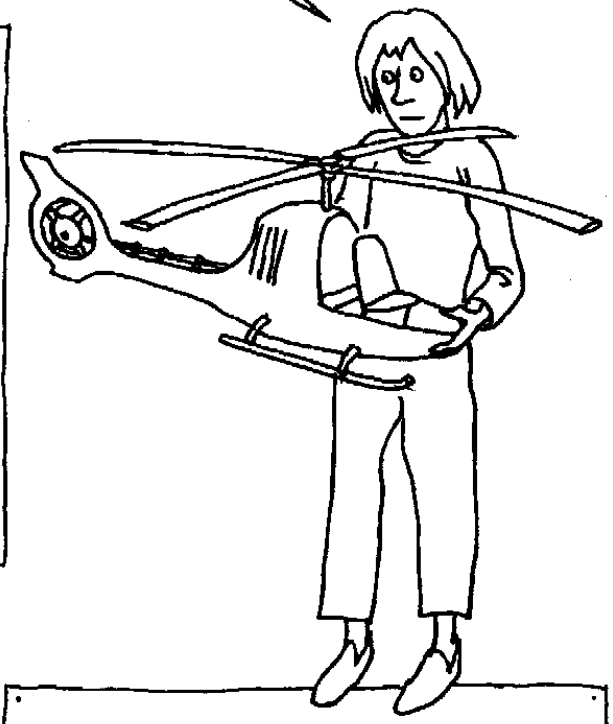
لقد نجحت يا "بانغلوس".

دوار الذيل، أو "فنسترون" (*)



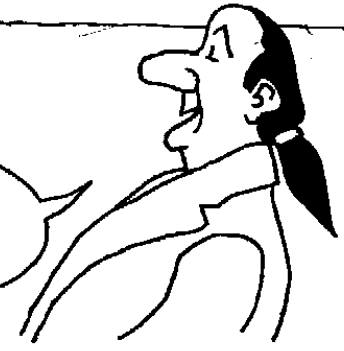
عندما نركب مروحة ذات شفرات متعددة داخل إطار، نزيد من مردودها ونقلص من حجم الضجيج.





الدوار ذو عزم مجموعة الذيل المعاكس، إختراع للروسي "فيرييف" و تطوير "إيغور سيكوسركي"

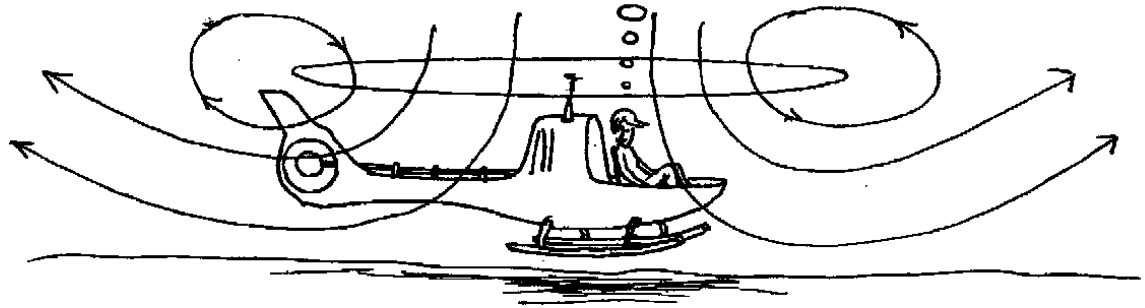
هذا يدل على أن كل شيء للأفضل في أفضل طائرة ممكنة



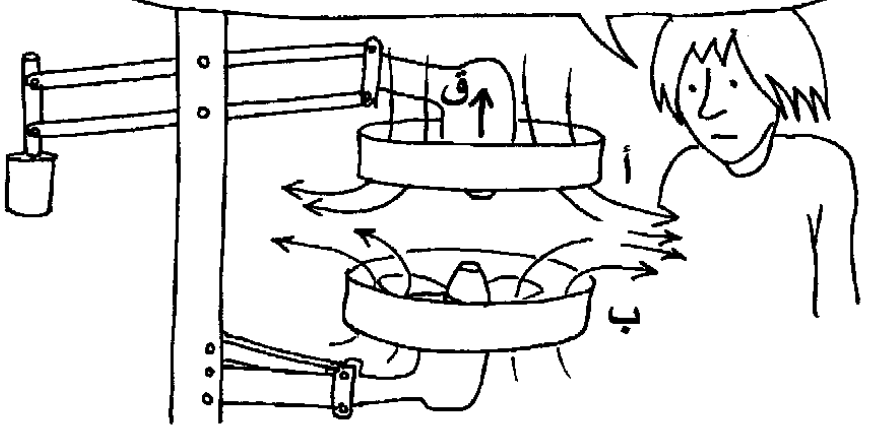
(*) قدم "الفنستون" من طرف الفرنسي "موي". و هي مروحة أنبوبية مرفقة داخل انبوب ذيل الطائرة. وأصل الكلمة فرنسي وتعني النوافذ الصغيرة.

تأثير سطح الأرض

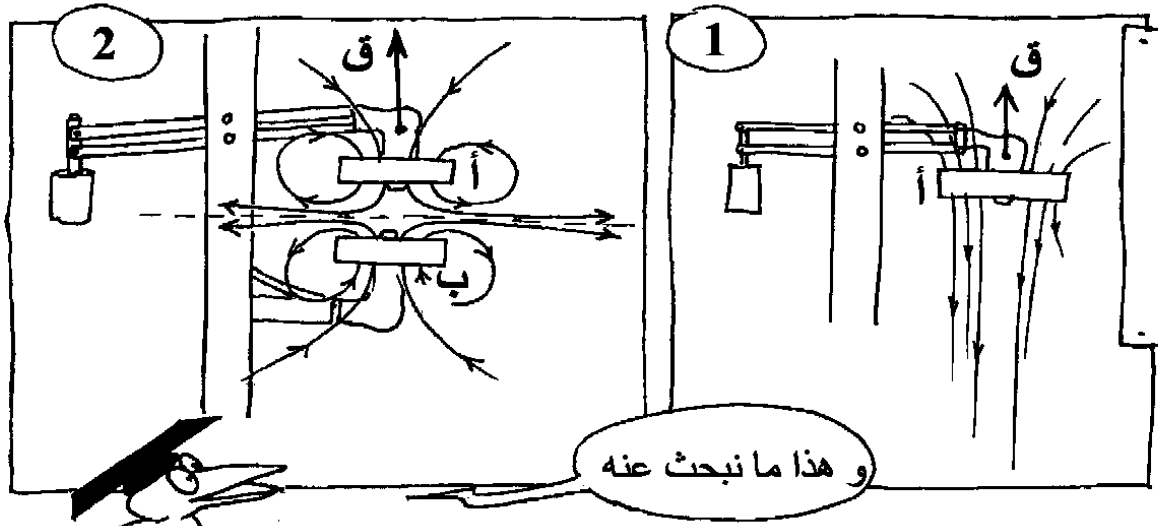
هذا غريب! قرب السطح أستطيع أن أحافظ على توازني بقدرة أقل بشكل ملموس (*)



ما هذه الآلة إلا مروحة تهوية كبيرة.
سأركب إثنان منها متقابلتان وجها لوجه.



عندما نضع مروحة التهوية أ في مقابل المروحة ب وعند سرعات متساوية، فالقوة الصاعدة التي تطبق على المروحة أ أكبر من القوة التي تطبق في حالة ما إذا كانت المروحة أ وحدها.

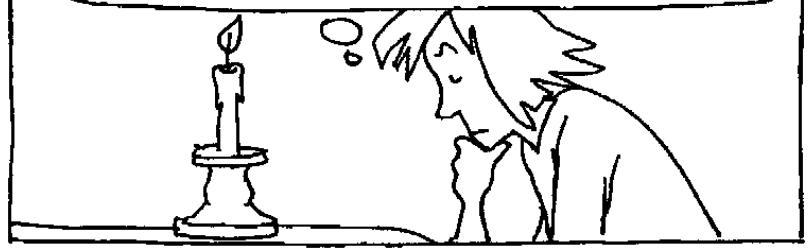


التدفق 2، هو نفسه عندما نركب المروحة أ وحدها مقابلة للأرض.

(*) تأثير الأرض يصبح مهما ومؤثرا عندما يكون الدوار على مسافة من الأرض تعادل أو تقل عن نصف قطره.

إستعادة الدورات

يمتلك دواري سعة ثابتة.
ولكن ما قيمة السعة التي يجب أن أختار؟
فكلما كانت السعة والانحناء كبيرين، كلما كانت **قوة المقاومة** التي تفرمل حركة المروحة كبيرة ومهمة أيضا.



مذا قال؟

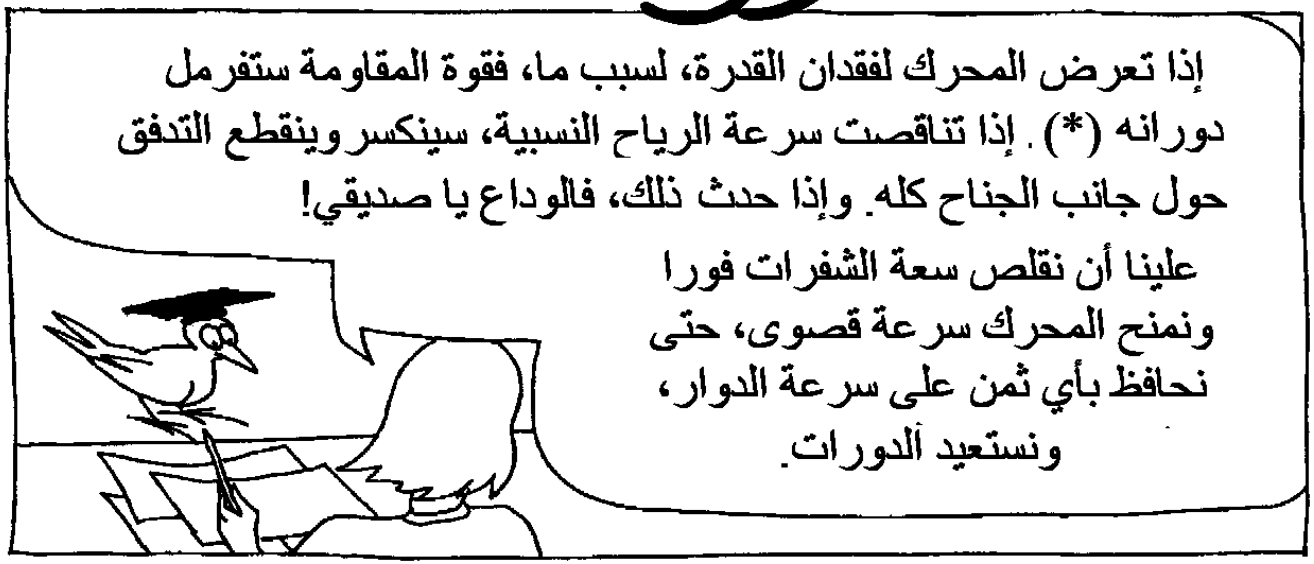
هذا لا يهمك.
أنت لا تمتلك أجنحة دوارة، حسب علمي.

آه... لا أعتقد ذلك.

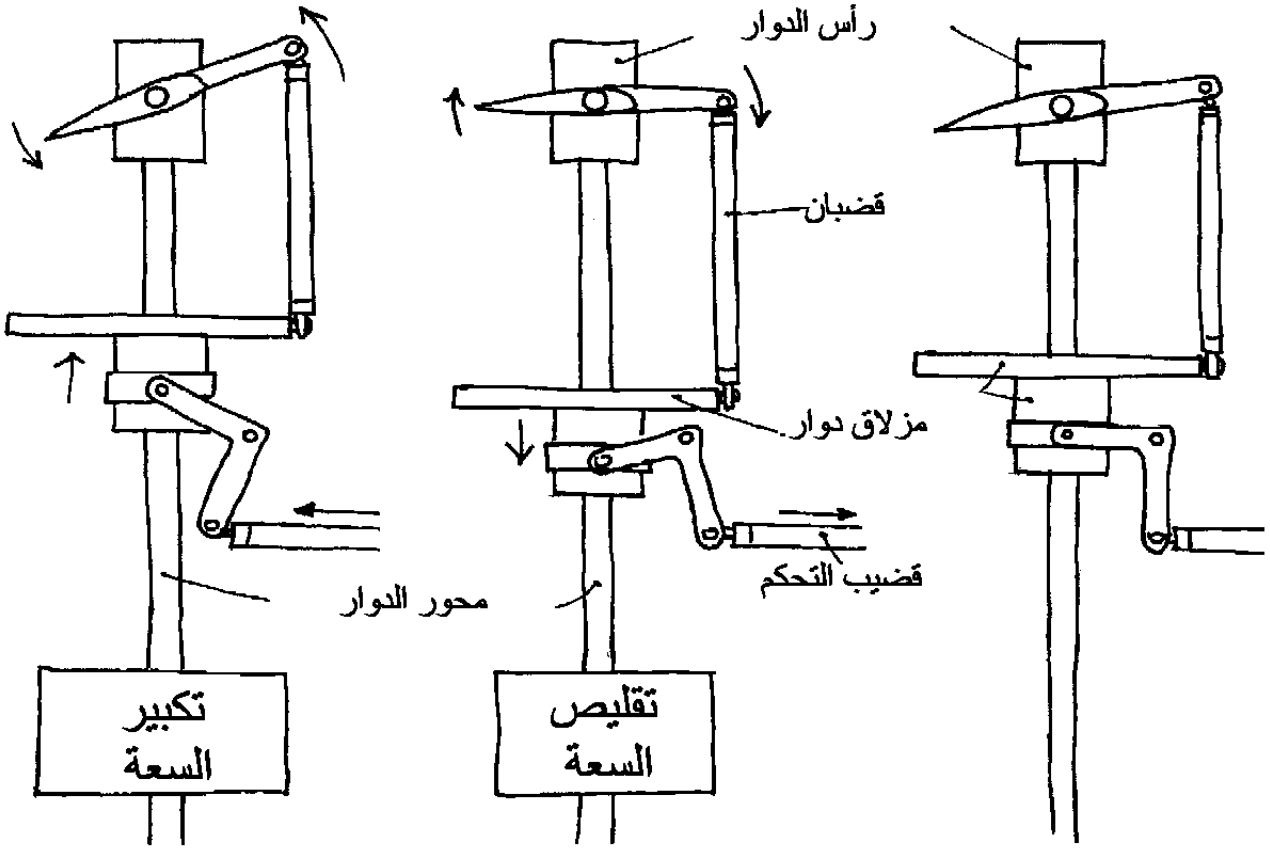
عندما أكون في الجو، علي أن أغير قيمة السعة، أي زاوية مواجهة الشفرات.

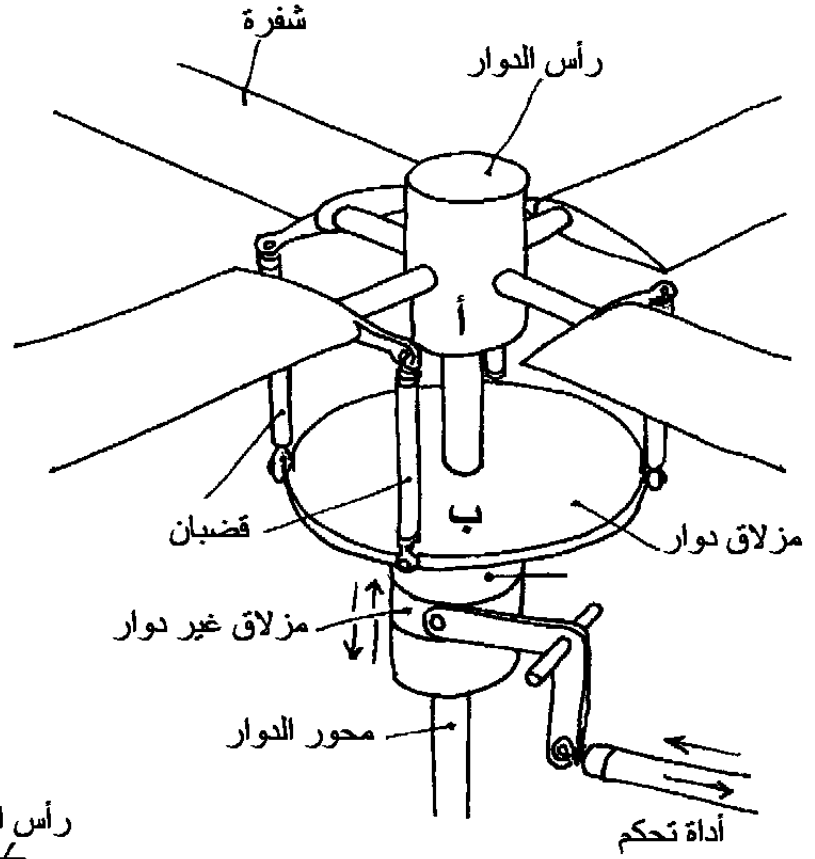
إذا تعرض المحرك لفقدان القدرة، لسبب ما، فقوة المقاومة ستفرمل دورانه (*). إذا تناقصت سرعة الرياح النسبية، سينكسر وينقطع التدفق حول جانب الجناح كله. وإذا حدث ذلك، فالوداع يا صديقي!

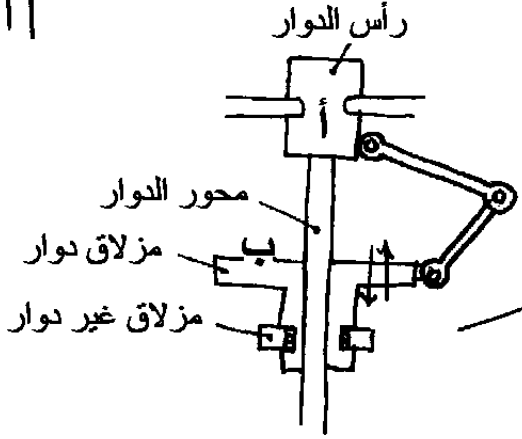
علينا أن نقلص سعة الشفرات فورا ونمنح المحرك سرعة قصوى، حتى نحافظ بأي ثمن على سرعة الدوار، ونستعيد الدورات.

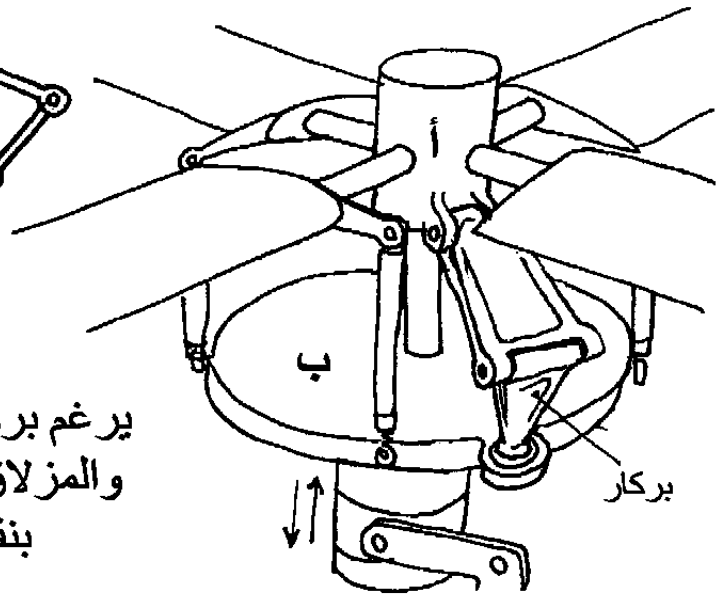


(*) توقف حركة المحرك بشكل مفاجئ، يفرمل حركة الدوار بشكل خطير في خلال... ثانية واحدة.









يرغم بركار، مثبت، رأس الدوار أ والمزلاق الدوار ب على الدوران بنفس السرعة الزاوية.

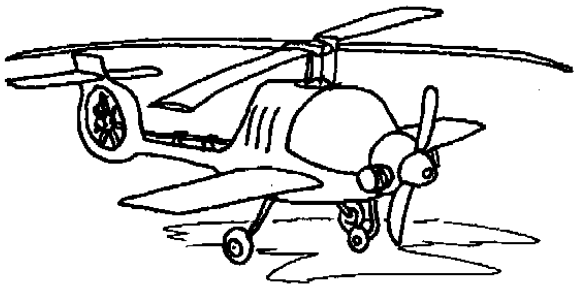
بواسطة نظام مماثل، نستطيع تغير سعة شفرات الدوار بشكل جماعي عن طريق التأثير في المزلاق غير قابل للدوران ب، المرتبط بسلة من الكريات مع المزلاق أ، هذا الأخير يوصل أوامر التحكم إلى الشفرات عن طريق أذرع تحكم.

الادارة.

لقد ربطت وكيفت مجموعة أوصال وأذرع للتحكم ستمكنني من تغير السعة العامة للشفرات بواسطة هذا المقبض في قمرة القيادة.
لقد وضعت بها دواسة للغاز أيضا.
مقبض دوار: مفتاح التحكم في الغاز.
ذراع المقبض نحو الأعلى: تكبير السعة
ذراع المقبض نحو الأسفل: تصغير السعة

حسنا، لقد نسخت نفس النظام على دوار مجموعة الذيل، العزم المضاد، وذلك لتفادي السقوط عند تغيير السعة العامة. وقد أضفت دواسة أتحكم فيها بقدمي، دفة، ستسمح لي بالالتفاف حول نفسي.
مذا، أنا لا أسمع شيئا...

حسنا، لقد صنعت هذه الآلة الطائرة، وهي قادرة على أن تحملني أنا و "كونيكوند". أستطيع الصعود والهبوط ثم الدوران في أي إتجاه بكل سهولة وحرية. و لكن يبقى السؤال: كيف السبيل للتقدم نحو الأمام؟



لمذا لا تظيف مروحة ودفات ؟
هذا يبدو معقدا جدا.

هذه هي "المدومة"، إختراع الإنجليزي "جورج كالاي" في 1796.

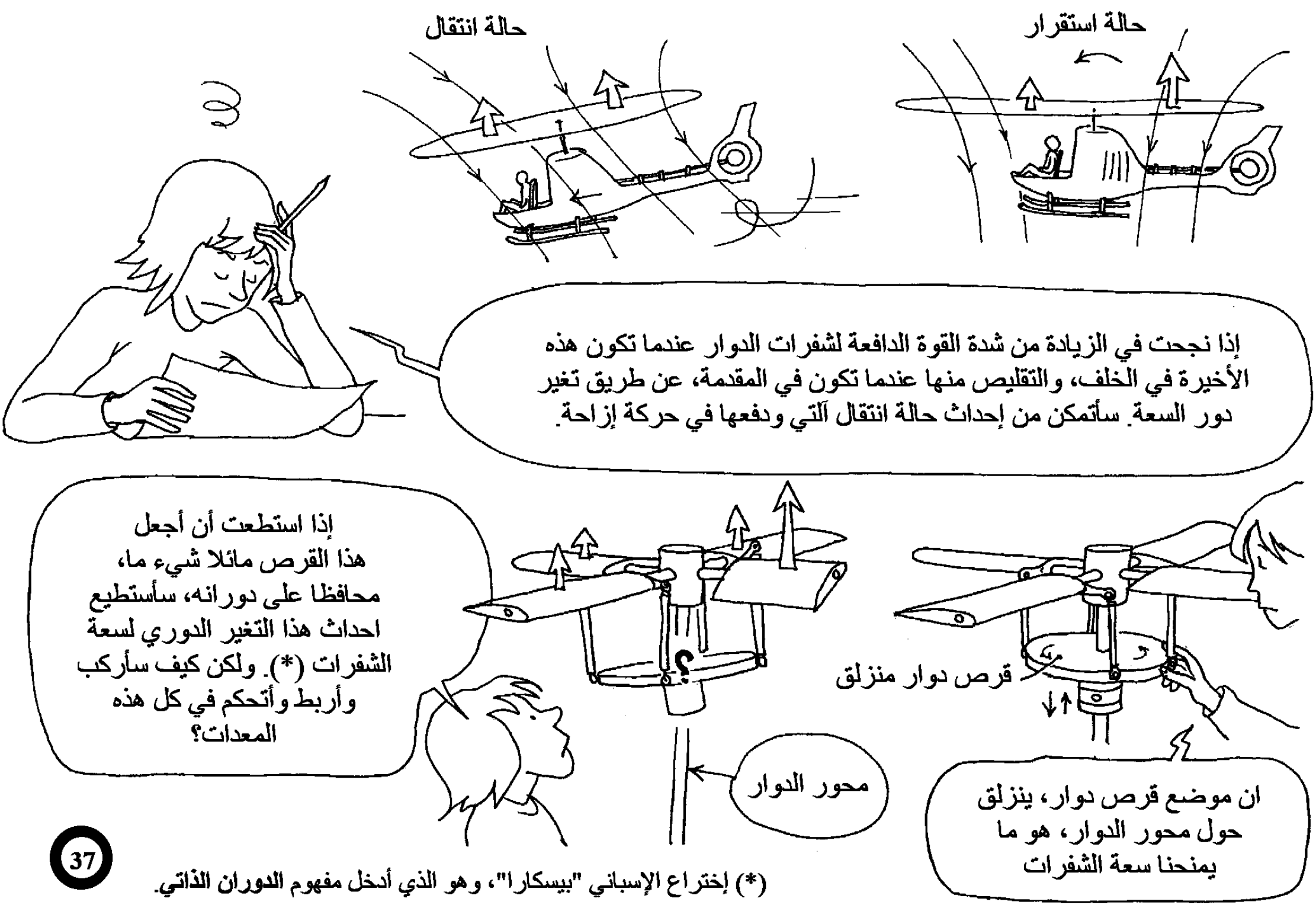
آه، أنظر!

إذا نجحت في إمالة الدوار، ستتحرك الآلة تلقائيا، بشكل أفقي.

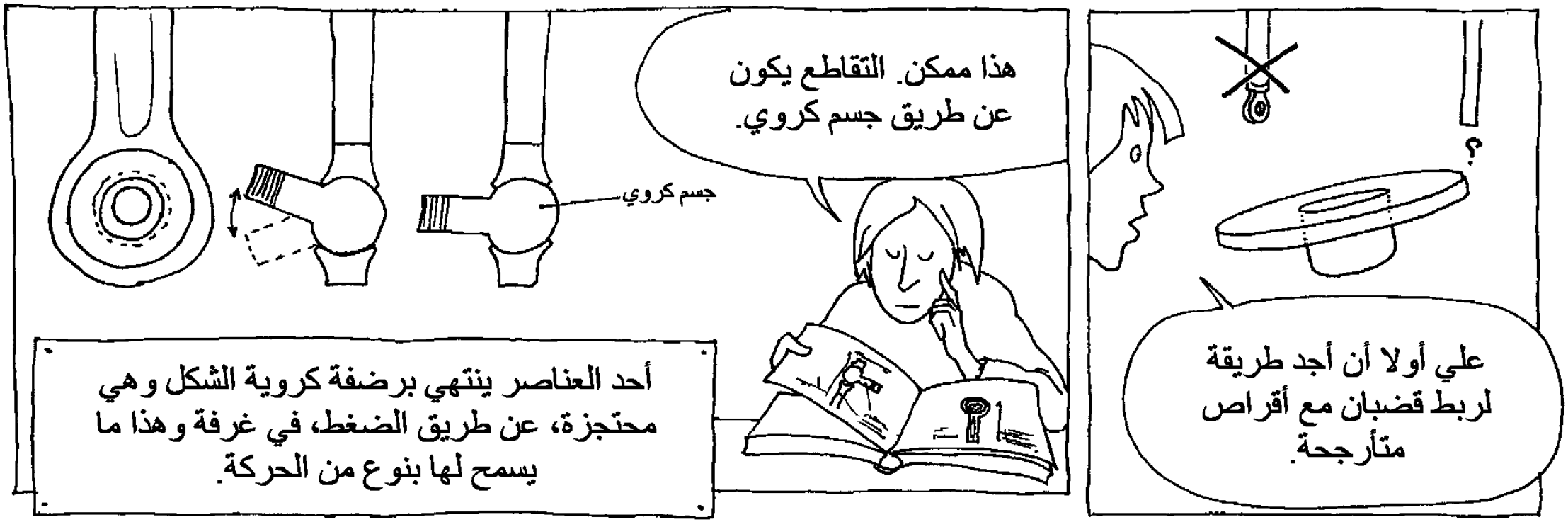
تستطيع أن تتحرك داخل قمرة القيادة. بهذه الطريقة ستغير موقع مركز الثقل.

وعندما تستقل "كونيكوند" الآلة معي، كيف سأحافظ على التوازن العام.

أنا أفكر في حل آخر.



(*) إختراع الإسباني "بيسكارا"، وهو الذي أدخل مفهوم **الدوران الذاتي**.



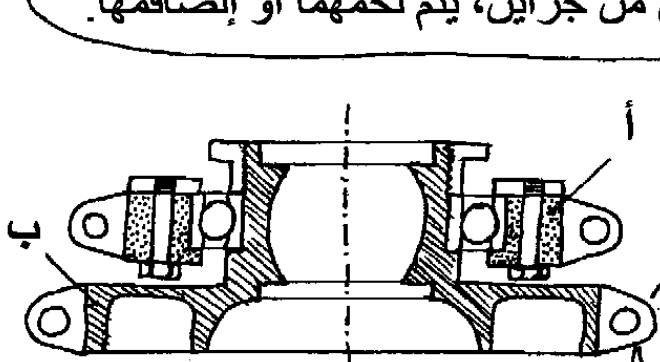
سلامة ربان الطائرة العمودية مرهونة بميكانيكيا معقدة، تستخدم قضبانا من هذا النوع وتروسا مسننة وكريات، يجب أن تصنع كل هذه العناصر بحرص ودقة شديدين، ويجب أيضا مراقبتها وصيانتها ثم تبديلها دوريا. تكاليف صناعتها وصيانتها أعلى من مثيلاتها في الطائرة. منذ سنوات السبعينيات، استخدام المواد المركبة واللدائن ثم التزييت الذاتي، قلل من التعقيد والوزن وتكاليف الصناعة وكذلك من ايقاع الصيانة وسمح بالتالي بربح كبير في الدقة. ولكن كل هذا خارج إطار هذا الألبوم.

لفائف الكريات المعدنية عنصر مهم جدا.

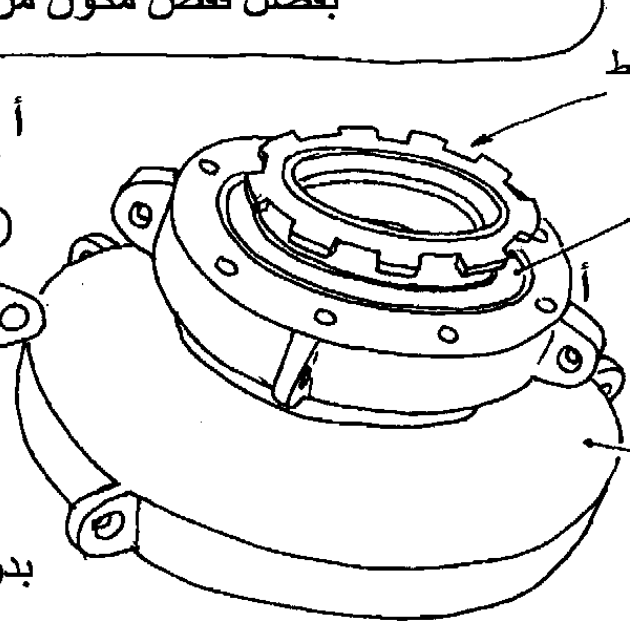
ولكن، كيف سندخل هذه الكريات؟

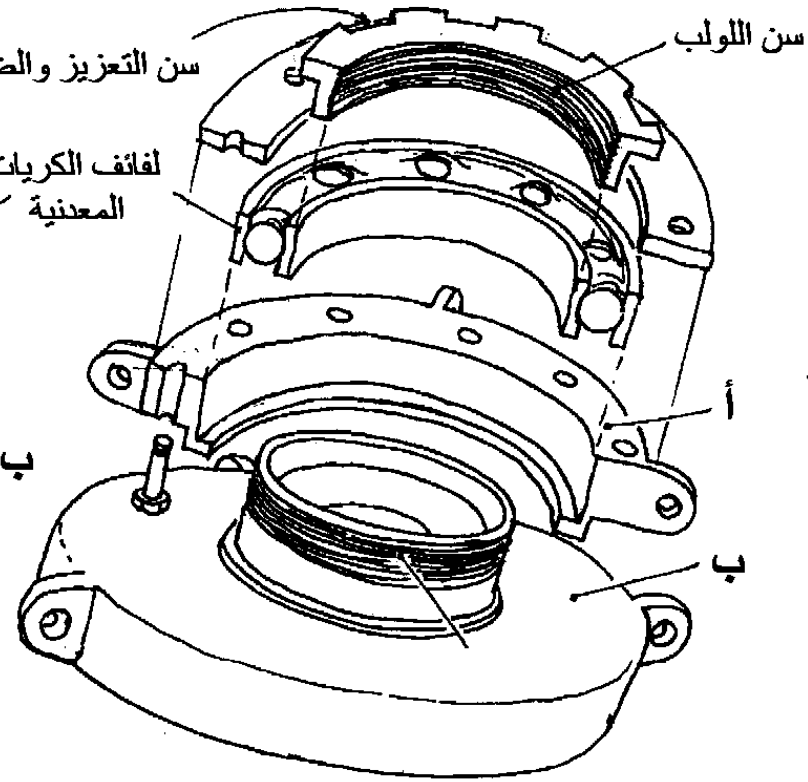
عندما نحرف تمركز الحلقات قليلا نستطيع أن إيلاج عدد منها.

تبقى الكريات في مواقعها بعد ذلك بفضل قفص مكون من جزأين، يتم لحمهما أو إلصاقهما.



لفائف الكريات هذه تسمح لقرصين، أحدهما دوار أ والآخر ثابت ب، بدوران الواحد بالنسبة للآخر محوريا.



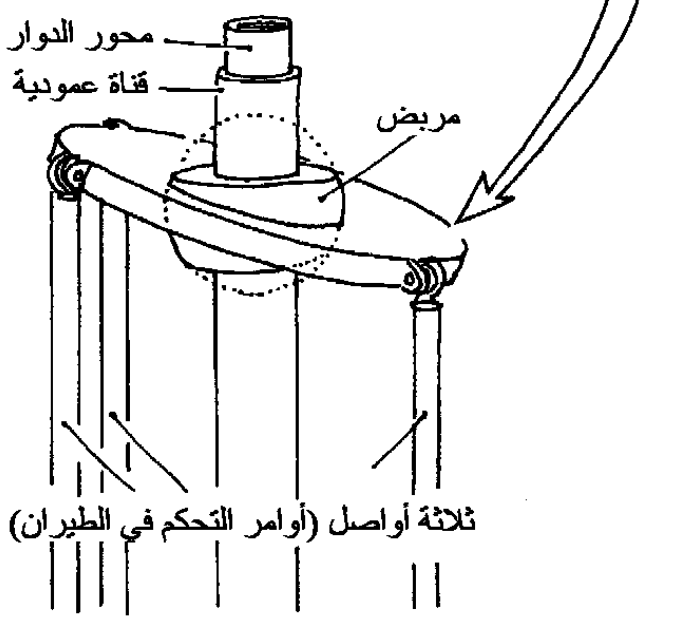


لا أريد إحراجك يا عزيزي ولكن
مقارنة بآلتي، من الناحية الميكانيكية،
فطائرتك أضحوكة.

للإنعطاف يمينا بجسم غير متوازن، فالحل هو الرضفة.

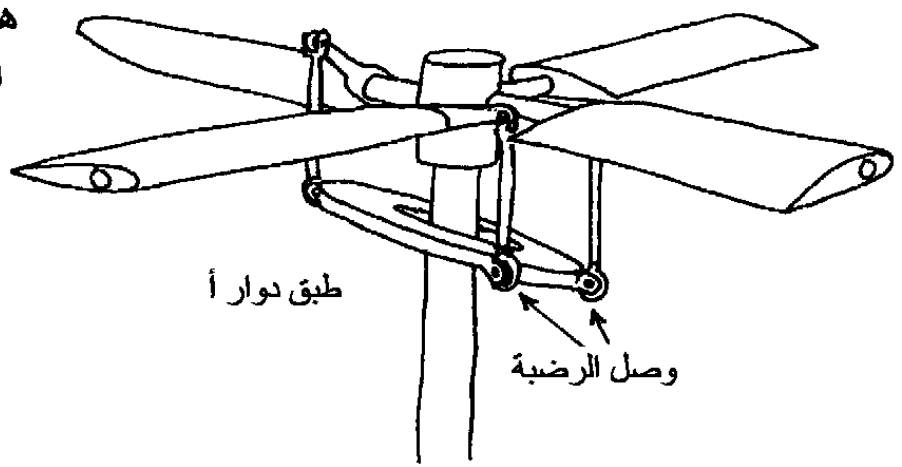
رضبة تنزلق على
أنبوب عمودي، أو قناة
عمودية، يدور داخلها
محور الدوار.

حول هذه الرضبة يدور قرص **ب**، غير دوار، ذو
اتجاه تحدده مجموعة أوصال وأذرع التحكم.



الطبق الغير دوار **ب** سيعزز بطبق دوار **د** عن طريق
لفائف الكريات المعدنية (أنظر الصفحة السابقة).

هذا الطبق الدوار سيتحكم في
انحناء الشفرات عن طريق
قضبان السعة.



قبل ختم دراسة القصر الدوري لا بد من التطرق لعدة مشاكل. أولا، كيف نعزز الطبق الدوار د لرأس المحور؟
و هل سنكلف هذه القضبان الهشة بهذه المهمة؟

لا، سيتكلف مقص بهذه المهمة. سنضع نفس التركيب بين الطبق الدوار ب وهيكل الطائرة العمودية.

رأس الدوار

بركار

قضبان السعة

الطبق الدوار د

ربط عن طريق الرضبات

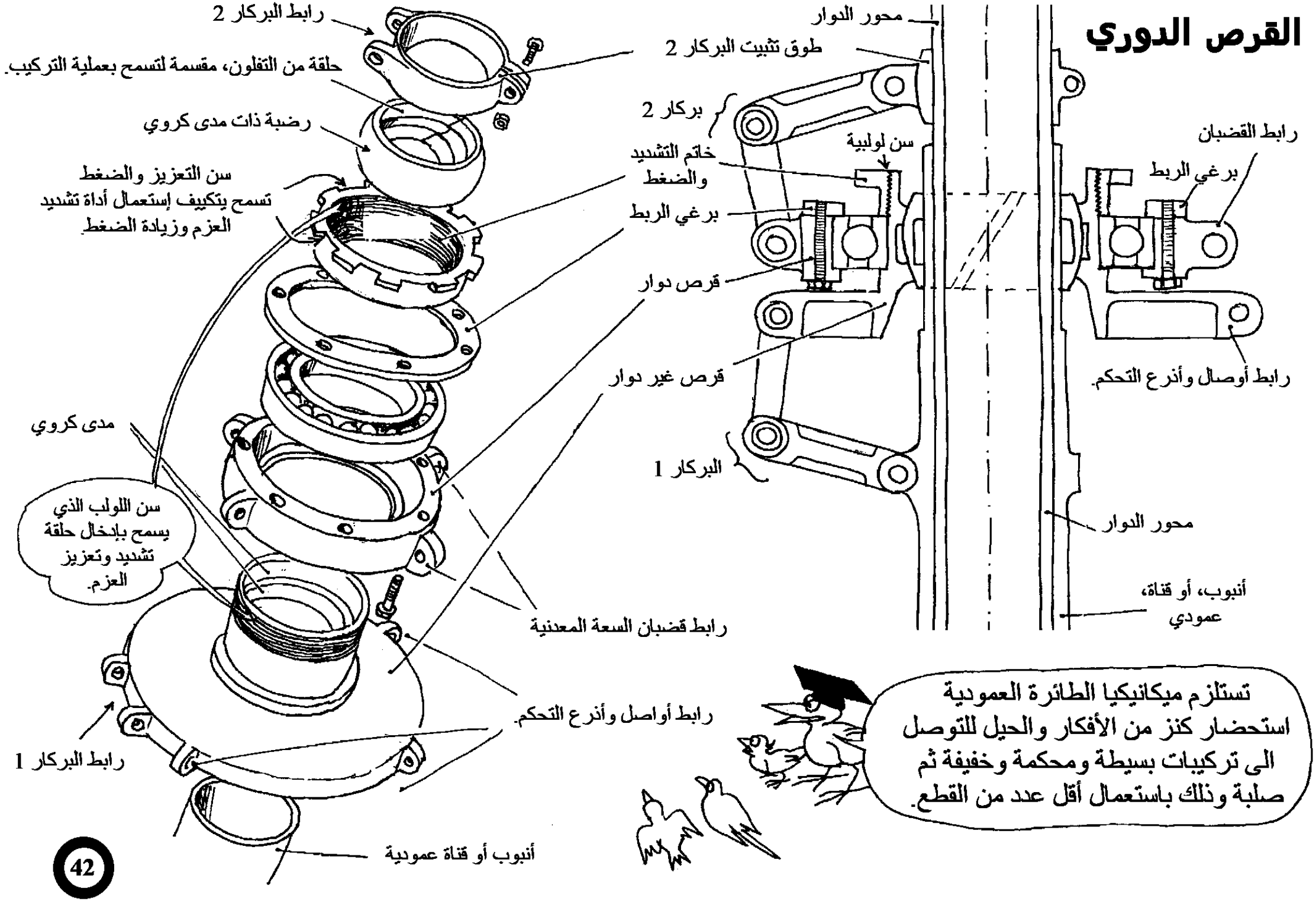
الإقتراح الثاني:
كيف ندخل الرضبة داخل غرفتها، المتواجدة في الطبق ب؟

الرضبة هي خاتم من "التفلون"، مفصل، جزئه الأسفل اسطواني و جزؤه العلوي كروي الشكل. بتغيير شكله، كما شرحنا ذلك، نستطيع إدخاله في غرفته دون مشاكل.
وبعدها نولج المجموعة بأكملها في الأنبوب العمودي، حيث يدور الدوار.

طبق غير دوار ب

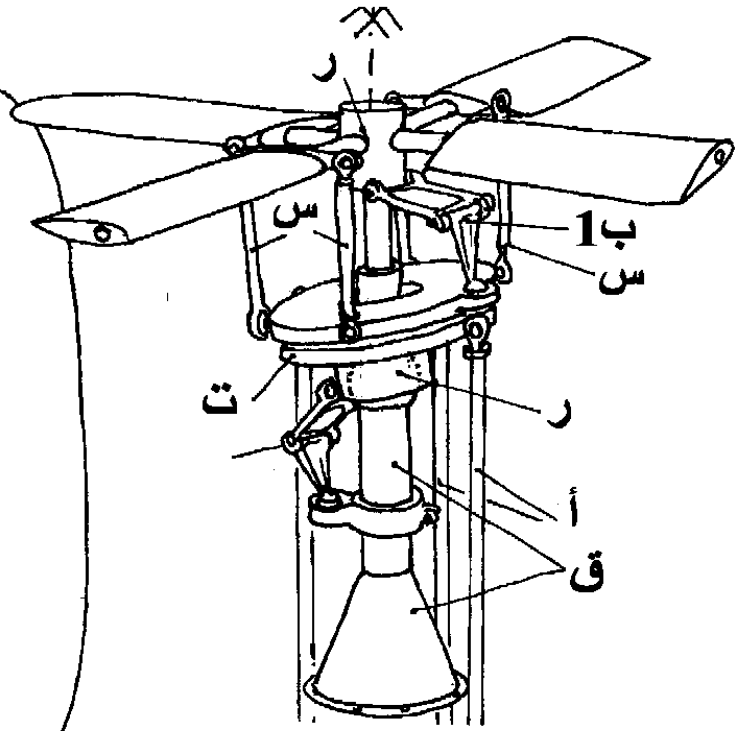
النتيجة النهائية في الصفحة التالية ←

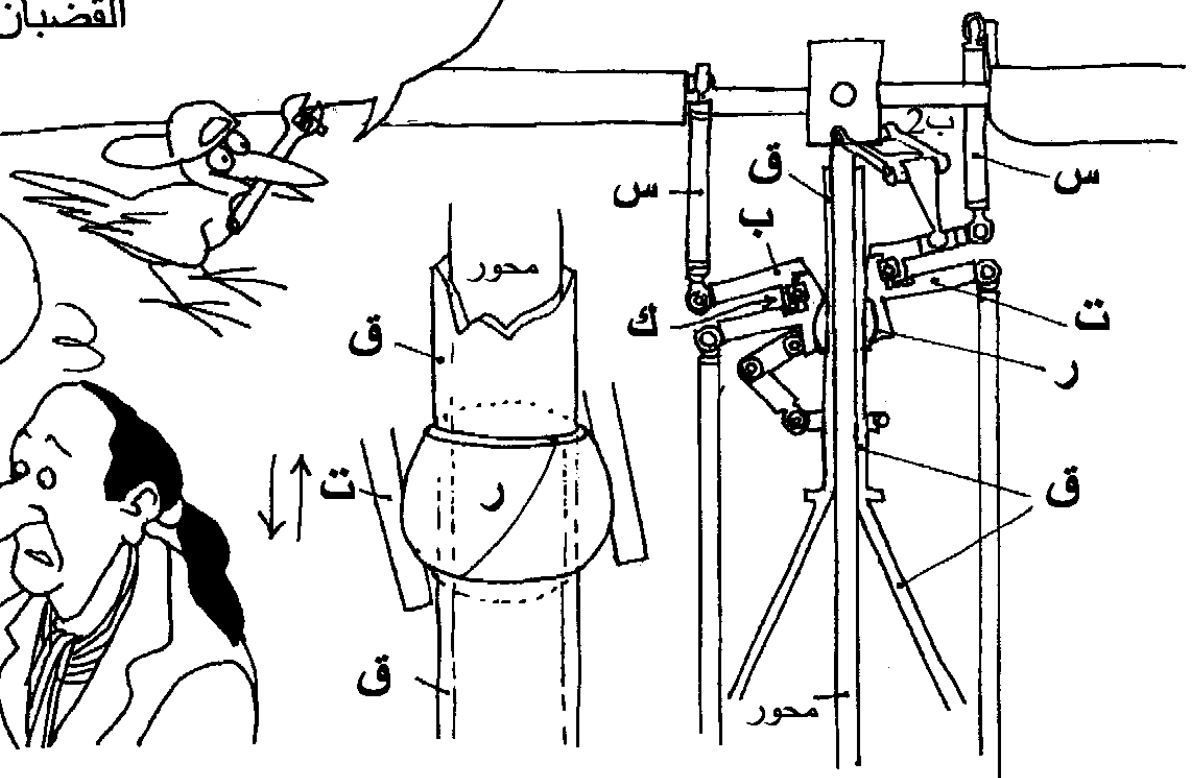
القرص الدوري



تستلزم ميكانيكيا الطائرة العمودية استحضار كنز من الأفكار والحيل للتوصل الى تركيبات بسيطة ومحكمة وخفيفة ثم صلبة وذلك باستعمال أقل عدد من القطع.

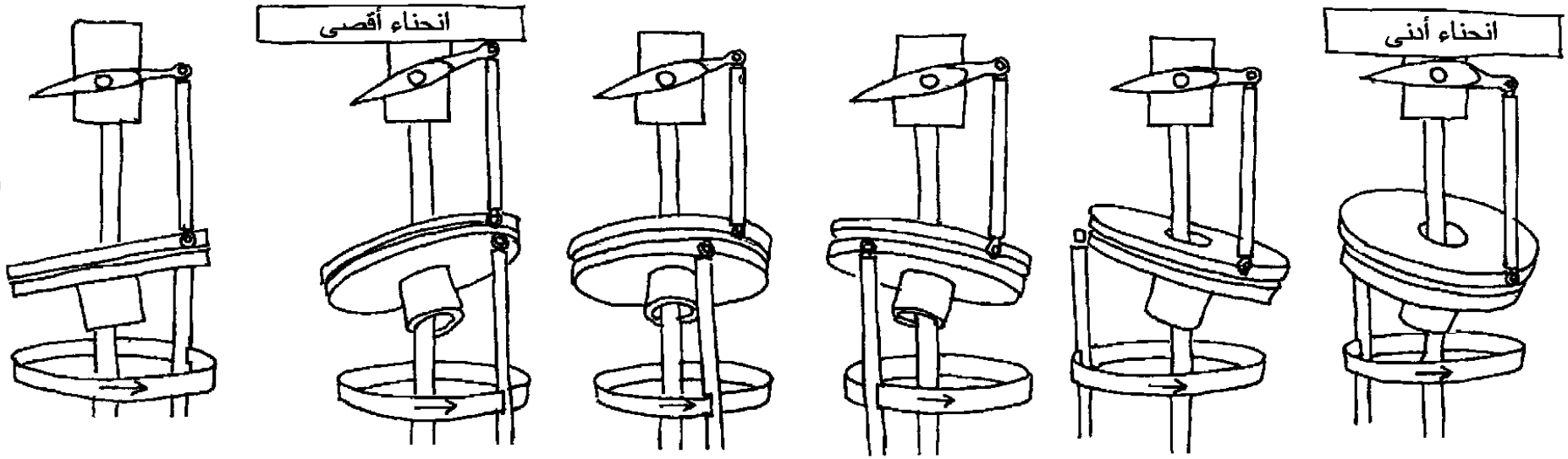
لنرجع الآن إلى الرسم التصويري، فهو يوضح الأمر أكثر.
تقوم مجموعة أواصل التحكم أ، المشكلة من ثلاثة قضبان، برفع وإنزال ودفع القرص **ت**، غير الدوار، في جميع الاتجاهات، موجه بالرضبة **ر** والتي تنزلق بكل حرية في القناة العمودية **ق**، المثبتة على هيكل الطائرة العمودية. البركار **ب1** المثبت على القناة العمودية **ق** يكبح أي حركة دوران للقرص بالنسبة لهيكل الطائرة العمودية (على القناة العمودية **ق**).
القرص الدوري الدوار **ب**، مرتبط بلفة الكريات **ك** بالقرص **ب**، غير الدوار. موقف القرص **ب** يحدده الربان عن طريق مجموعة أواصل التحكم أ. القرص **ب** يمرر هذه الأوامر الى الشفرات عن طريق القضبان **ض**.
بركار اخر هو من يثبت الرأس **ر** والقرص **د** الدواران والا ستكسر القضبان ذات السعة **س** عند قيامها بهذا المهمة.





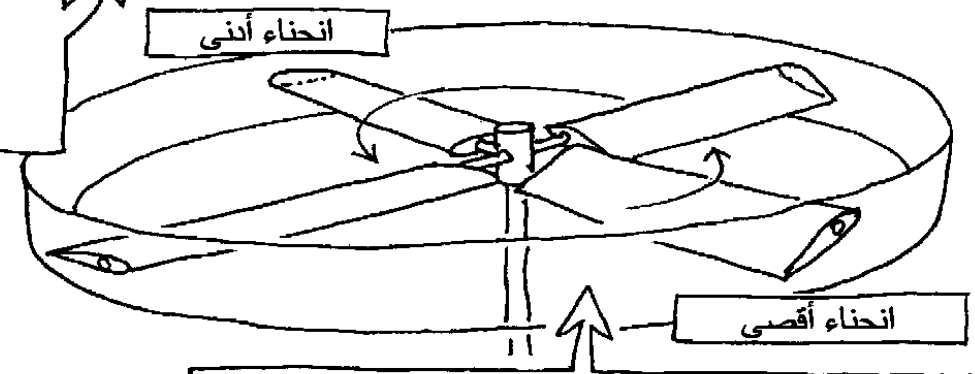
علي الآن أن أصمم أدوات للتحكم في الطيران
تسمح لي بتشغيل الأوصال الرأسية الثلاثة

وهكذا سنكون قد
نجحنا في مهمتنا.



إلخ...
في الأسفل، الحركة
لإحدى الظاهرة
أذرع التحكم.

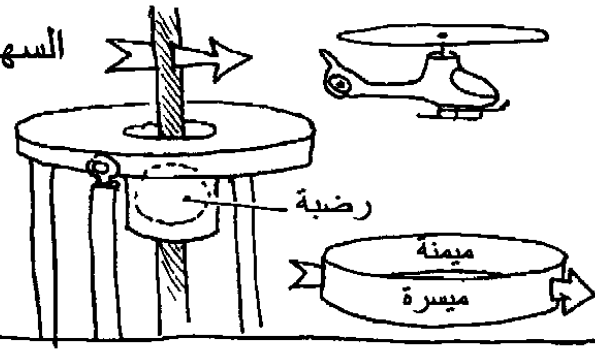
في الأعلى، نتابع ونعاين حركة شفرة. يتأرجح انحناءها دوريا بين قيمتين قصوى ودنيا.



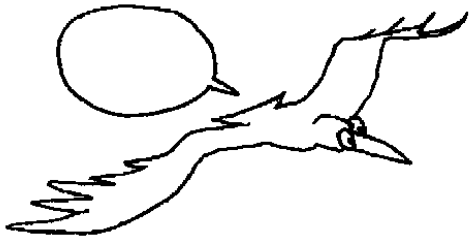
هنا، تشغل الشفرات أربعة مواضع مختلفة في مستوى الدوران.

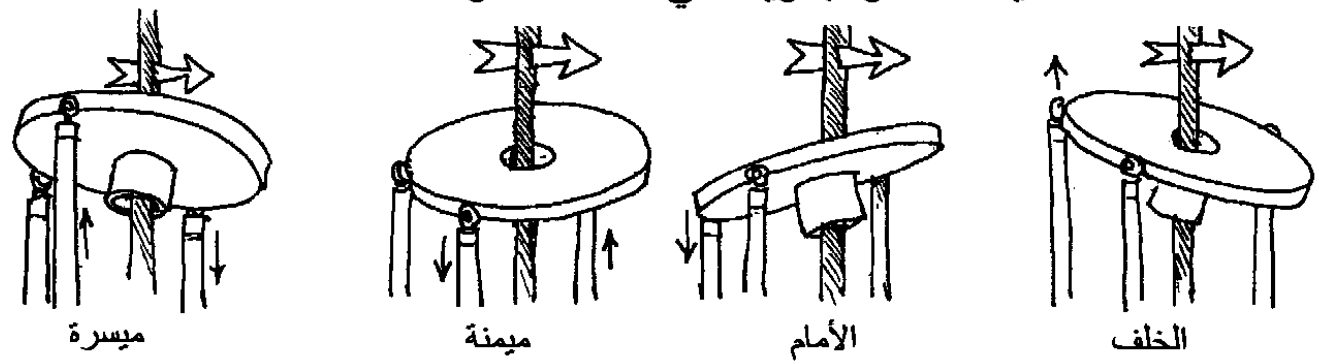
السهم يشير إلى مقدمة الآلة.

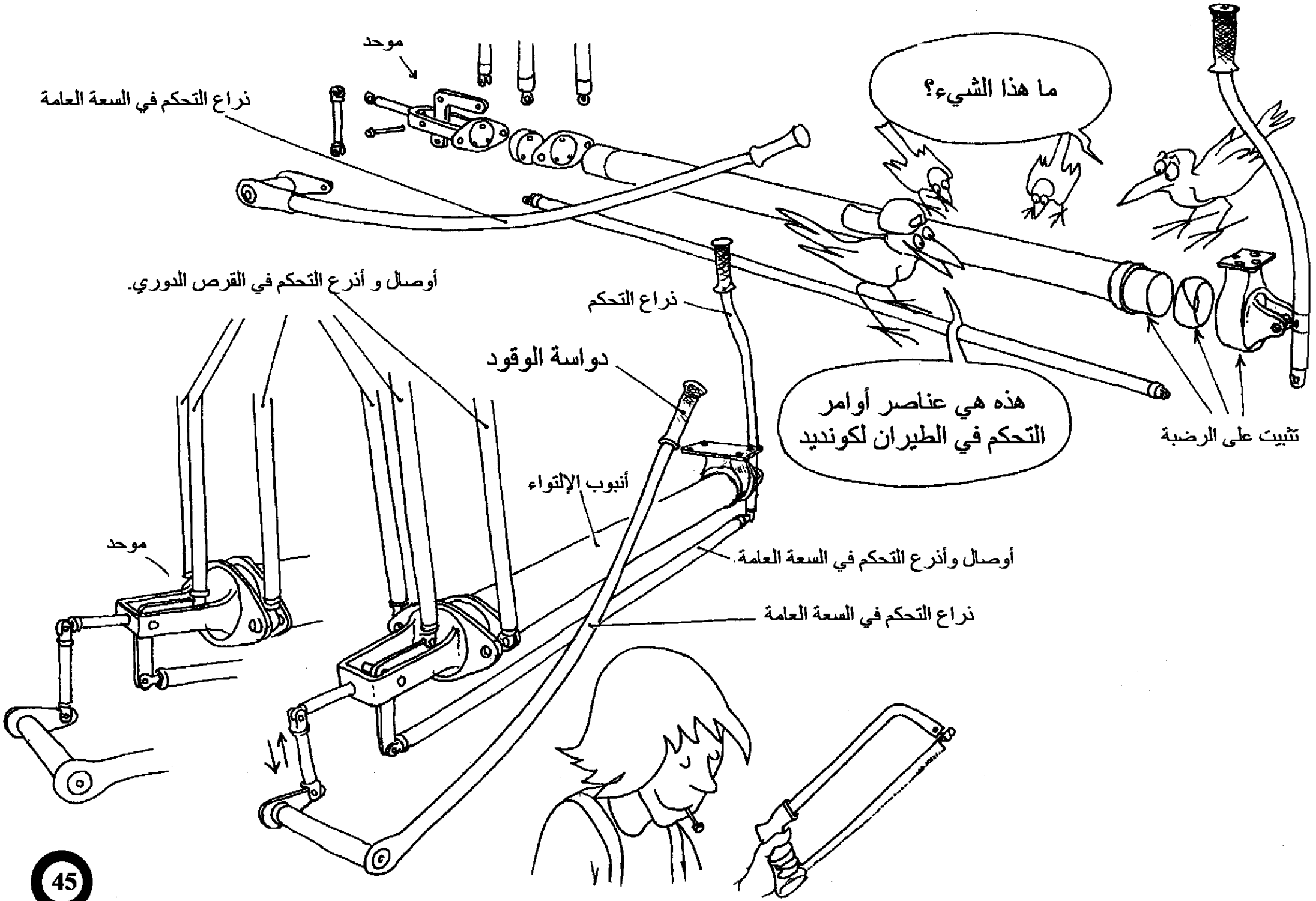
ثلاثة قضبان تكفي للتحكم في القرص، الغير دوار.

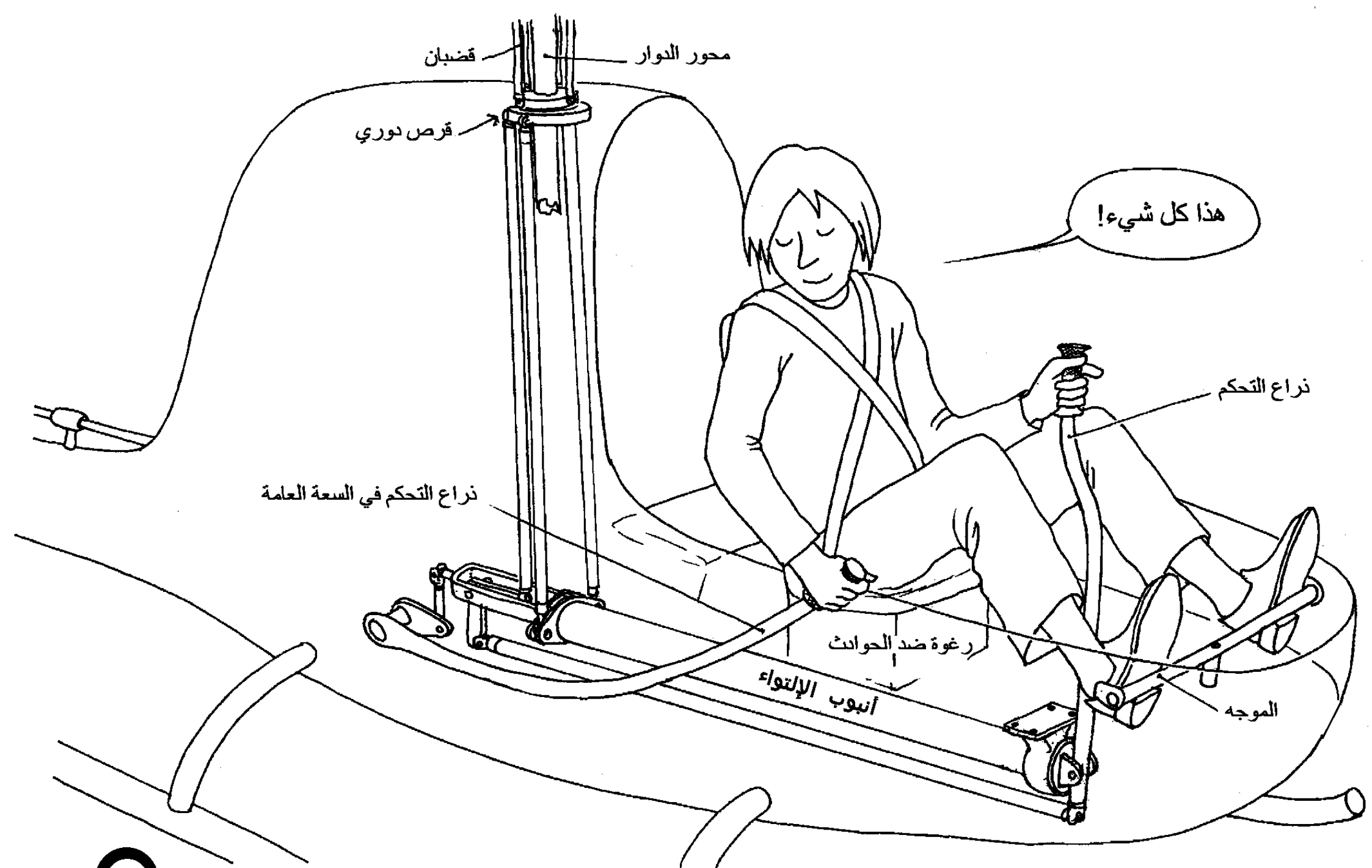


قيادة الطائرة بالزيادة في انحناء الشفرات






موحد
ذراع التحكم في السعة العامة
ما هذا الشيء؟
أوصال و أذرع التحكم في القرص الدوري.
ذراع التحكم
دواسة الوقود
هذه هي عناصر أوامر
التحكم في الطيران لكونديد
تثبيت على الرضبة
أنبوب الإلتواء
موحد
أوصال وأذرع التحكم في السعة العامة.
ذراع التحكم في السعة العامة


قضبان
محور الدوار
قرص دوري
هذا كل شيء!
ذراع التحكم
ذراع التحكم في السعة العامة
رغوة ضد الحوادث
أنبوب الإلتواء
الموجه

هذه المرة، كل شيء جاهز أيها المعلم "بانغلوس".
إلى الأمام!
تاكلونك تاكتا
كتاك بلتاكلاك
اك!
هذا مرعب يا معلمي! كان هناك إهتزاز شديد لدرجة أنني خشيت أن تدمر آلتي كليا وتتحول إلى آلاف القطع!
ليس هذا فحسب، هناك ما هو أسوأ...
وما هو يا عزيزي "كوندید"؟
كنت أتوهم أنني صنعت أحسن ميكانيكية سوائل ممكنة.
تصور، يا معلمي، عندما دفعت بذراع التحكم نحو الأمام...

لقد تحركت الآلة نحو اليمين كالسلطعون.

على الفور وجهت ذراع التحكم نحو اليسار.

في تلك اللحظة جمعت الآلة وكأنها حصان مجنون

وانطلقت نحو... الخلف.

مع هذه الحركات الغير المفهومة، ظهرت ارتجاجات واضطرابات رهيبة جدا، حتى خلت أن الدوار سيدمر وأن ساعة نهايتي قد حانت.

هذا مؤسف للغاية. ولكن ألم تستطع حتى الآن إيجاد العلاجات السليمة، التي أوحى إليك بها حسك السليم، لهذه لمشاكل؟

لقد أحسست أن الآلة تهتز بشدة وذلك مباشرة بعد أن فعلت التغيير الدوري لسعة الشفرات. كان الأمر أشبه بيد سحرية تمسك بالدوار من الوسك وترجه بقوة. ولكن عندما أتمعن في الأمر أجزم أنني وجدك حل هذه المشكلة.

لتكن شفرتان متقابلتان قطريا، بحيث تم تصغير سعة واحدة والزيادة في سعة الأخرى، تختلف القوى الديناميكية الهوائية من حيث الشدة والاتجاه. وهذا يفسر هذه الإرتجاجات التي كادت أن تدمر الآلة.

لقد أحسست أنه إذا واصلت على ذلك النحو فسينكسر الدوار حتما.

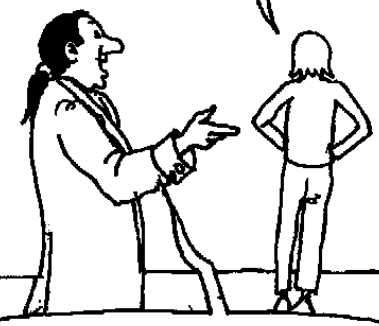
هذه الشفرات، لمذا لا نمنحها حرية الحركة، نحو الأعلى أو الأسفل أو الأمام أو الخلف مع ترك الأمر كله للقوة الوزن لرعاية و إحكام السيطرة على المجموعة كلها.

لقد نجحت، "بانغلوس"، لقد نجحت!
لا زالت الآتى ترتج و لكن ليس بشكل كبير جدا. في المقابل يبقى رد فعلها لأوامر التحكم غير مفهوم:

الذراع نحو الأمام: تتحرك نحو اليمين.
الذراع نحو اليمين: تتحرك نحو الخلف.
الذراع نحو اليسار: تغطس بمقدمتها وتتحرك نحو الأمام.
الذراع نحو الخلف: تتحرك نحو اليسار.

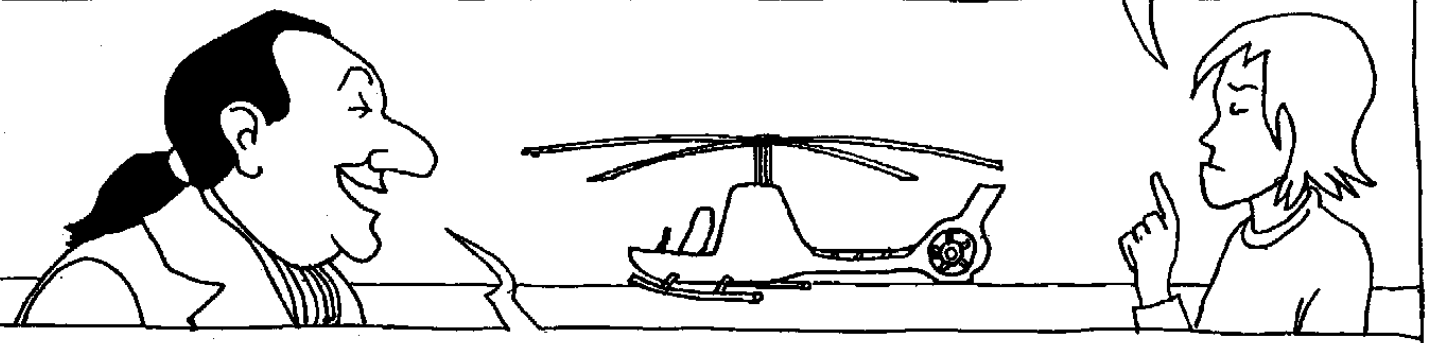
هذا يعني أن آلتك تطيع الأوامر، و تنفذها ب...90°

هذا غير مفهوم بتاتا ولكنه صحيح.



حسنا، الحل بين يديك. قم بتغيير أوامر التحكم تبعا لذلك.

لن أستقل مركبة أجهل سلوكها، هذه حدود فهمي يا معلمي الطيب.



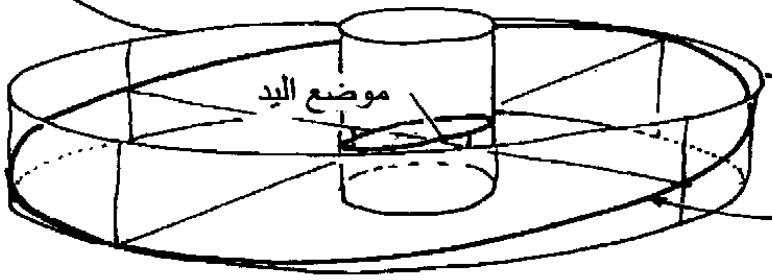
"كونديد" يا عزيزي "كونديد"، كم من الأشياء مظاهرها مألوفة بالنسبة لنا ولكن يبقى جوهرها غريبًا بالنسبة إلينا. تأمل: الشمس تدور حول الأرض و نحن لا نعرف لماذا. لم ننجح لحد الان من معرفة ماهية هذا الفراغ الرهيب الذي يجعل الزئبق يرتفع في البارومترات. والسبب الكافي لهذه الطاقة السوداء التي تسبب إعادة تسارع الكون، لا تزال مجهولة بالنسبة لنا. فهل علينا الامتناع عن مراقبة وقياس كل هذه الظواهر التي تقدم لنا الطبيعة؟

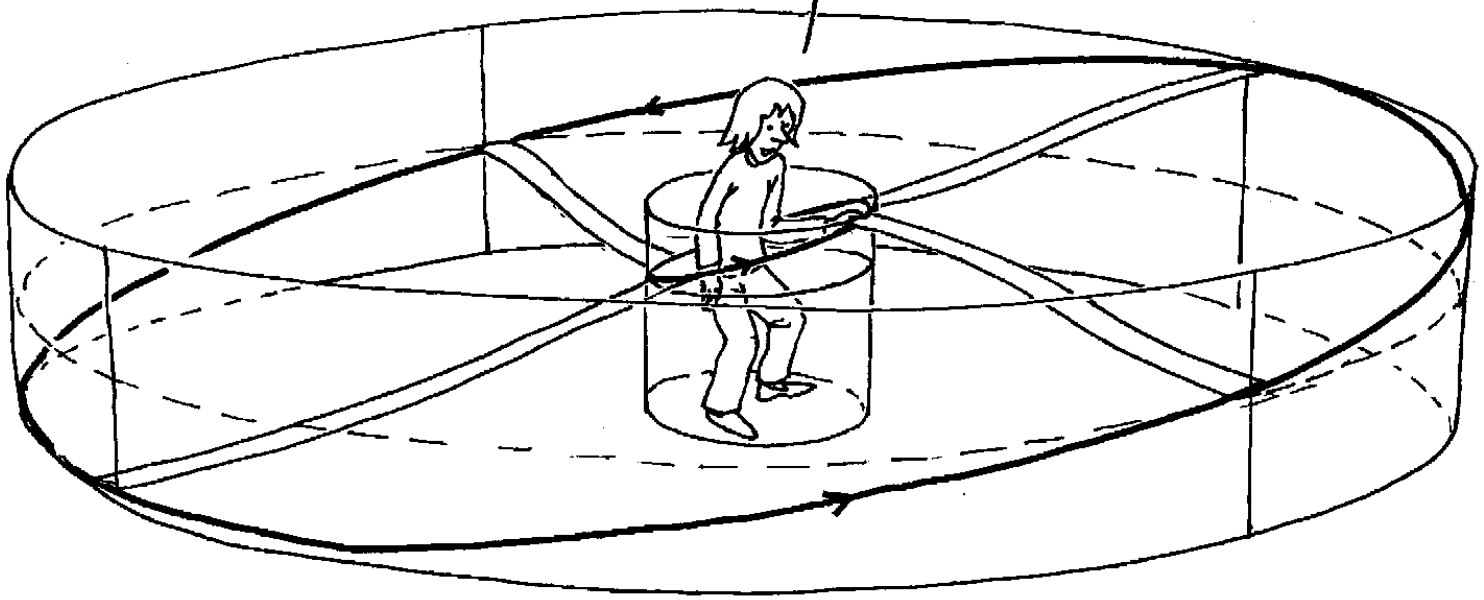
والحب يا كونديد والمشاعر التي تكنها للانسة "كونيكوند" ؟

إذا كانت هذه ميكانيكيا الطيران هي الأحسن من الميكانيكيات الممكنة، فما هي إذن الأخرى؟...

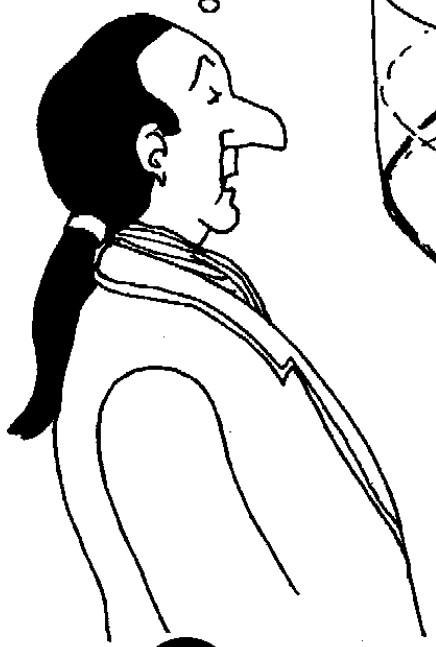
فارق الزمن الدوري

بانغلوس"، أعتقد أنني وجدت الحل أخيرا. عندما أحرك هذه الشفرة من الأعلى إلى الأسفل، مع الدوران حول " نفسي بحيث يكون دور تذبذب الشفرة هو نفسه دور التفافي، فالتركيبة التي تجمع بين حركة ومرونة الشفرة تجعلها تتبع الحركة بتأخر قدره 90° .





يا إلاهي !



علميا هذا يترجم سلوك **نظام من الدرجة الثانية.**

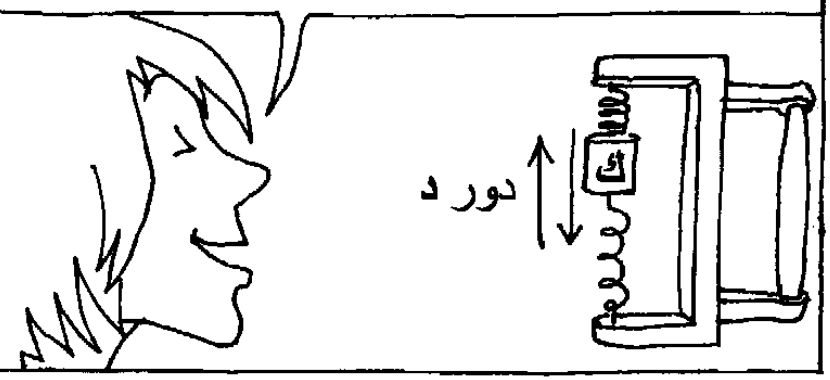
أعترف أن هذا السبب الكافي أعلى من مستوى تفكيري.

ستفهم بالتأكيد يا معلمي، بفضل هذا الجهاز الذي نسميه "إلاستوترون" (*)

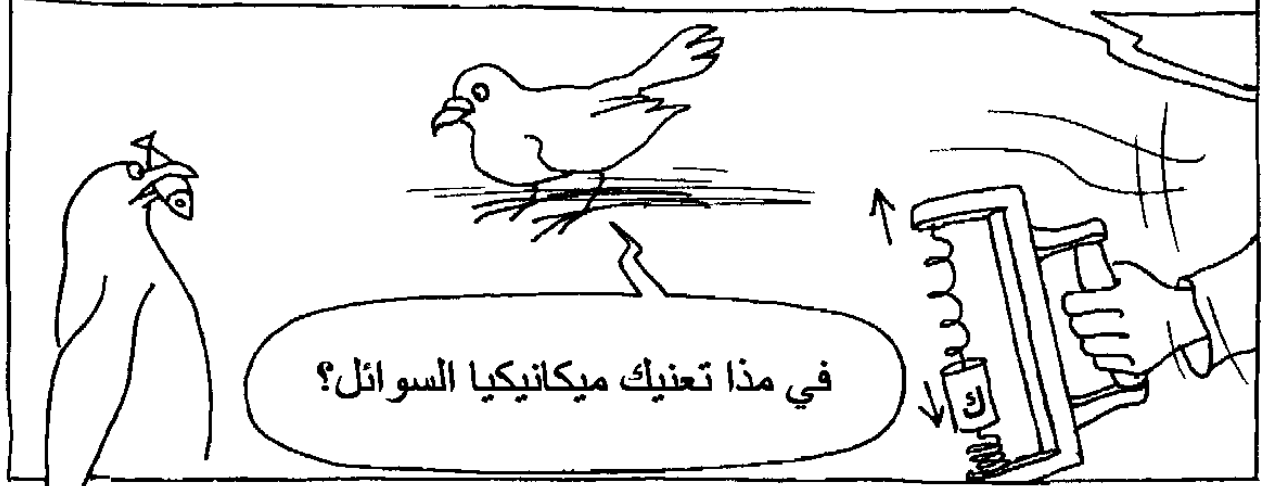
لا تبحث عن استعمالات هذا الجهاز، الذي دوره الوحيد هو شرح السلوك الفريد لشفرات الطائرات العمودية

كنت أعتقد أننا نناقش موضوع ميكانيكيا السوائل.

توضيح:
إذا حركت الكتلة ك بعيدا عن موضع توازنها، فسوف تتأرجح بدور ما والتي نسميها **دور النظام**.



عند تعاملك مع الجهاز عن طريق هز الكتلة ك نحو الأعلى والأسفل بنفس الدور د، ستستجيب ك في زمن معاكس.



في مذا تعنيك ميكانيكيا السوائل؟

أنا على يقين أنك لا تجيد السباحة!

سباحة؟

دعه وشأنه يا عزيزي. لا تعقد الموقف مع هذا البطريق. فهذا الكتاب المصور معقد بما فيه الكفاية.

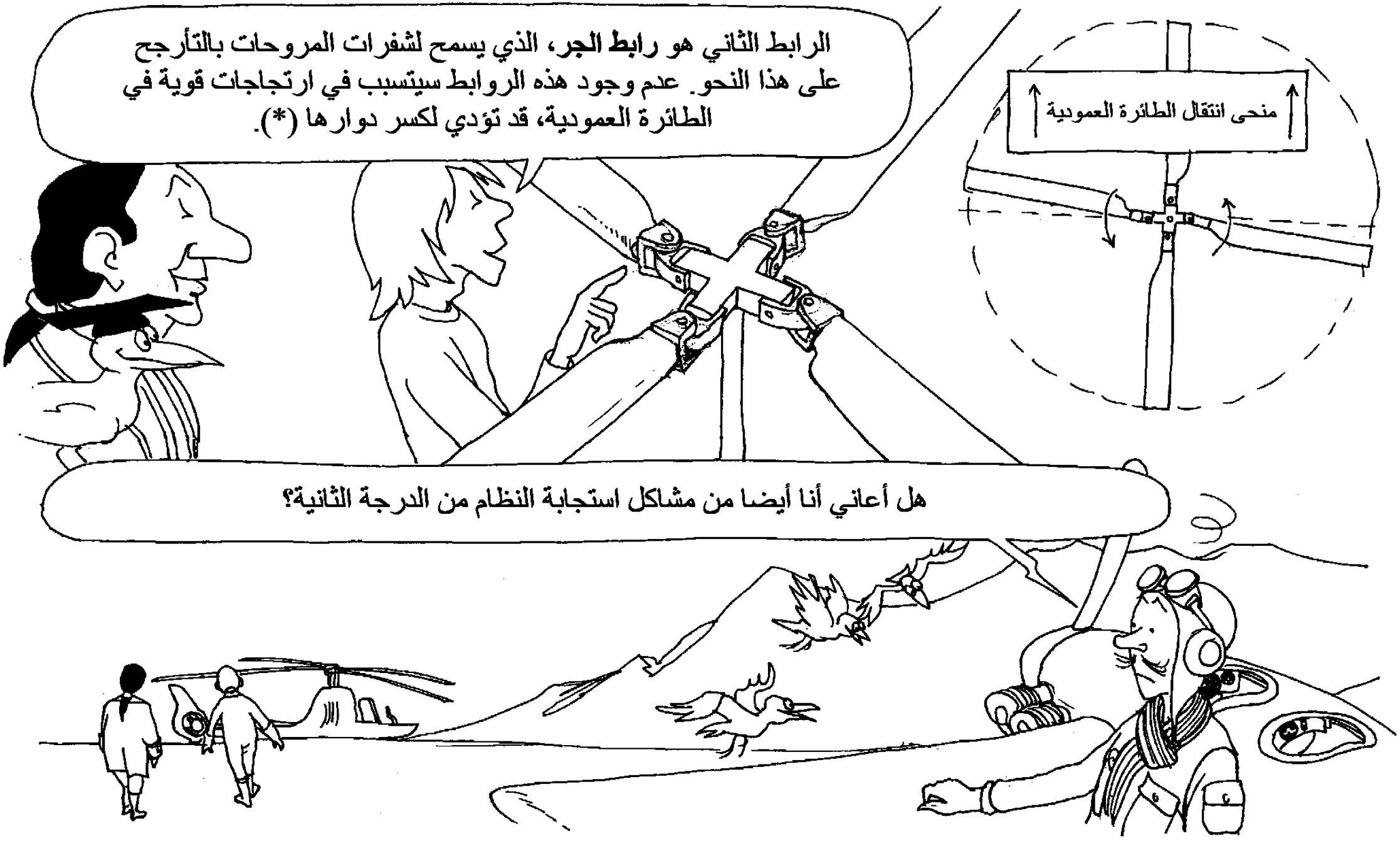
جسم "الاستروترون" يستجيب أيضا ولكن في **زمن معاكس**.

أمسك كتلة "الايلاستروترون" بيدك ورجها بالدور د.

حسنا، سأمسكها هكذا وسأرجها حسب... دور النظام.

بعد تركيبه في الطائرة العمودية.
منذ قليل، كنت أهز شفرات المروحات بتزامن مع حركة دوراني حول نفسي. في حالة الطيران، شفرات المروحات هي للتي تهز الآلة. وهذا يعلل ضرورة وجود **روابط النبضات** هذه في كل مروحة.

ممم... هذا جيد.



(*) منذ التجارب الأولى للأوتوجيرو، قام الإسباني "دو لا سييرفا" بإدخال نظام "روابط الشفرات والنوابض" وإلا كان سيشهد تحطم وانكسار آلته على الفور.

أنا أتساءل عما يفعله "كونديد" الآن. فنحن لم نسمع أخباره منذ مدة. وهذا يقلقني.

أنت تريد أن تعرف اختراعاته الجديدة.

لا يمل هذا الصبي أبداً من أفكاره واختراعاته التخريبية.

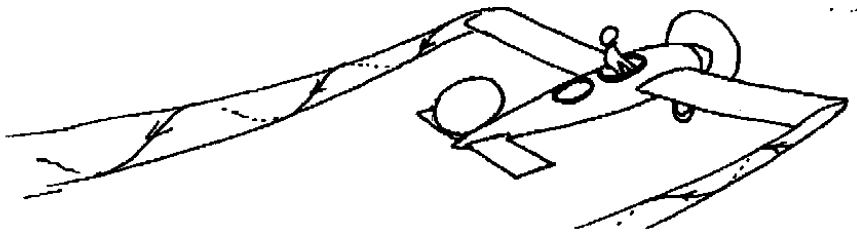
حسنا، إنه مهندس جيد.

ولكنني لا أطيق أبدا أفكاره الخاصة بـ... السفر بين الكواكب.

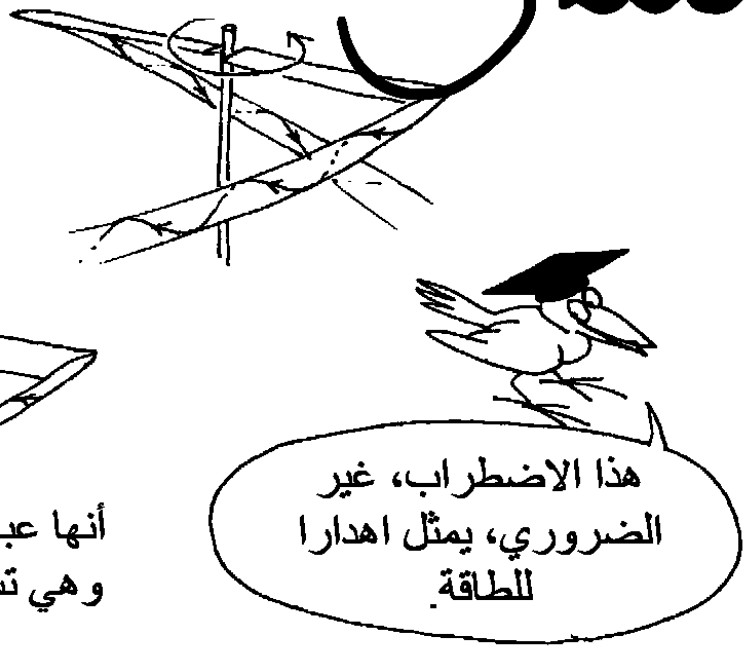
على كل حال، لن تتزوج ابنتي برجل من العامة، ولو كان دكتورا في العلوم.

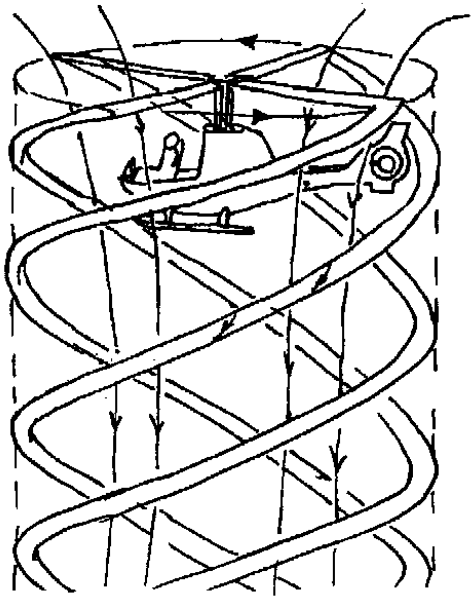
حالة الإنتقال

إن شفرات مروحة الطائرة العمودية هي عبارة عن أجنحة ذات استطالة كبيرة جدا، تخلف في أعقابها **دوامات هامشية**.



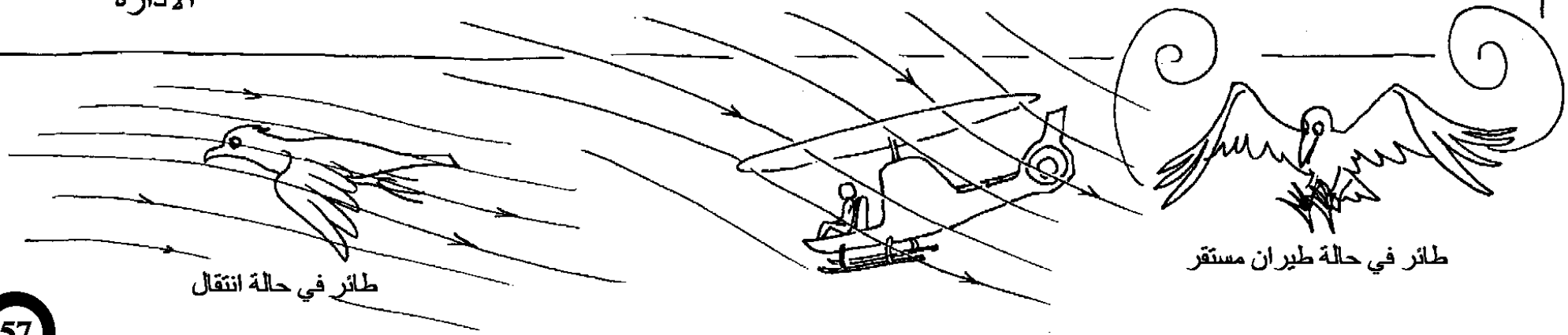
أنها عبارة عن دوامات تنشأ عند أقصى طرف الجناح، وهي تسبب عند الإرتفاعات الكبيرة تكثيف بخار الماء (نفثات التكثيف)





عندما تكون الطائرة العمودية في حالة انتقال، تصبح هيئة التدفق مختلفة بالكامل. تفقد الدوامات قدرا كبيرا من أهميتها ومفعولها، وهكذا تستطيع الآلة أن تحلق نفسها بأقل قدر من استهلاك الطاقة.

الادارة



طائر في حالة انتقال

طائر في حالة طيران مستقر

اعترف أنني لم أفهم شيئا في حكاية حالة الانتقال هذه.

الأمر بسيط جدا. لاحظ كيف نقلع.

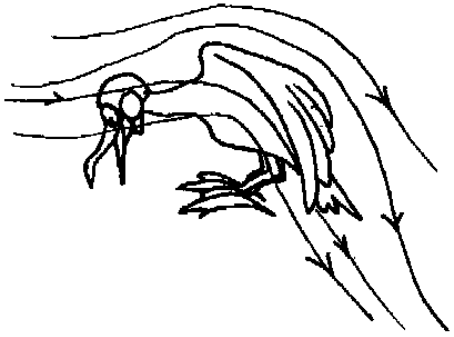
حتى نبقى في حالة طيران مستقر، فنحن نبذل قدرا من الطاقة لإحداث اضطراب.

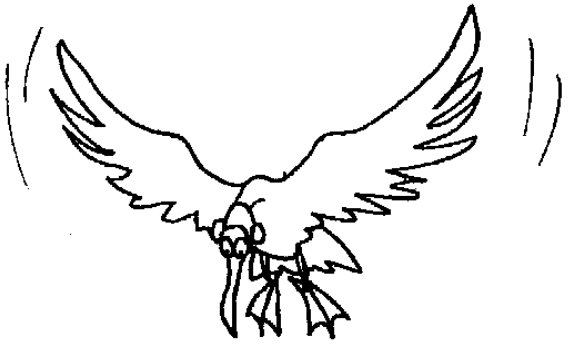
في حالة الإنتقال، يتدفق الهواء بين الريش بأدنى اهدار ممكن للطاقة. نواصل تحريك أجنحتنا دائما ولكننا نبذل مجهودا وطاقة أقل.

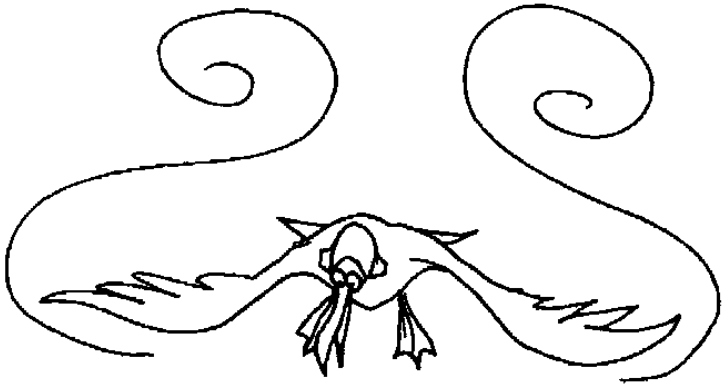
وفي حالة الانتقال العكسي!

هذا ليس صعبا. عندما تشاهد شيء
مهما في الأسفل، مثلا سمكة.

أنت تجمح قليلا (ترتفع قليلا بالرأس)
وتبقى ثابتا في الجو.

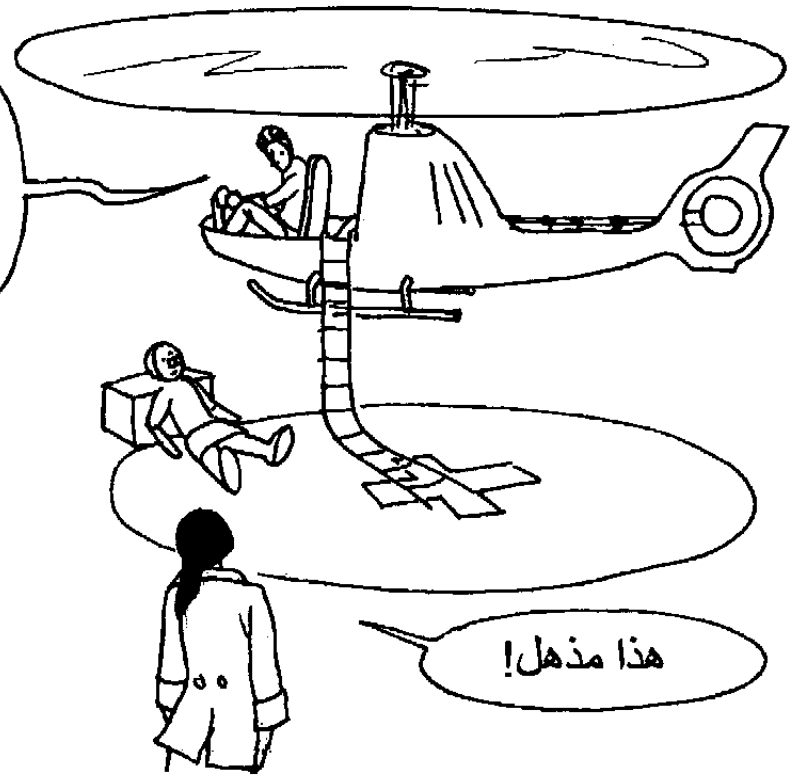


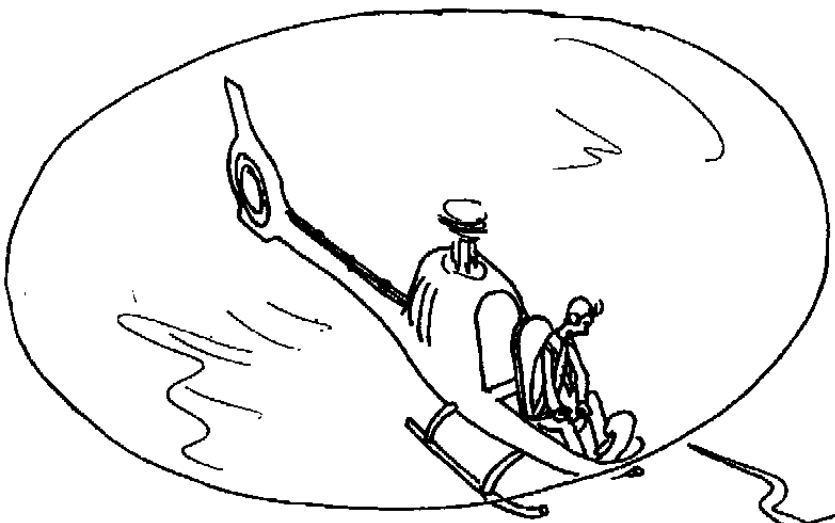




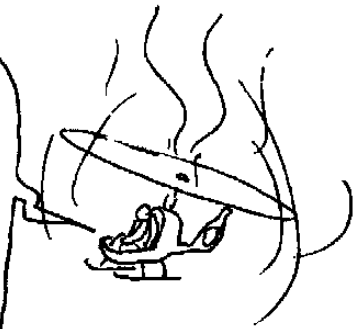
هنا، تعود الى حالة الطيران المستقر، بإحداث اضطراب قوي،
أي باستهلاك قدر أكبر من الطاقة.

"بانغلوس"، أنا مستعد الآن. هذه الآلة مستقرة ومتحكم فيها بشكل مذهل. بعد ركوب "كونيكوند" متباشرة سأبتعد بأقصى سرعة ممكنة حتى أكون خارج مدى سهام رماة البارون.





ما علي إلا أن اطير على علو كبير. فالناس لا يرفعون أعينهم إلى السماء. وبعد ذلك سأهبط بشكل سريع وعمودي على سطح برج القلعة.

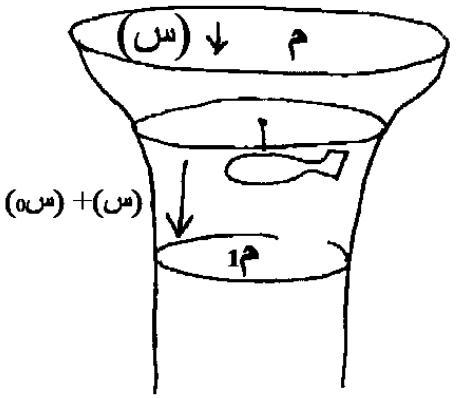


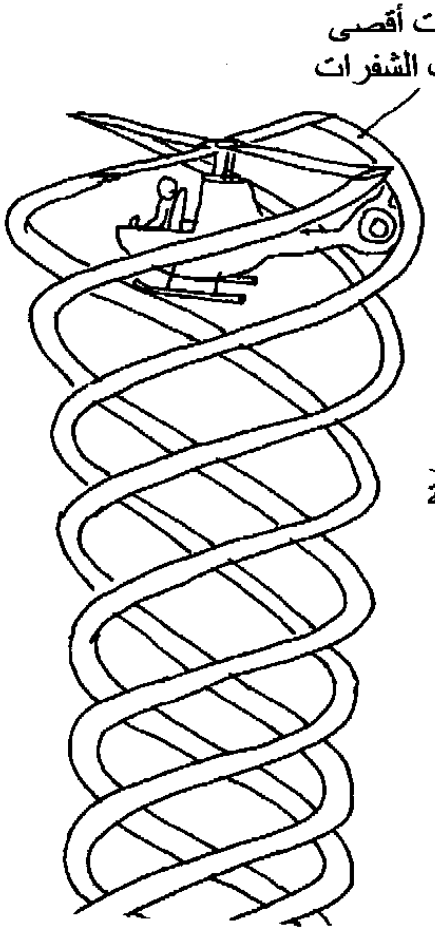
لدي انطباع بأن طائرتي العمودية تعتمد على نوع من الكتل العديم الشكل، الغير مستقرة تماما. علي أن أخرج من هنا بسرعة. من الواضح أن الهبوط العمودي السريع غير فعال تماما.

لقد أخطأت الهدف يا "بانغلوس". الهبوط العمودي بشكل كامل غير ممكن بتاتا.

السرعة المستحثة

(*) $(ك-ح) \times (س) \times (م) = (ك-ح) \times (س+س_0) \times (م_1)$



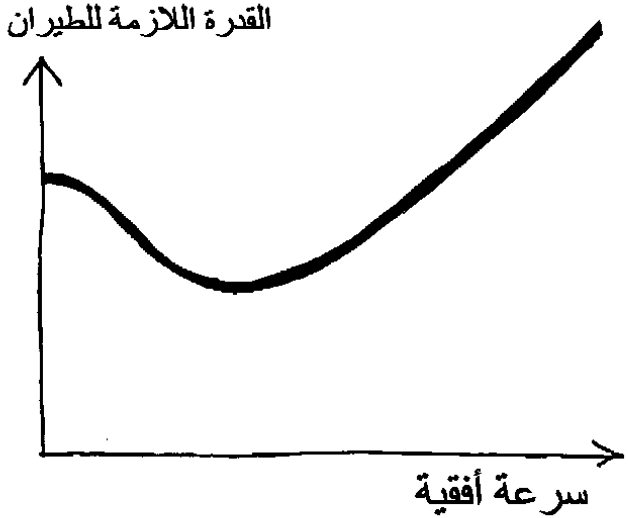


تعلق الطائرة العمودية في الهواء عن طريق شفط الهواء نحو الأسفل يقتضي بأن نمنحها سرعة مستحثة (س-م) قدرها حوالي 6 أمتار في الثانية. نستطيع أن نعاين الظاهرة عن طريق إطلاق الدخان في أطراف شفرات المروحة.

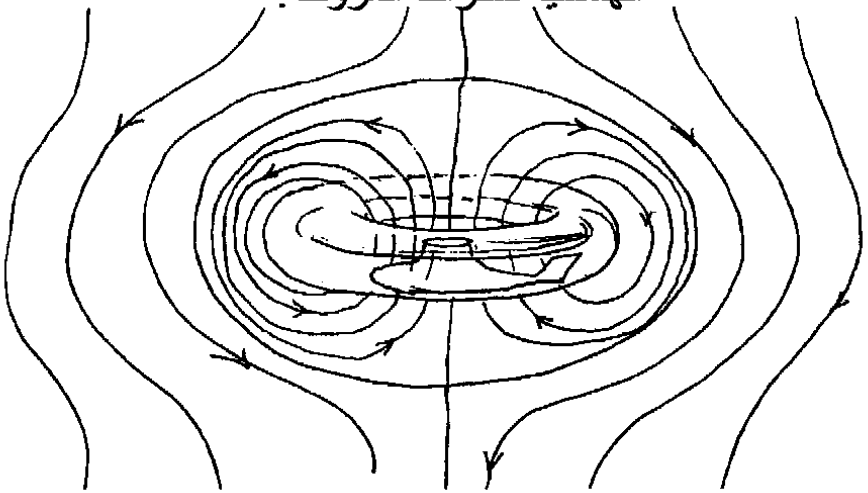
الطائرة أيضا تطير عن طريق **طرد الهواء نحو الأسفل**، رغم أن تأثير السرعة المستحثة لا يظهر بشكل جلي.

(*) هذه العلاقة تبين المحافظة على تدفق الهواء ذو الكتلة الحجمية (ك-ح) الثابتة. هذا يقتضي بأن المساحة (س-0) أصغر من (س)

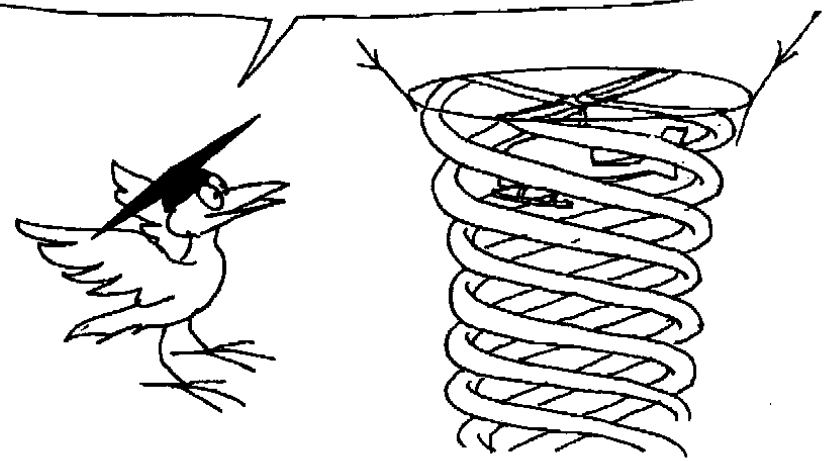
كل أشكال الدوامات هي أهدار للطاقة.
الطيران في حالة انتقال يحبط نشوء نظام اضطرابي على شكل دوامات. الحفاظ على علو ثابت أقل استهلاكا للطاقة.



لا أهمية تنكر للطاقة المفقودة بسبب الدوامات الهامشية لشفرات المروحة.

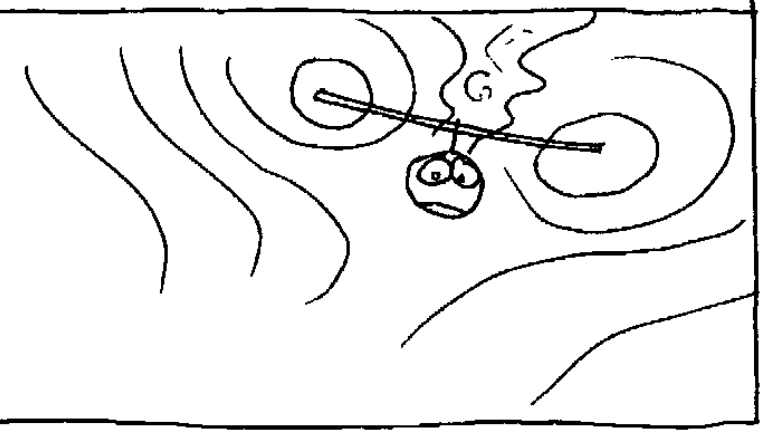


عندما تشرع المروحية في الهبوط العمودي، تتفاعل الدوامات الهامشية عندما تصل السرعة العمودية ربع ($س_0$)

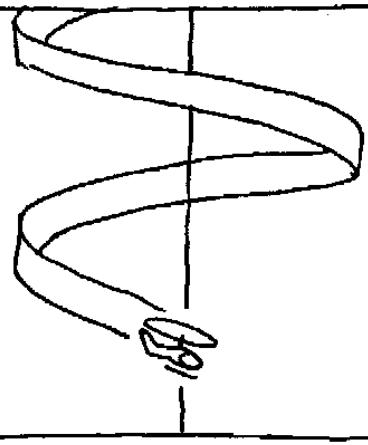


عندما تعادل سرعة الهبوط ثلاث أرباع السرعة البدئية (س0) تندمج الاضطرابات وتشكل دوامة كبيرة على شكل طارة.

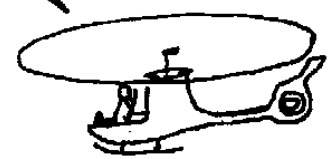
تتولى كل شفرة أمر الدوامة الهامشية للشفرة التي تسبقها وتضخمها. ويزداد إهدار الطاقة. كما أن هذه التركيبة الهندسية غير مستقرة بتاتا.



بالإضافة إلى ذلك، ومن أجل الغطس نحو منطقة للهبوط، يفضل ربابنة الطائرات العمودية النزول بطريقة لولبية، أي بالحرص على الطيران في حالة انتقال.



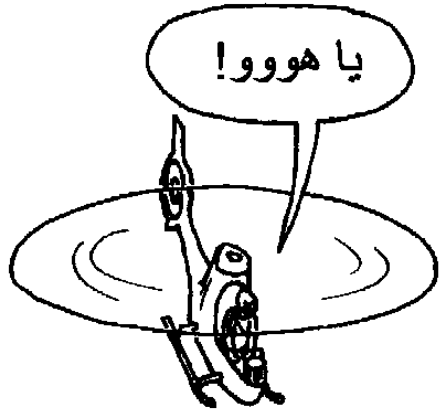
مغزى:
سوف أقترب من أعلى برج القلعة عن طريق الطيران أفقيا.
وسأكسر سرعتي في اللحظة الأخيرة، حيث سأتحول إلى حالة الطيران المستقر،
وفي النهاية سأنفذ هبوطا بسرعة عمودية معتدلة، حوالي متر واحد في الثانية.

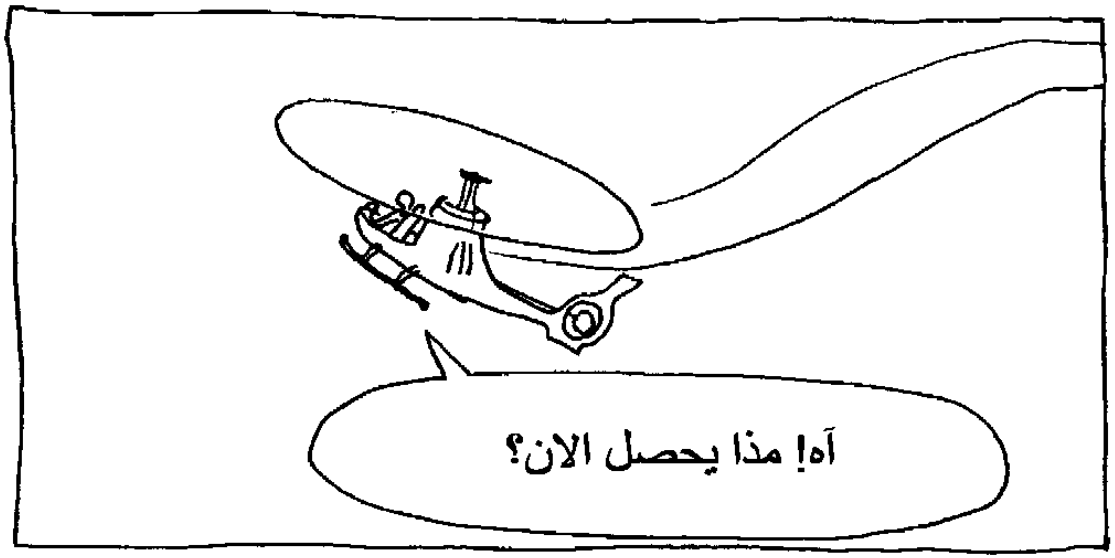


وذلك حتى أتفادى الانتقال إلى حالة النظام المضطرب الخطير.

الآن، لنعد إلى تجاربنا.

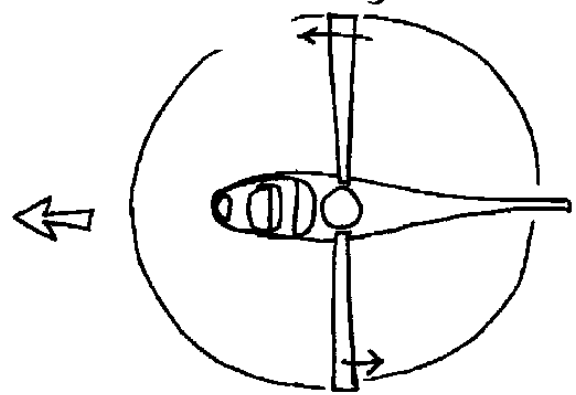
إنكسار هوائي على الشفرة المتراجعة





(س$_ش$) + (س)

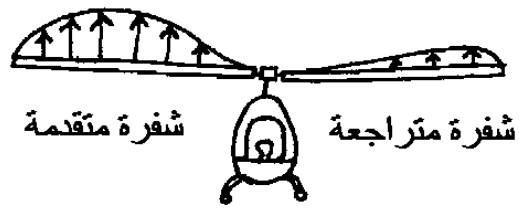
شفرة متقدمة



شفرة متراجعة

(س) – (س$_ش$)

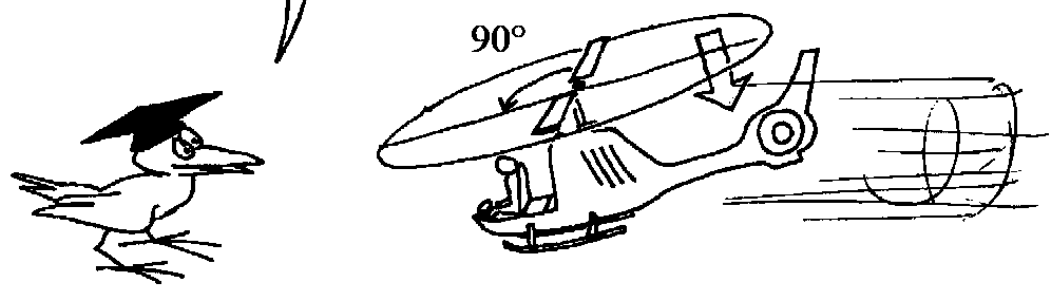
لتكن (س-ش) سرعة الشفرة عند محيط المروحة.
ولتكن (س) سرعة طيران الطائرة العمودية.
سرعة الرياح النسبية المطبقة على الشفرة المتقدمة هي
(س$_ش$) + (س).
بينما تلك المطبقة على الشفرة المراجعة هي
(س) – (س$_ش$)
إذن، فقوى الضغط التي تطبق على الشفرتان
مختلفتان تماما.



منحى دوران الشفرات يختلف من بلد لآخر.
هكذا وبالنسبة للطائرات الفرنسية فشفرة المروحة المتقدمة موجودة يسارا، بينما تتمركز على اليمين بالنسبة للآلات الأمريكية. ولكن هذا لا يغير شيئا في صلاحية ما ورد في هذه القصة المصورة.

الادارة

كان من الممكن الإعتقاد أنه عند السرعات الكبيرة، ستميل الطائرة العمودية للتأرجح تجاه الجانب. ولكن، وبسبب ظاهرة تأخر رد فعل الآلة ب 90°، تميل هذه الأخيرة إلى الجموح نحو الأمام.



"كونديد"، أنا أفكر في أمر واحد.
البارون يجهل كل شيء عن مشاريعك. وينطبق هذا الأمر أيضا على "كونيكوند". كيف ستتأكد من وجودها فوق سطح البرج، عندما ستصل أنت إلى هناك!

أنت على صواب يا معلمي "بانغلوس". ما العمل إذن؟
سأتناول عشائي هذه الليلة في القصر. سأحاول أن أجد طريقة لتبليغها ذلك.
جعبة المعلم "بانغلوس" مليئة بالأفكار والحلول العديدة.
آه، أيها المعلم "بانغلوس"، لم لا تحكي لنا حكاية جميلة، فيلسوفية، تفيد حكمها إبنتنا الجميلة.
نعم أيها المعلم، نحن نقدر جدا قصصك الفيلسوفية.
كان يا مكان...

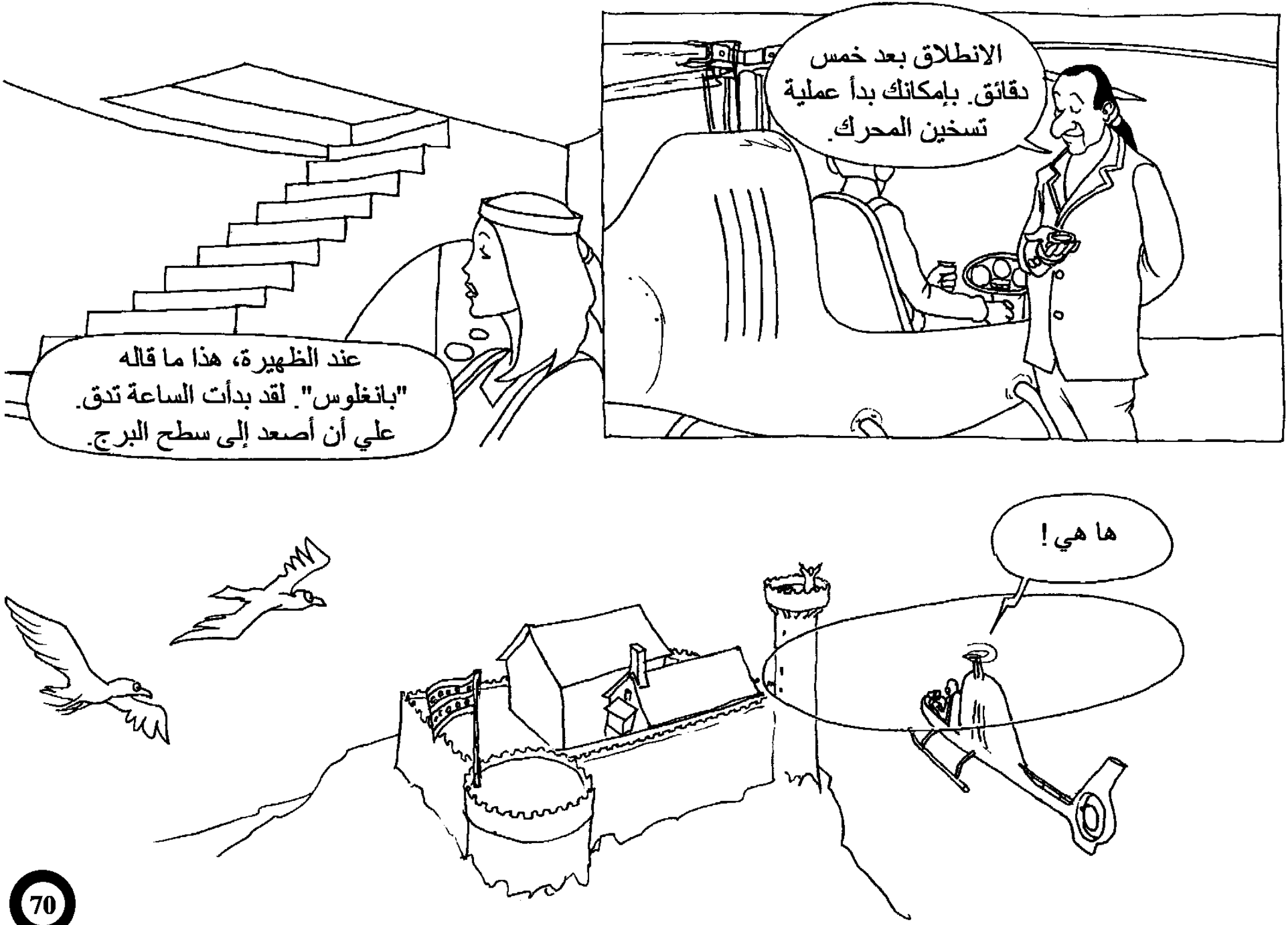
وهكذا، وعندما دق جرس البرج إثنتا عشر مرة معلنا عن الظهيرة، استقل الأمير بساطه السحري وانطلق لتخليص أميرته، التي كانت تنتظره في سطح برج في القصر.

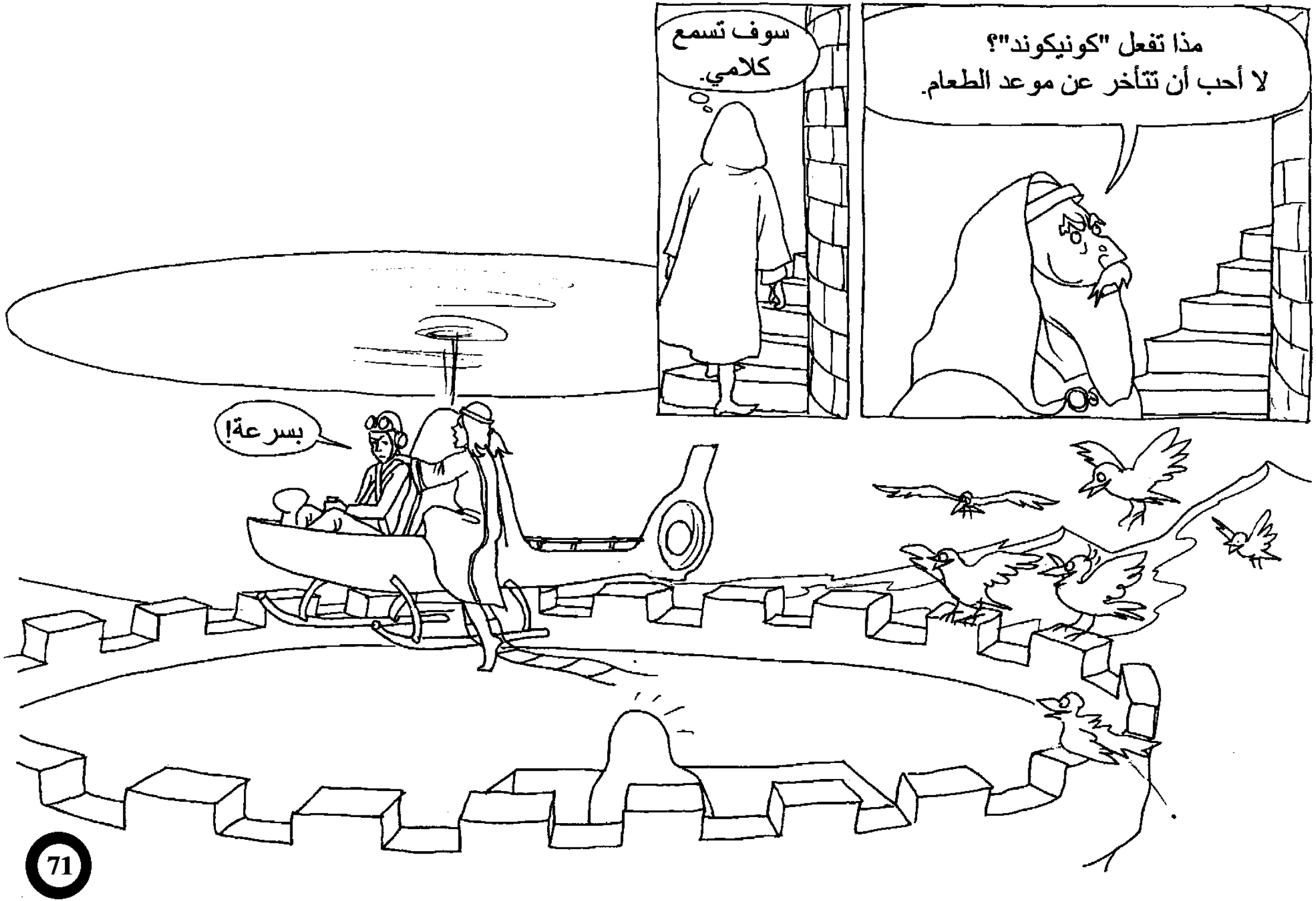
"كونيكون" الرج
غدا على سطح البرج
الساعة 12

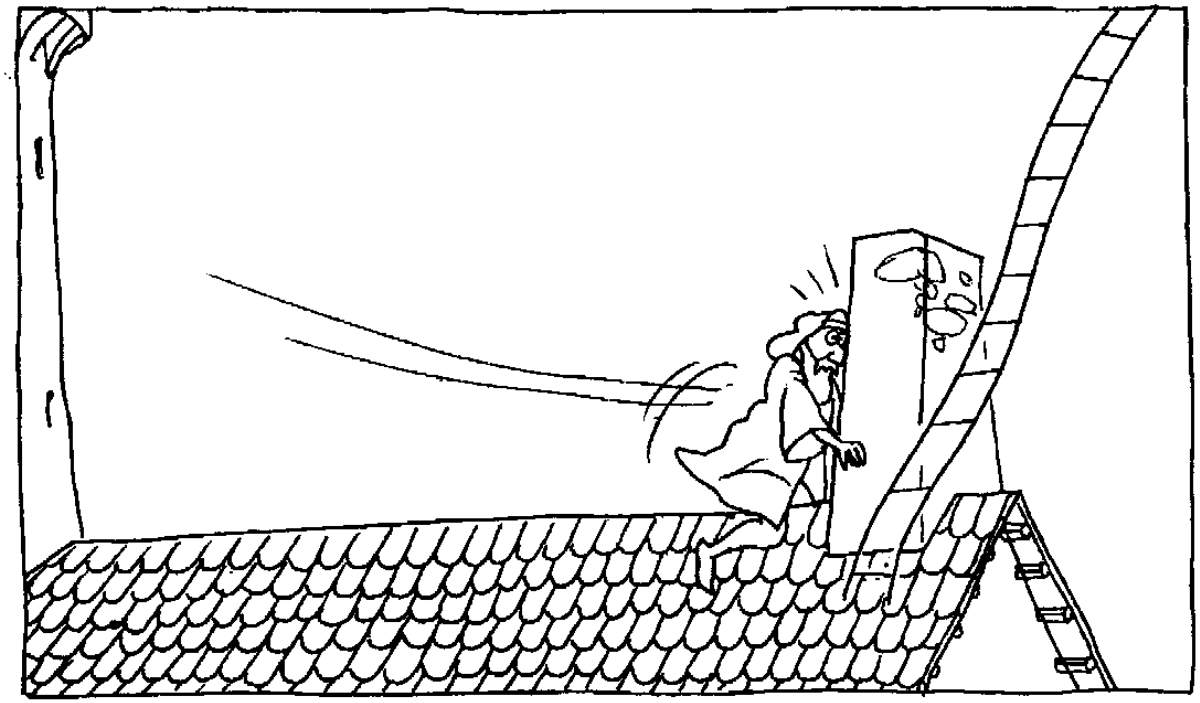
لقد كانت حكاية جميلة، يا عزيزي "بانغلوس"، ولكنني لم أفهم...
ممم... جميع تداعياتها الفلسفية.

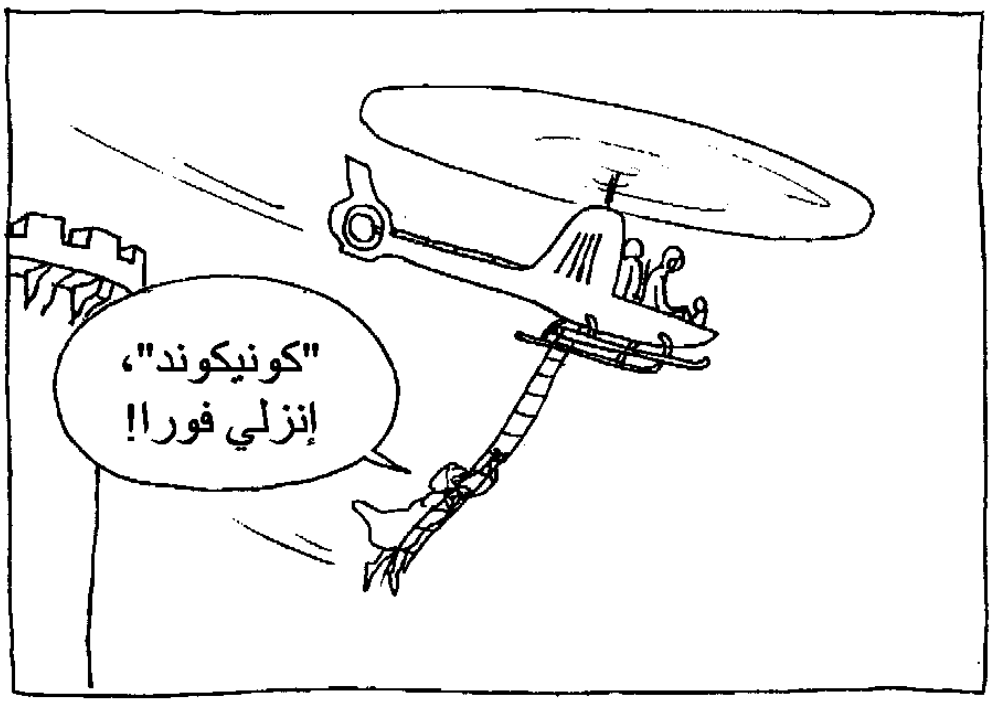
؟

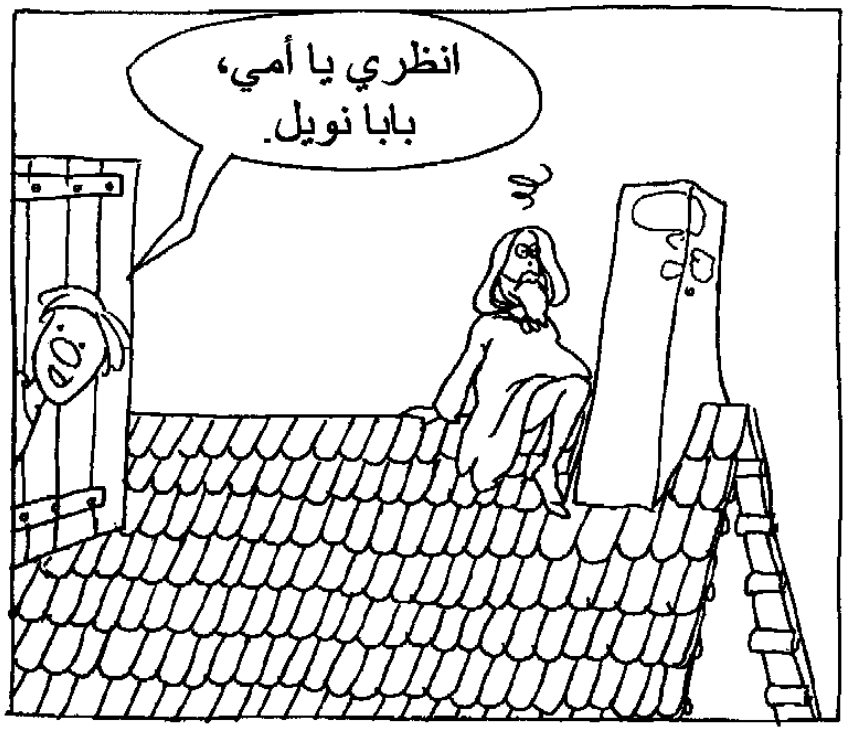
قصة كهذه لا تتحقق إلى في الحكايات الخرافية. وإلا علينا أن نومن ببابا نويل.
"بانغلوس"، هذا الرجل يغرق في الأحلام والخيال في بعض المرات.
أمير يأتي مع بساط طائر! هذا يخالف قوانين الفيزياء!!


الانطلاق بعد خمس دقائق. بإمكانك بدأ عملية تسخين المحرك.
عند الظهيرة، هذا ما قاله "بانغلوس". لقد بدأت الساعة تدق. علي أن أصعد إلى سطح البرج.
ها هي !


مذا تفعل "كونيكوند"؟
لا أحب أن تتأخر عن موعد الطعام.
سوف تسمع كلامي.
بسرعة!




"كونيكوند"،
إنزلي فورا!


انظري يا أمي،
بابا نويل.

يال الهول! هناك مشكل في المحرك. علي أن أحافظ على نظام سرعة الدوار
و دوراتي و سرعتي بأي ثمن. علي أن أجعل السعة العامة عند ادنى حد ممكن.

أصبح الآن التدفق معكوس. منحاه من الأسفل نحو الأعلى.
لقد أصبحنا في نظام **دوران تلقائي**. وتحولت طائرتي العمودية إلى "أوتوجيرو". الجزء المحرك، الذي يدور تلقائيا، يجر الباقي.

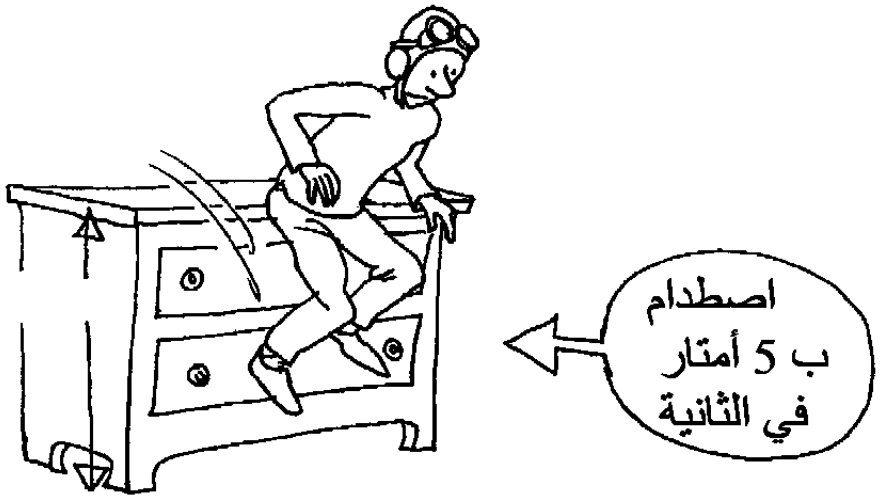
مذا! الطائرة العمودية تستطيع التحليق بشكل حر.

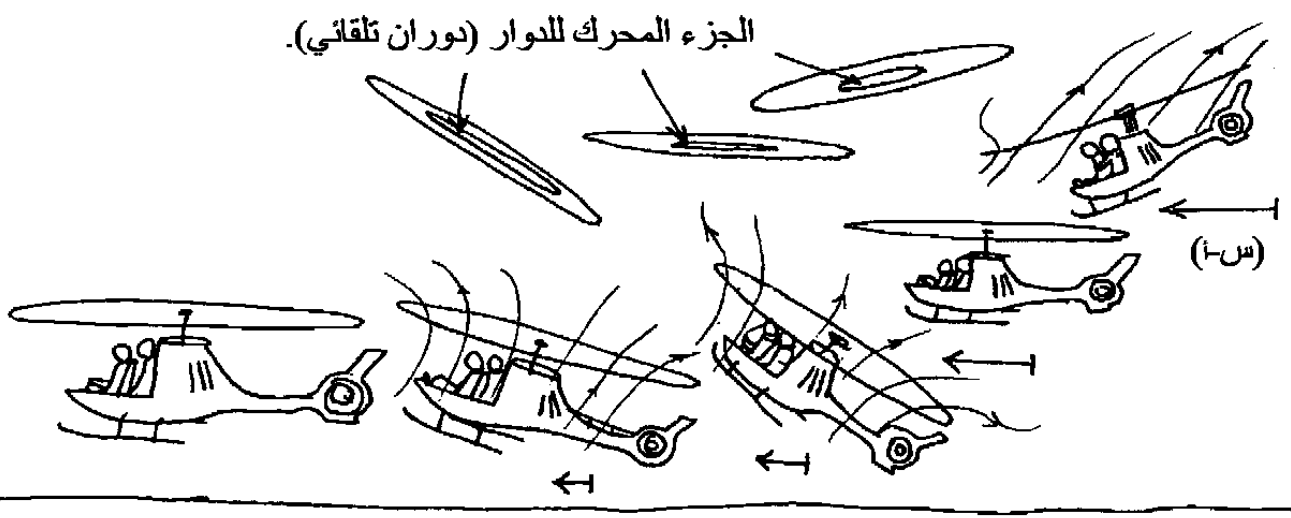
هذا صعب التصديق !

رغم هذا نحن نهبط بوتيرة سريعة جدا: 10 أمتار في الثانية.
هذا لا يصل إلى سرعة سقوط الحجر ولكننا لسنا بعيدين عن ذلك.

في نظام دوران ذاتي، تطير الطائرة العمودية بسرعة 100 كيلومتر في الساعة وهو ما يعادل نعومة طيران قدرها 3.
في حالة الدوران التلقائي العمودي، تكون سرعة السقوط 20 متر في الثانية وهي سرعة كافية لقتل الركاب في حالة الاصطدام.
من أجل التوضيح: يستطيع الإنسان أن يتحمل اصطداما بسرعة 5 أمتار في الثانية، وهو ما يوازي القفز من على الطاولة.
اصطدام ب 10 أمتار في الثانية يعادل القفز من علو 5 أمتار.

الادارة

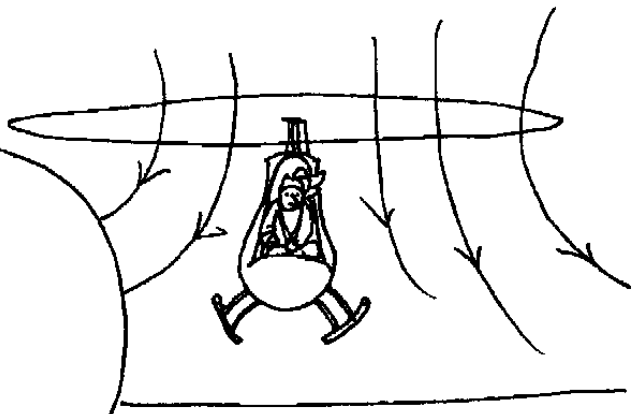




على علو 10 أمتار، سحب "كونديد" ذراع التحكم بقوة محافظا على السعة العامة عند أدنى حد. تجمح الآلة (ترتفع مقدمتها قليلا)، وعندئذ تواجه الرياح النسبية الشفرات بزاوية هبوب أكبر، وهو ما يزيد من الجزء المحرك للدوار، الذي يدور تلقائيا. وهكذا يحول الطاقة الحركية للانتقال (*) إلى طاقة للدوران. وبعد ذلك دفع ذراع التحكم.

د

(*) الطاقة الحركية للانتقال= 2/1×(كتلة)×(مربع السرعة)



هنا سيسحب ذراع السعة العامة.
سوف ينعكس منحى تدفق الهواء.
وسيتحول الدوار من "الأوتوجيرو" إلى طائرة عمودية. باستغلال تأثير الأرض، سيستخدم الطاقة المخزنة في الدوار. (**)

(**) هذه المناورة تستهلك كمية مهمة من الأدرنالين.

سيدي...
إن جلالته مهتم جدا بمناورتك على صقرك الطائر هذا.
صقري! أي صقر؟
آه، لقد وجدتك أخيرا أيها المغرور السفيه! ستنهي بقية حياتك في سجوني.
ما كل هذا الضجيج؟
آه يا سيدي، لم أتعرف عليك. هذا الفتى يريد الزواج من ابنتي. ولكنه ليس نبيلا بما فيه الكفاية ليطلب يدها.

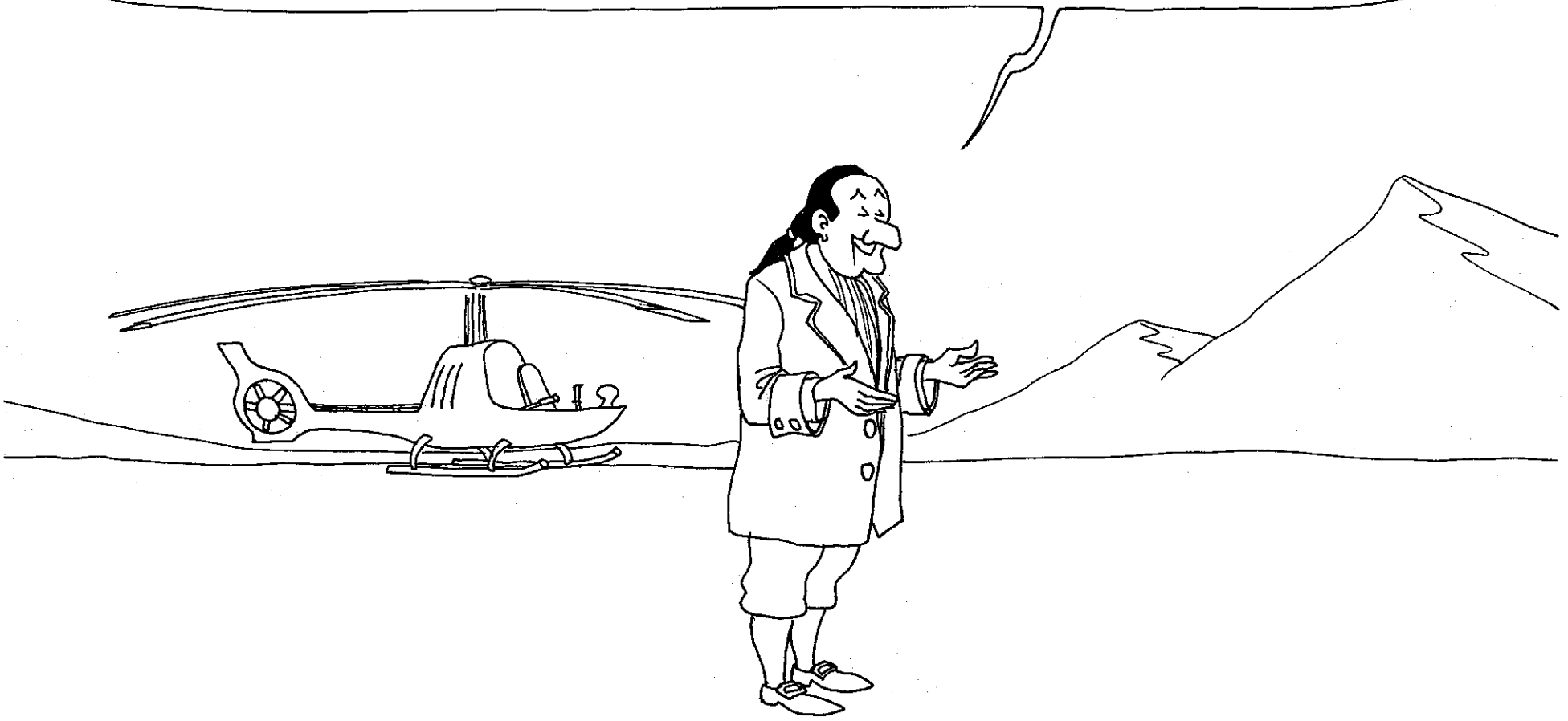
هذا البارون ممل جدا.
ففي المرات النادرة التي يظهر فيها شيء ممتع قليلا، يريد أن يسجن المخترع."بليسونو"، سلمني سيفك من فضلك.

هلا وضعت ركبتك على الأرض أيها الشاب؟
ستكون منذ الآن "الماركيز" "عمودي".
وستكون وزير جميع أنواع النقل

ماركيز، أهم وأرفع قيمة من البارون.
والآن هل ستوافق يا أبي؟

النهاية

هل فهمت الآن يا عزيزي "كونديد"، فالكل يسير نحو الأفضل في أفضل العوامل الممكنة. فلو لم يطردك البارون من القصر بركلة على قفاك، لم تكن لتخترع الطائرة لمروحية.



شكر خاص للسيد "باسكال شريتيان" لمشوراته الفنية القيمة.