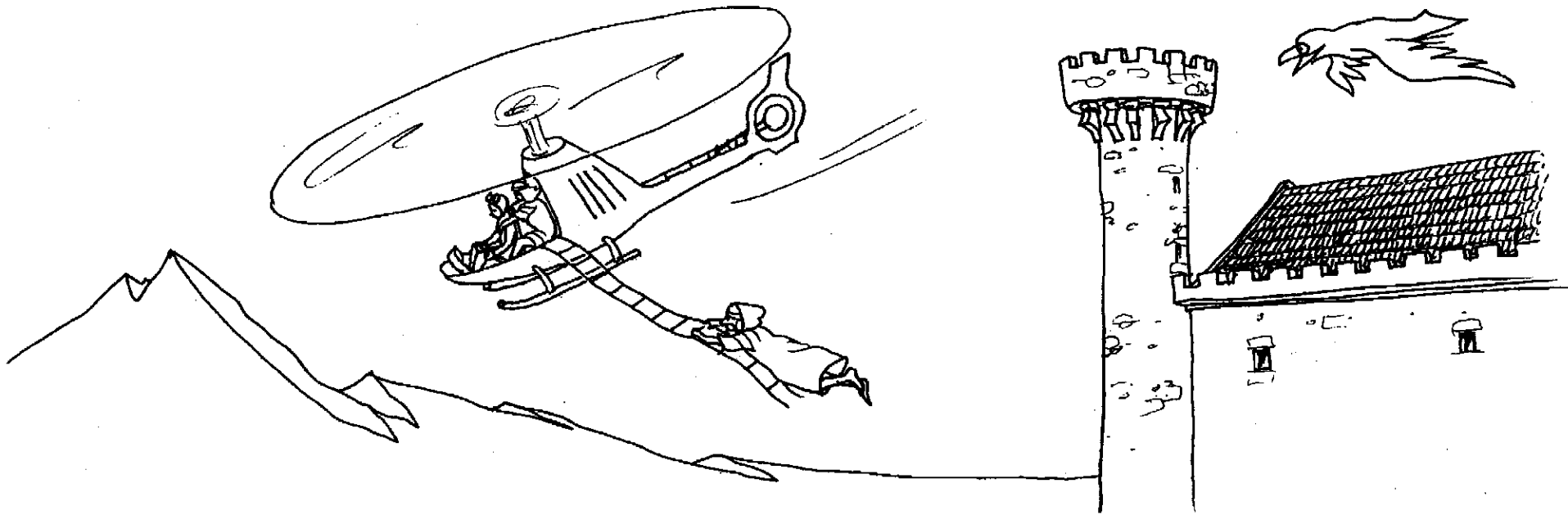


PASIUNEA VERTICALĂ

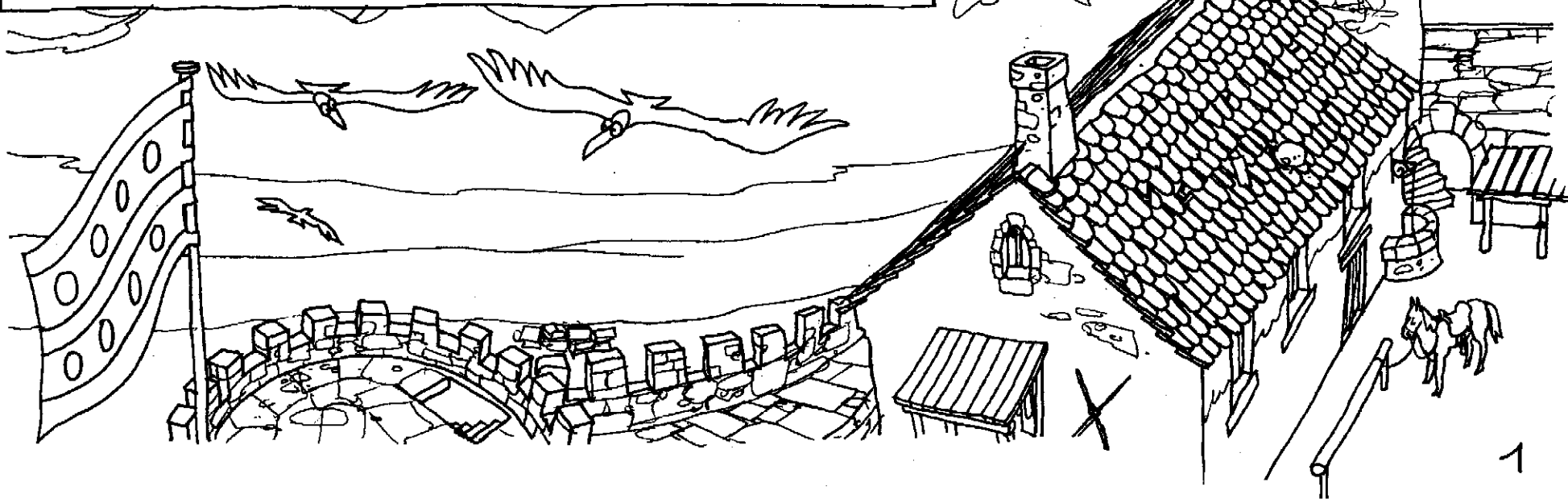
Jean-Pierre Petit



Traducere de Cristina Toma

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

Era odată, în Westfalia, un castel al baronului de Thunder den Trunck. El trăia acolo cu soția sa și cu fiica lor, Cunigunda. Un tânăr, pe nume Candid, locuia și el în castel. Era fiul unei rude a baronului, pare-se, copil din flori. Tot la castel mai trăia un filosof, maestrul Pangloss, mare amator al scrierilor lui Leibnitz, care susținea în mod admirabil că nu există niciun efect fără cauză și că, în cea mai bună dintre lumile posibile, castelul baronului era cel mai frumos dintre castele, iar baroneasa era cea mai bună dintre baronele posibile.



Într-o zi, tânăra Cunigunda, în vârstă de 17 ani, îl zări într-o pădure din apropierea castelului pe profesorul Pangloss, care îi preda o lecție de fizică experimentală menajerei baronesei. Având aptitudini pentru științe, ea observă experimentele prezentate, la care a fost martoră (*).

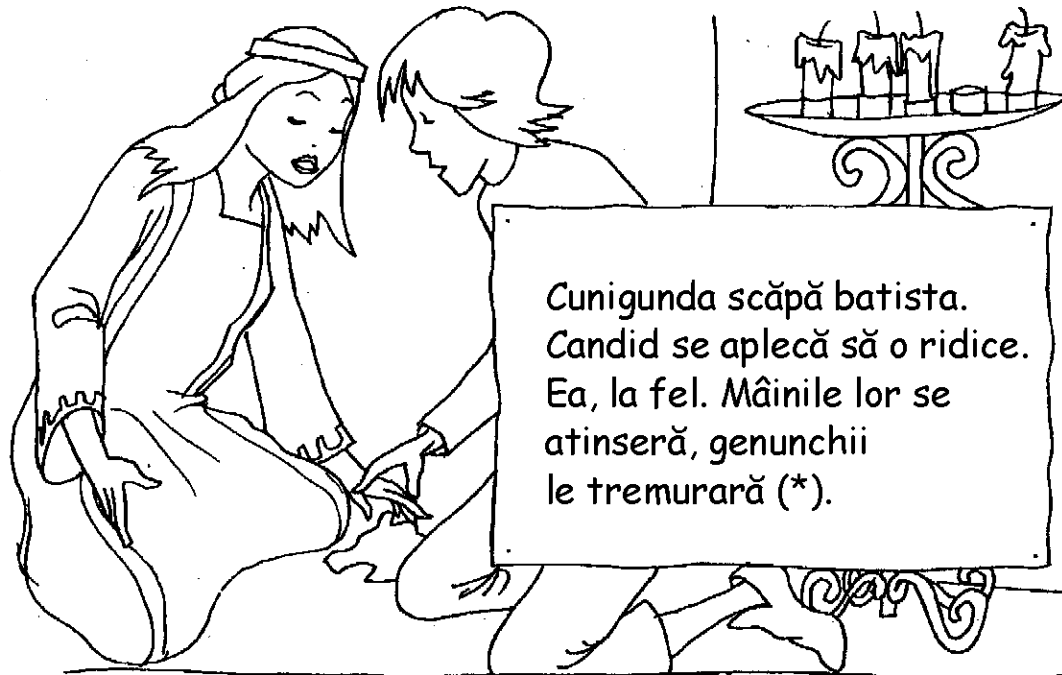


Ea înțelese clar rațiunea suficientă a doctorului, efectele și cauzele, și se întoarse acasă foarte agitată, gânditoare, cu marea dorință de a fi instruită (*).



În drum spre castel, îl întâlnește pe Candid și se înroși; Candid, de asemenea, ea îl salută cu vocea întretăiată, iar Candid îi răspunde fără să știe ce spune (*).





Cunigunda scăpă batista.
Candid se aplecă să o ridice.
Ea, la fel. Mâinile lor se
atinseseră, genunchii
le tremurară (*).



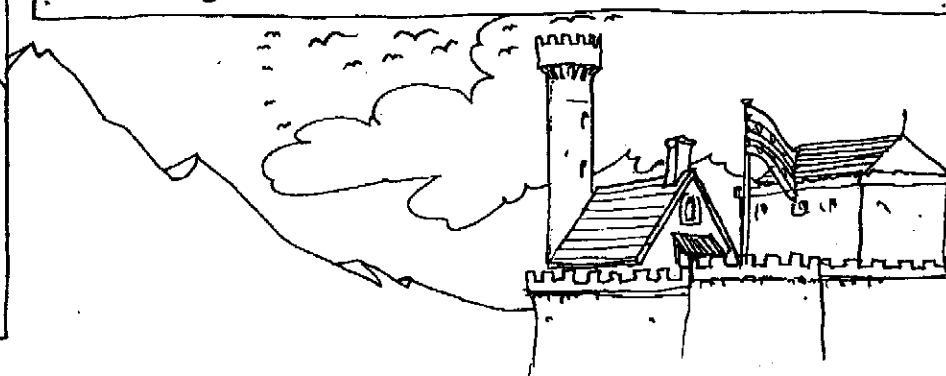
Buzele li se atinseseră,
mâinile se rătăciră. Baronul,
care trecea pe acolo,
văzu scena, efectele
și cauzele ei (*).



Baronul îl alungă pe Candid în șuturi (*).



Baroneasa o pălmui pe Cunigunda și o închise
într-o cameră situată în vârful turnului
de veghe al castelului.



Și totul fu dat peste cap în cel mai frumos dintre castelele posibile (*).

(*) reproducere identică a textului romanului « Candid », de Voltaire (1694-1778)



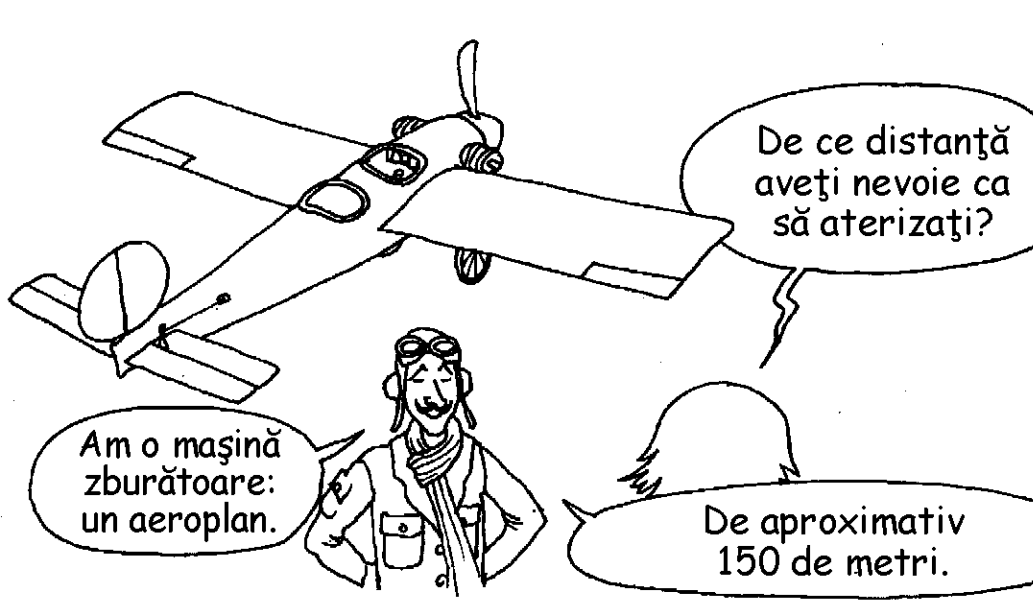
Iată-l pe îndrăgostitul nostru respins de viitorul lui socru.

Vai, maestre Pangloss, iată-mă ajuns cel mai nefericit dintre oameni. Baronul își ține fiica închisă în turn. Ca nu cumva să-și facă o frânghie din cearșafuri și să evadeze, mama ei nu i-a lăsat decât un sac de dormit.



Suntem gata să fugim împreună oriunde, dar ca să o smulg din această închisoare funebră, ar trebui să mă transform în... pasăre.

Poate pot să fac ceva pentru voi.



Am o mașină zburătoare: un aeroplan.

De ce distanță aveți nevoie ca să aterizați?

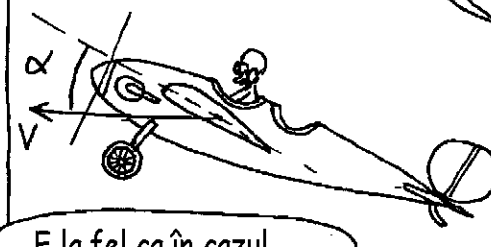
De aproximativ 150 de metri.



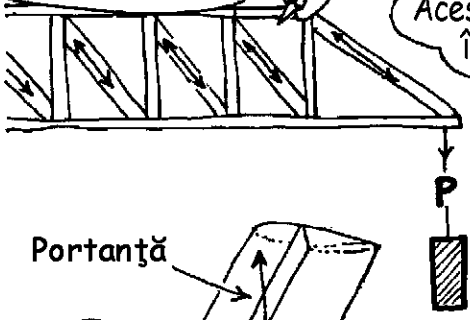
Nu va încăpea niciodată. Terasa din vârful turnului în care este închisă Cunigunda este mult prea strâmtă !

(*) pentru a afla cum zboară un aeroplan, citiți «Aspirisouffle», pe <http://www.savoir-sans-frontieres.com>

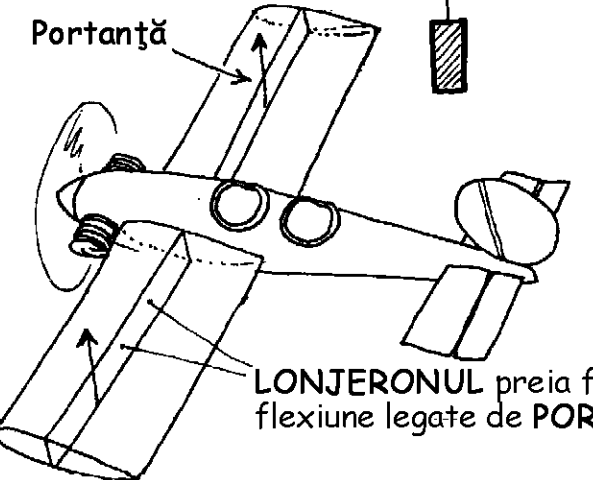
Trebuie să reduc lungimea de aterizare, apropiindu-mă cu o viteză mai mică. **PORTANȚA** aripii este proporțională cu **INCIDENȚA** sa α .
Cabrând avionul, ar trebui să reușesc să zbor mult mai lent.



E la fel ca în cazul săgeților macaralei



Aceste bare acționează în **TRACȚIUNE**.

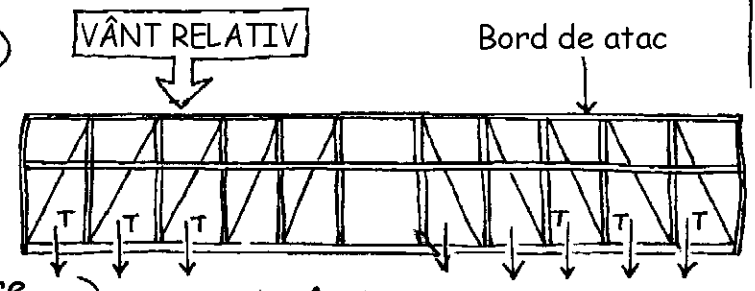


LONJERONUL preia forțele de flexiune legate de **PORTANȚĂ**

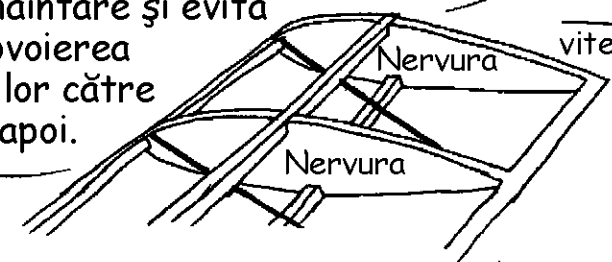
Prin urmare, această aripă este cea care vă permite să vă mențineți în aer.



Da.

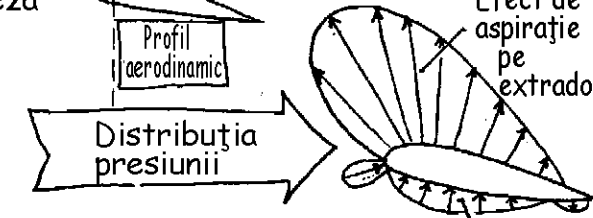


Am pus cabluri de rigidizare, care întăresc rezistența la înaintare și evită încovoierea aripilor către înapoi.

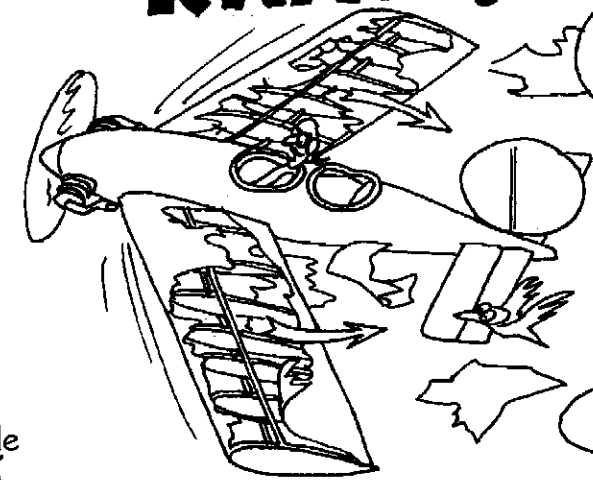


Portanță
Forță aerodinamică
Rezistență la înaintare

viteză



KRAK!

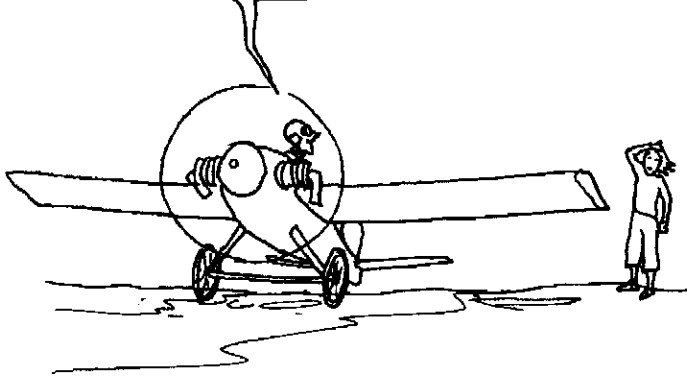


Domnilor, fără aceste prețioase elemente de rigidizare, aripile s-ar rupe

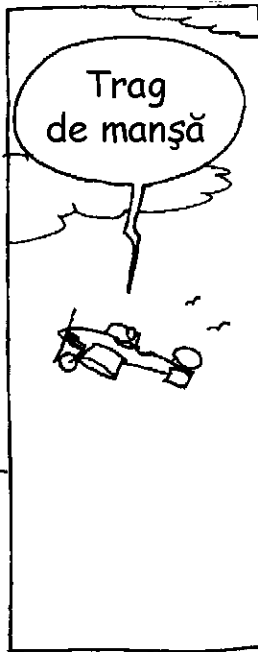
O precauție înțeleaptă



Bine, să vedem cum putem reduce viteza, cabrând aparatul

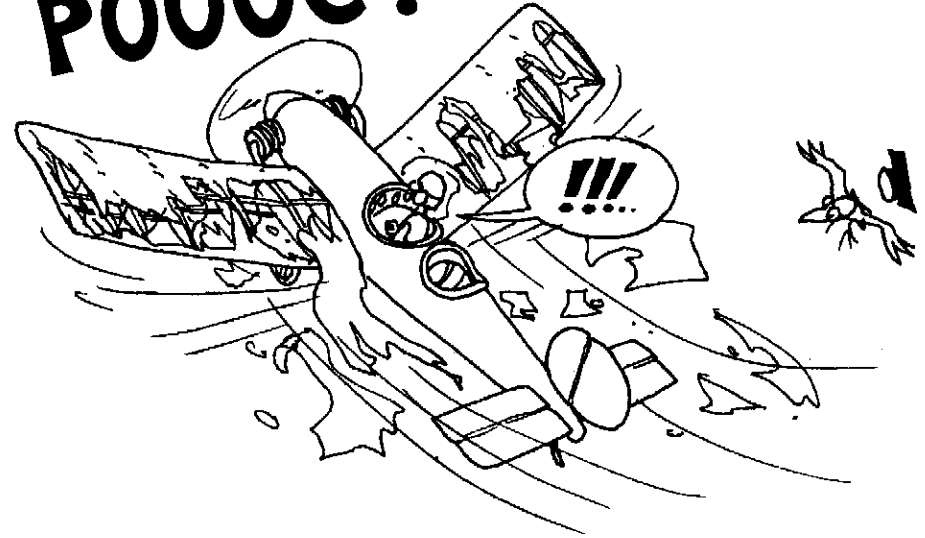


Trag de manșă



POOOC!

Brusc, aripile se rup, rabatându-se spre înainte



Gata, s-a rezolvat. Este suficient să montăm încă o serie de elemente de rigidizare, care să împiedice aripile să se îndoieie spre înainte.



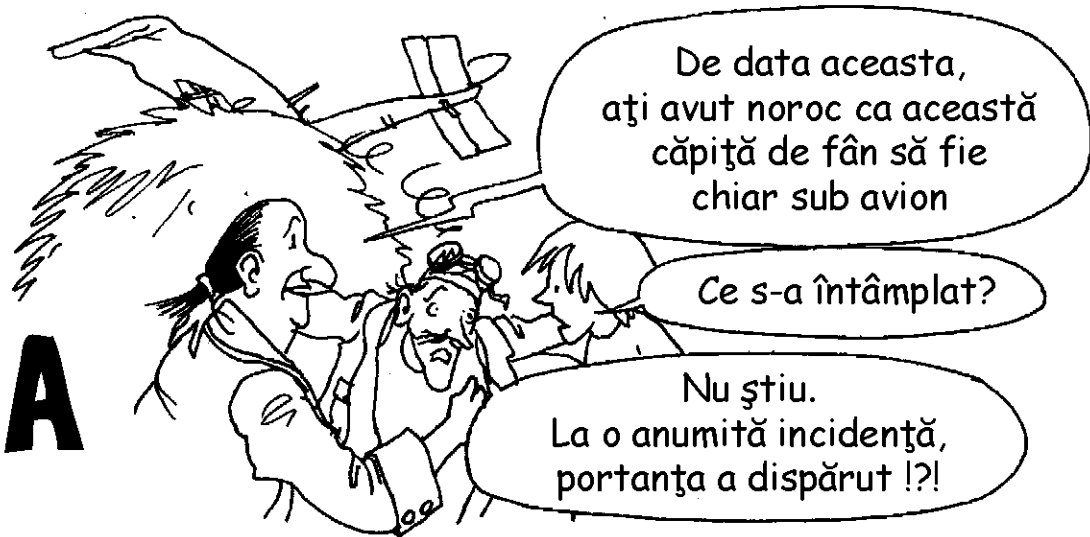
Acum, aparatul este întărit corect. Voi cabra aparatul progresiv



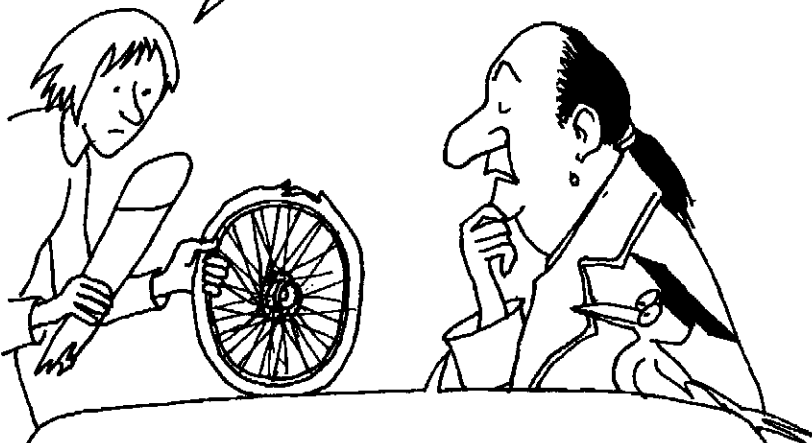
Va trebui să se cabreze sau să se vadă o cauză.



DECROȘAREA



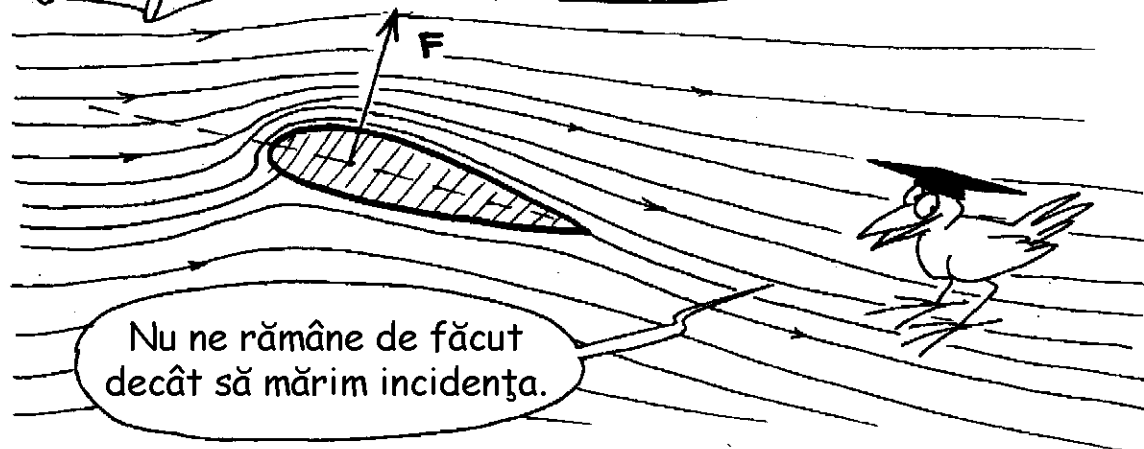
Nu o voi putea elibera pe Cunigunda cu această mașinărie. Sincer, mă întreb dacă acest motor are vreun viitor.



Cum nu există niciun efect fără cauză, trebuie să descoperim rațiunea suficientă a acestei dispariții brutale a portanței.

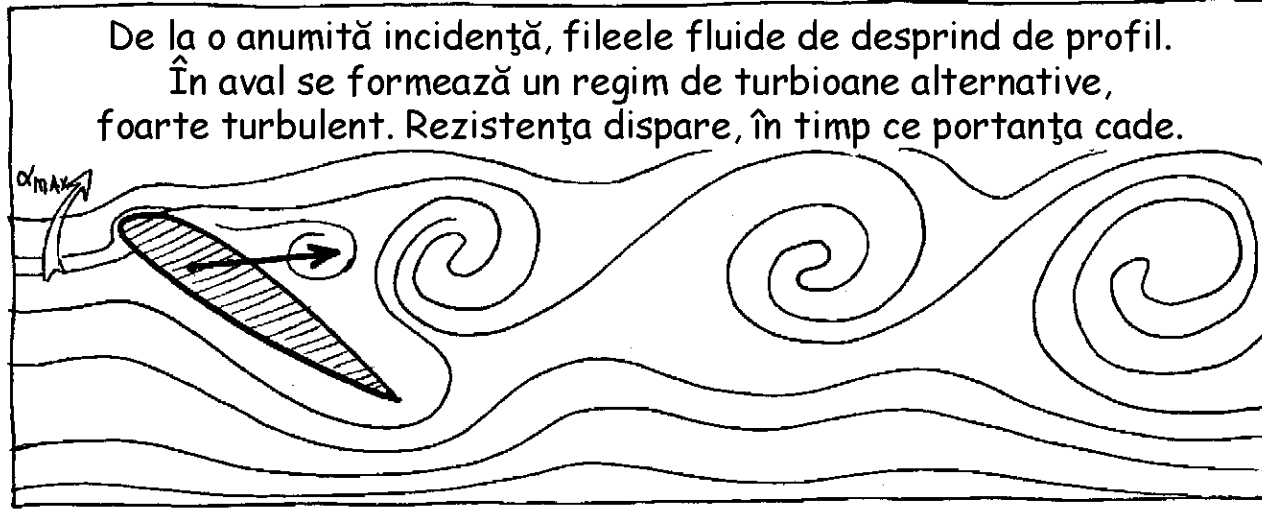
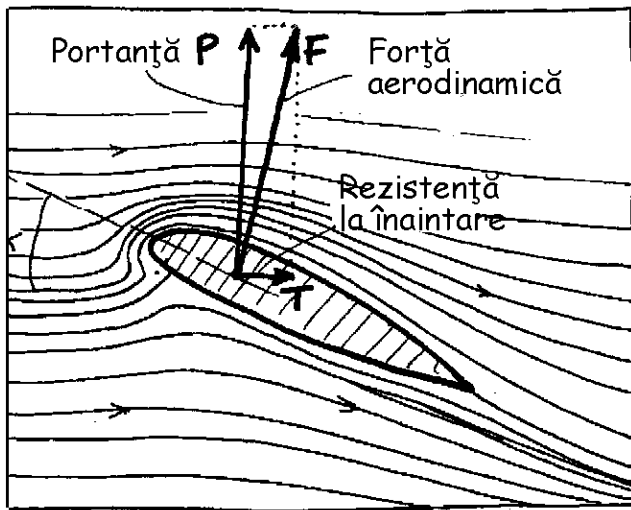


Nu există nicio mențiune cu privire la acest fenomen în « Aspirisouffle » (*). Vedem numai că portanța se stabilește când o curgere foarte regulată trimite un fluid în jos.

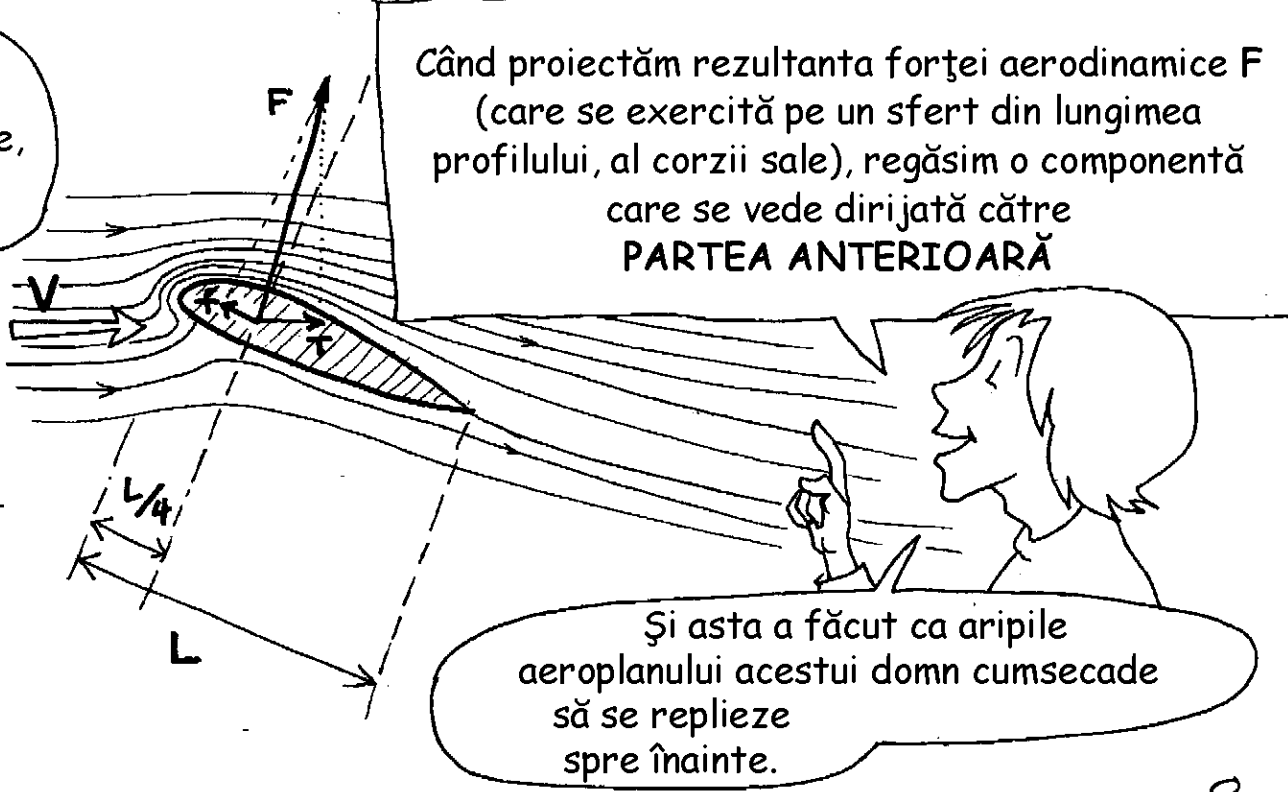


Nu ne rămâne de făcut decât să mărim incidența.

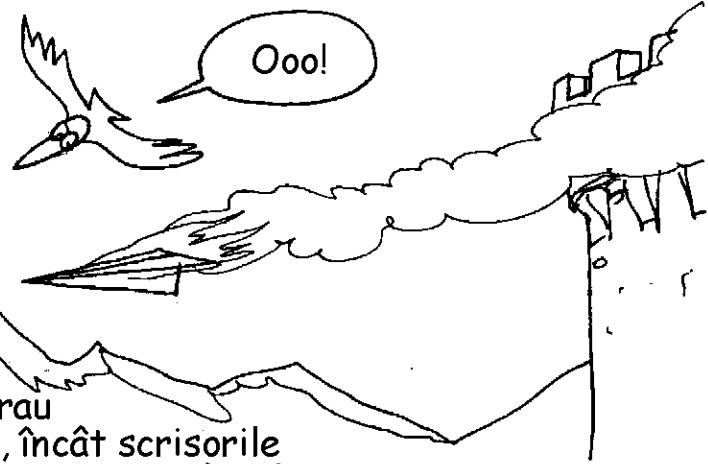
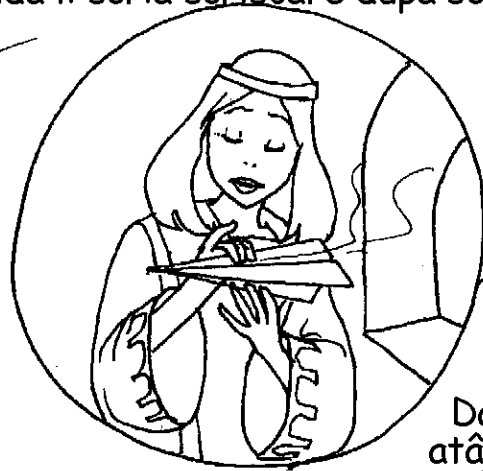
(*) <http://www.savoir-sans-frontieres.com>



Când privesc schema de scurgere corespunzătoare unei forțe incidente, remarc ceva.

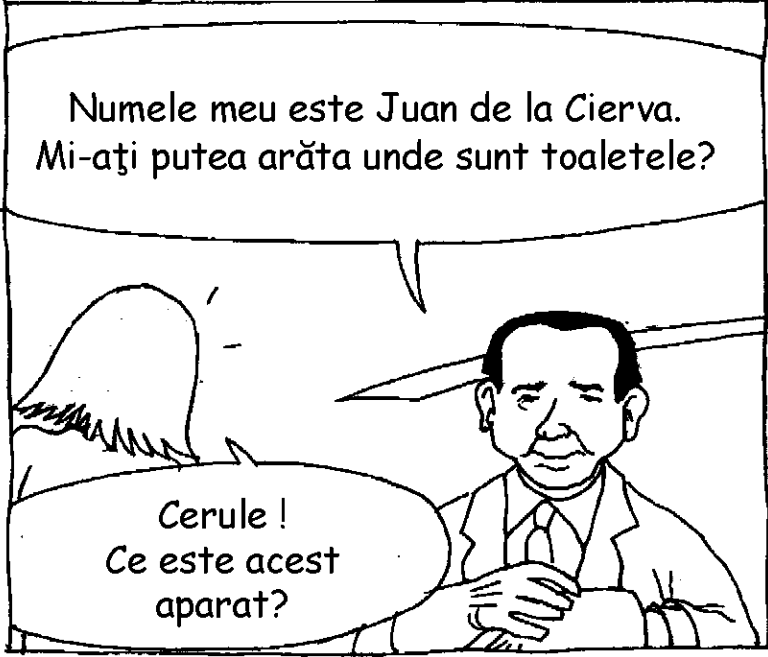
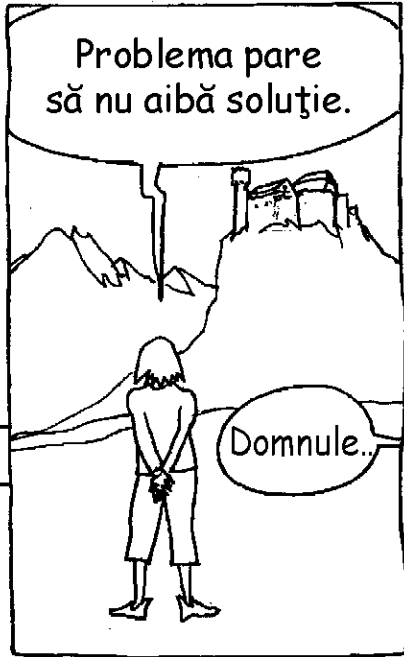
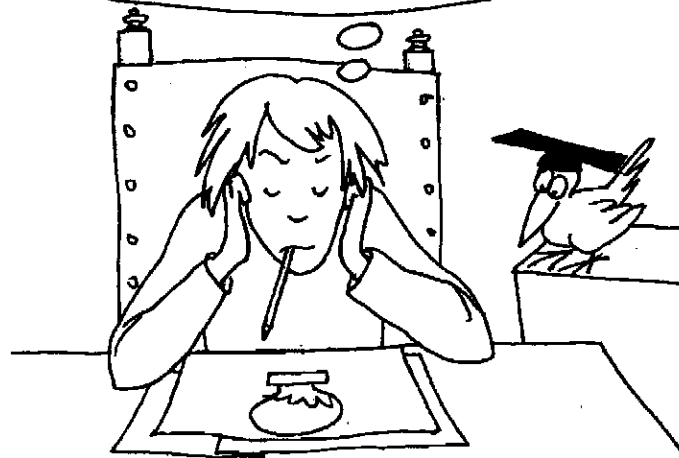


În tot acest timp, Cunigunda îi scria scrisoare după scrisoare lui Candid.

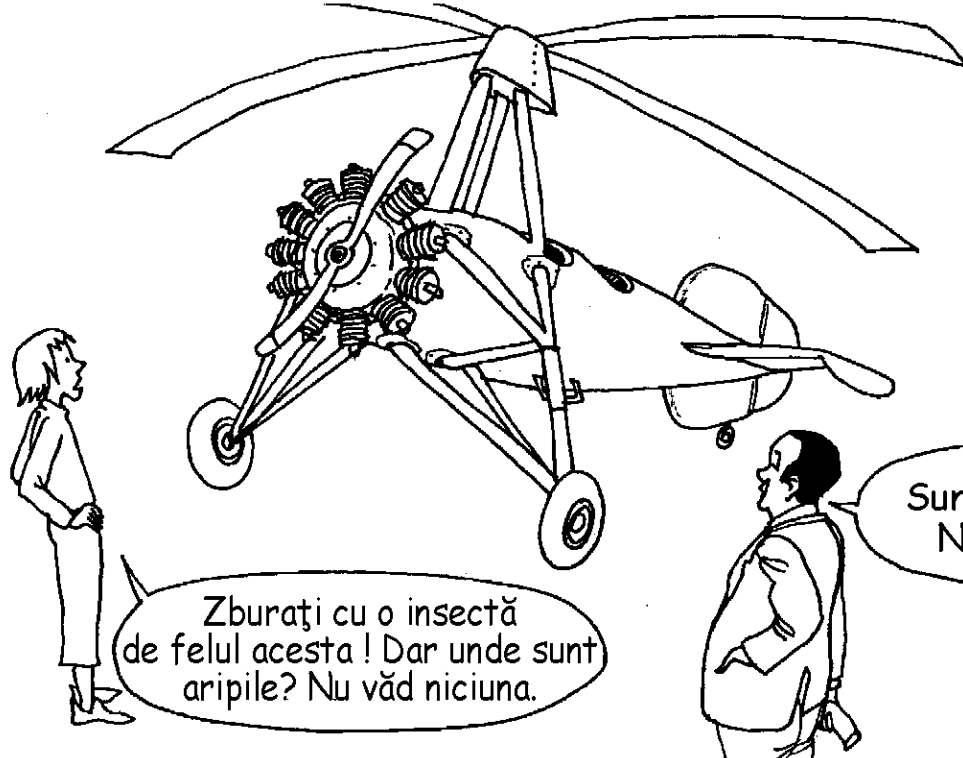


Dar cuvintele ei erau atât de înflăcărare, încât scrisorile ardeau înainte de a atinge pământul.

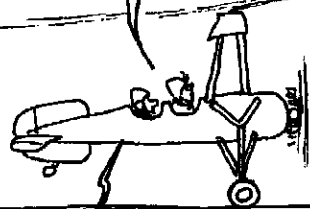
Un balon? Nu poate să funcționeze. Aș avea toate șansele să ratez turnul.



AUTOGİRUL

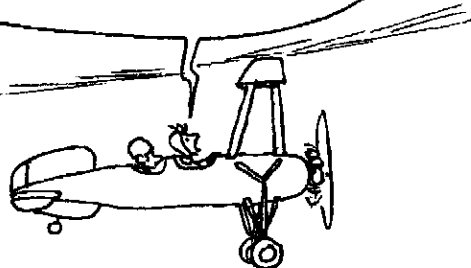


Pe cuvânt !
Acest rotor se învâрте
singur acum, de ce?

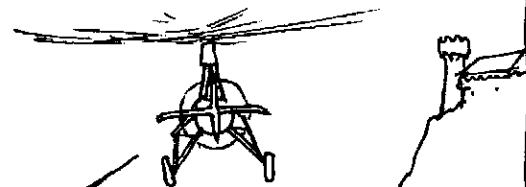


Este vorba
despre autorotație

Și acum zburăm.
Dar, prin ce miracol?



La castel,
repede, vă rog !

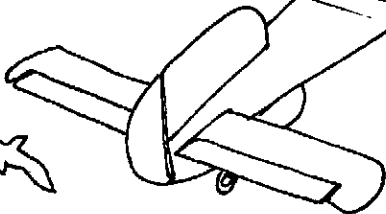


Draga mea Cunigunda
trebuie să fie acolo, jos !



Ați putea
să aterizați pe
această terasă?

Autogirul poate să aterizeze
repede, dar, într-adevăr, terasa
aceea este prea mică.



Maestre Pangloss, am survolat
castelul și turnul în care este
ținută prizonieră Cunigunda. Și am
făcut acest lucru la bordul mașinii
zburătoare fantastice a domnului
De la Cierva.

O, nu! Duce cu
el toate secretele.
Care este forța
misterioasă care
face rotorul să
se învârtă?

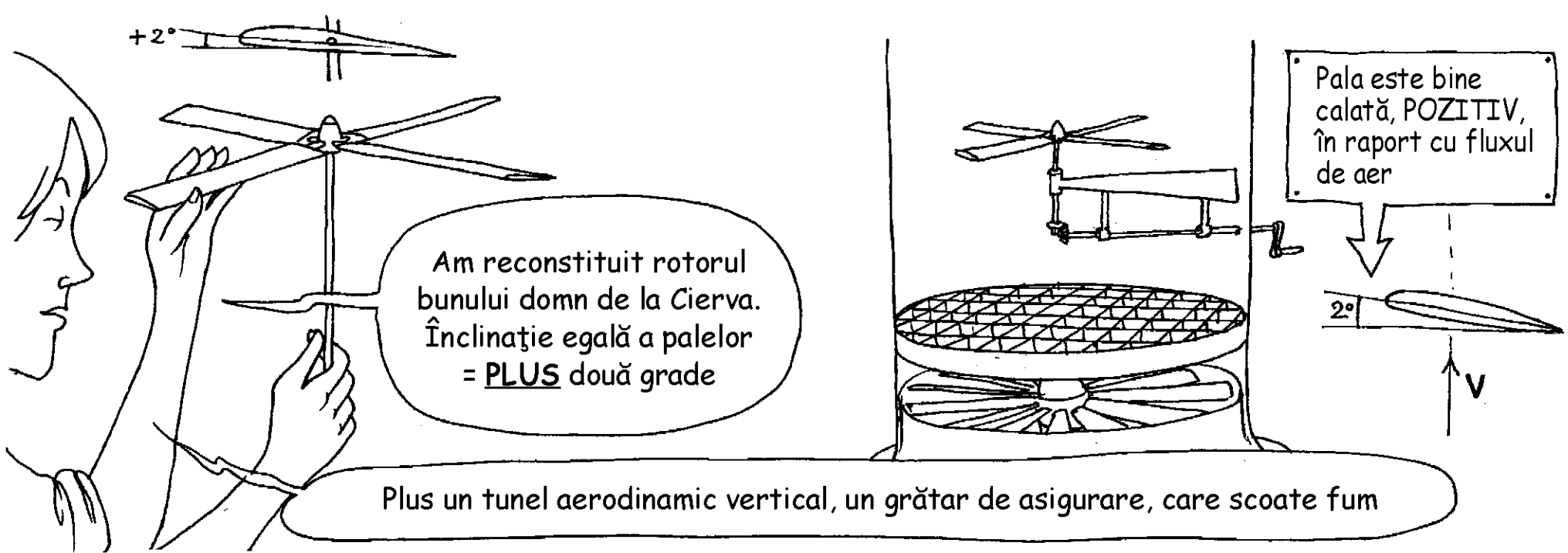
Explicația este totuși simplă :
Un rotor este făcut ca să se învârtă.
Prin urmare, este dotat cu o proprietate
rotativă și se învârte. Nu există niciun
efect fără cauză.

El este cel care
decolează din nou, acolo?

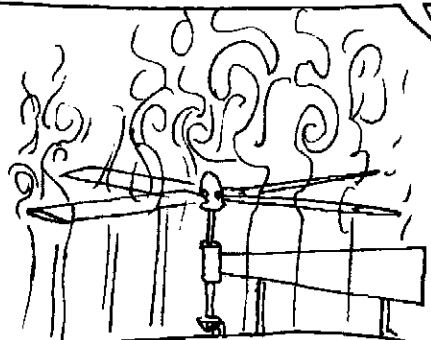
Judecata dumitale
este imparabilă, maestre.
Dar mi-ar plăcea să știu
mai multe...

Ce face Candid?

Cred că va reconstitui
tunelul aerodinamic cu
ajutorul căruia domnul de la Cierva
a descoperit rațiunea suficientă
a acestui fenomen surprinzător.



Trimit un flux de aer ascendent



Rotorul nu se învârte.
Pur și simplu, creează o
turbulență puternică în siaj



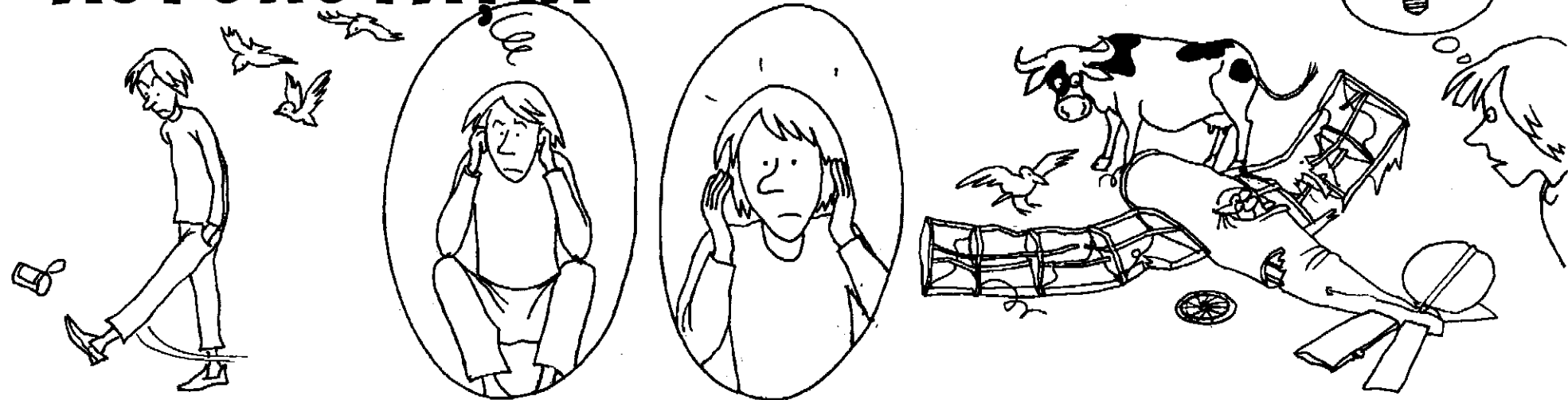
Acum,
pun rotorul
în rotație

Și, iată, se învârte singur.
Este ceva de neînțeles.

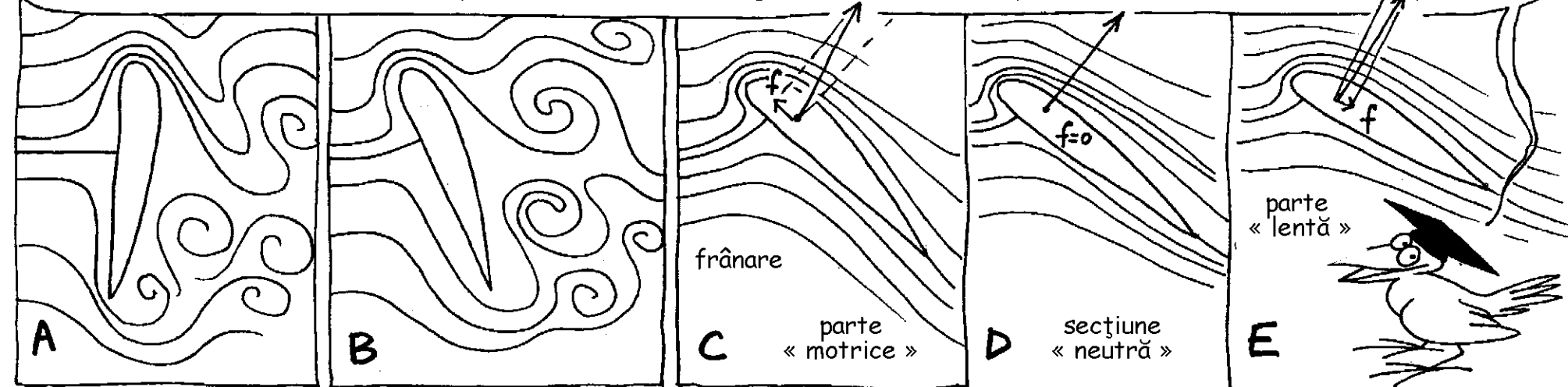


Este... magie !?

AUTOROTATIA



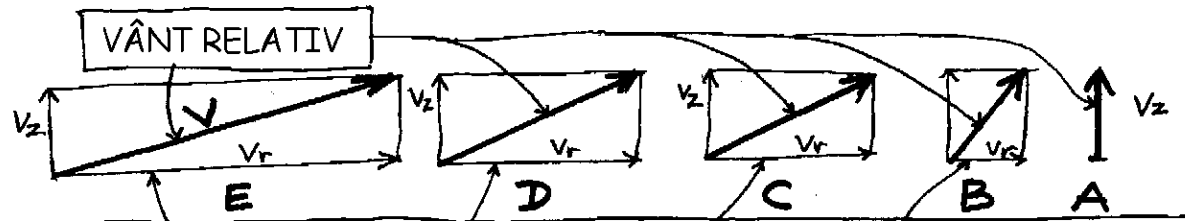
Când incidența palei scade, în raport cu direcția **VÂNTULUI RELATIV**, curgerea este oprită (figura C). Forța aerodinamică (componenta F) tinde să antreneze pala. În figura D, această forță se anulează, apoi se inversează, în figura E. Atunci, componenta F frânează mișcarea palei.



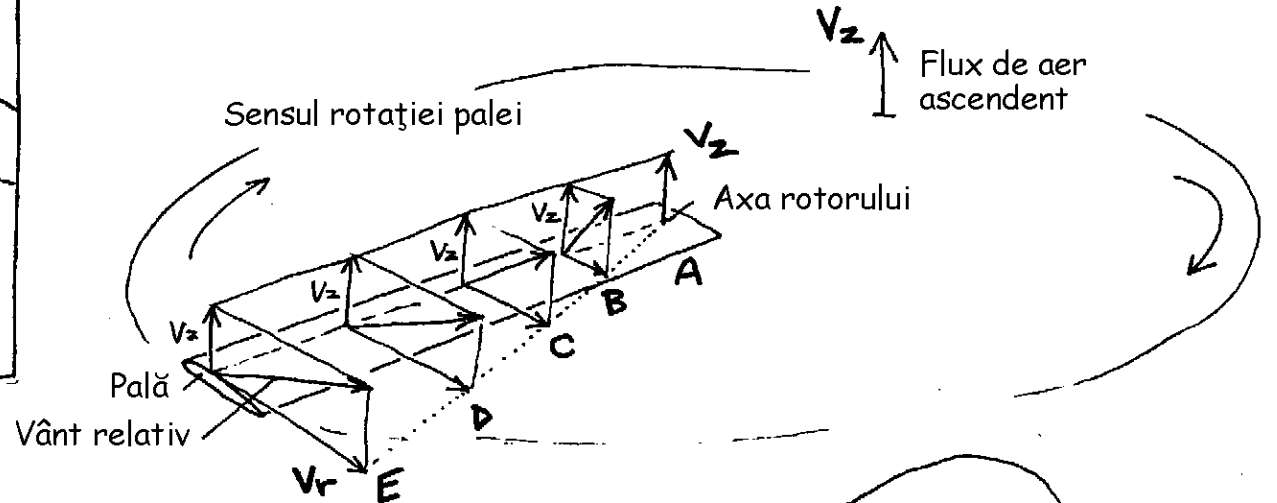
Înțeleg, dragul meu Candid.
Dar, de unde vine această schimbare
de direcție din ceea ce tu numești
VÂNT RELATIV?



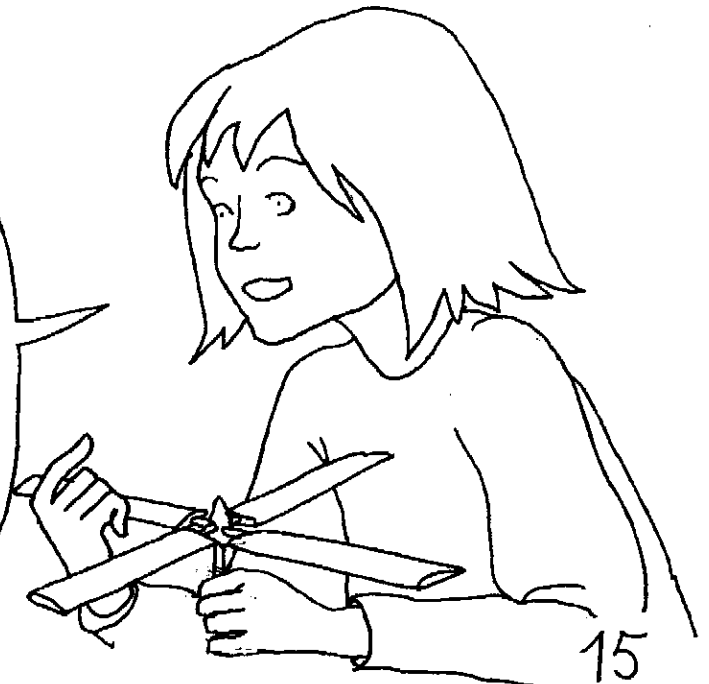
Viteza rotorului
se combină cu
viteza datorată
rotației palei



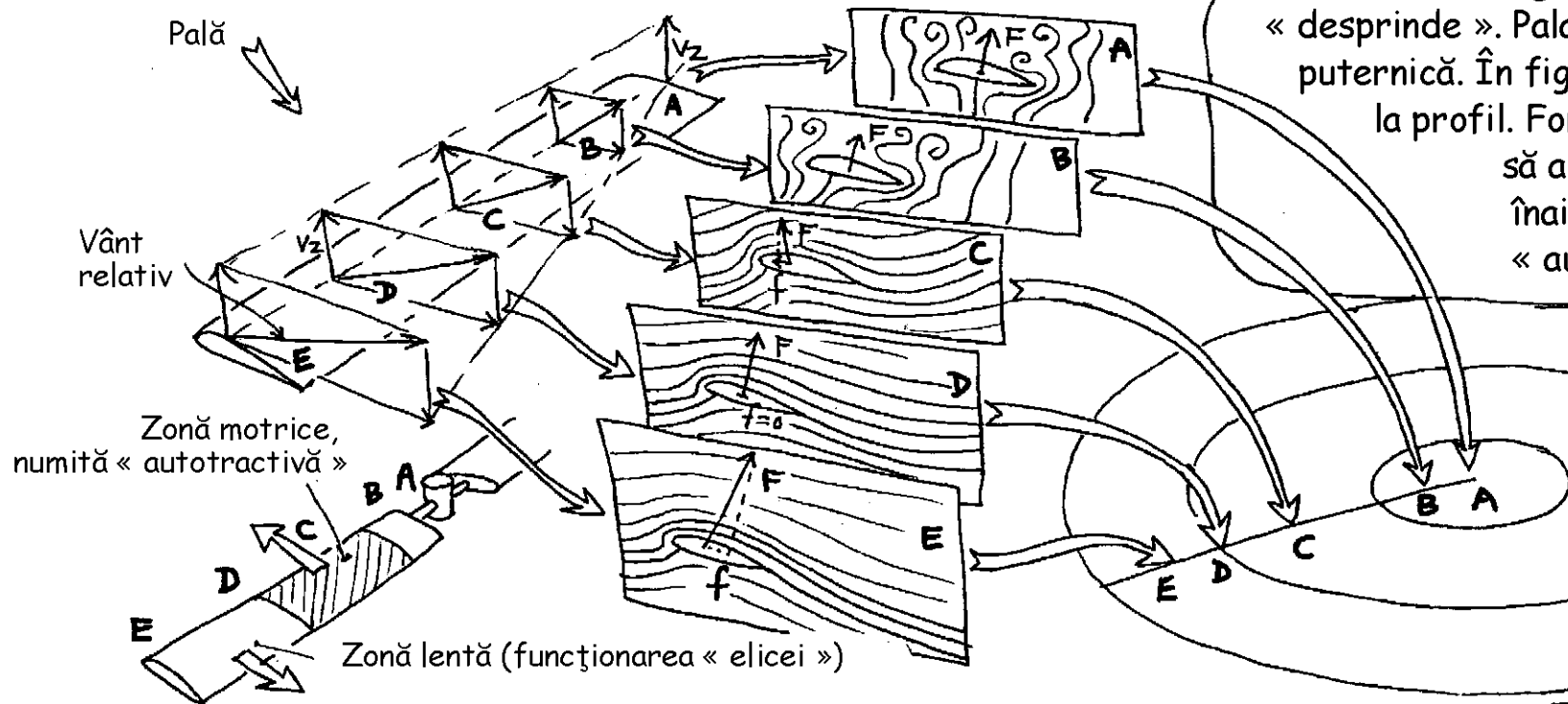
V_r : componentă orizontală a vântului relativ datorat rotației palei.



Rotorul este scufundat într-un flux de aer ascendent
care corespunde unei viteze V_z . Aceasta se combină cu viteza
indusă de mișcarea de rotație a palei V_r , viteză care este
proporțională cu distanța axei. Rezultă **VÂNTUL RELATIV**,
care se lasă tot mai mult pe pală pe măsură ce ne îndepărtăm
de axă. În același timp, modulul acestei viteze crește,
de la axă către periferie.



În funcție de modul în care acest **VÂNT RELATIV** atacă pala, obținem curgeri foarte diferite. Pentru a le vizualiza, am adaptat un tub fin care emite fum, alături de pala în rotație. Și, iată diversele rezultate pe care le-am putut obține.

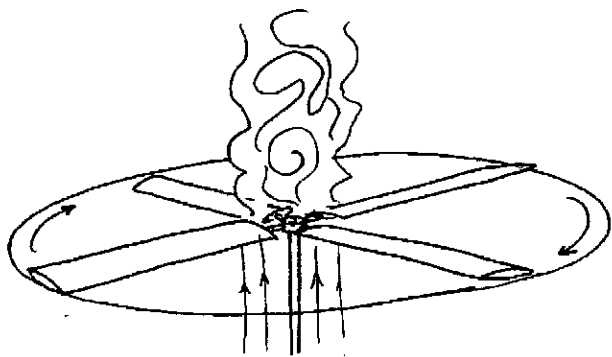


În figurile A și B, curgerea se « desprinde ». Pala creează o turbulență puternică. În figura C, curgerea revine la profil. Forța aerodinamică tinde să antreneze pala către înainte. (zonă motrice, « autorotativă », gri)

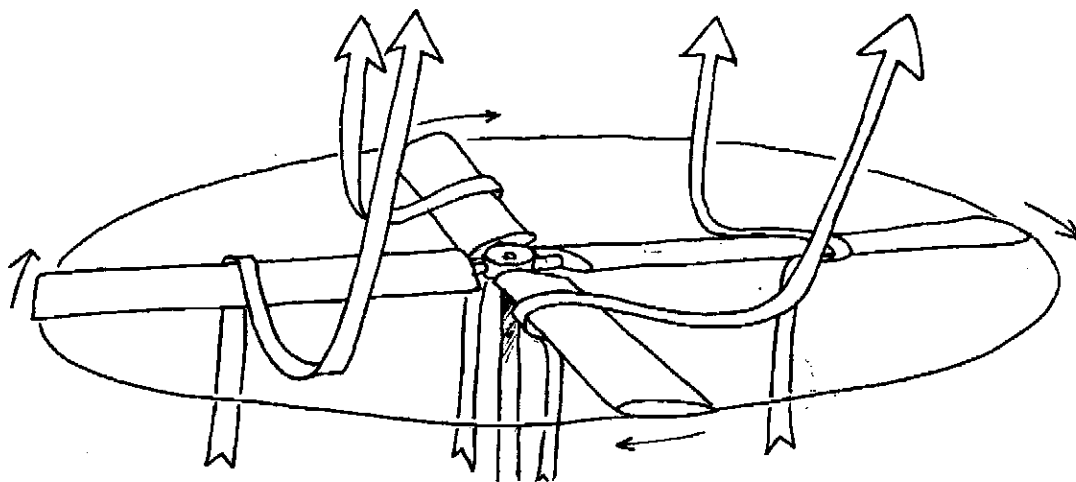
În figura E, forța aerodinamică, încă îndreptată spre înălțime, tinde să frâneze mișcarea palei. Figura D reprezintă situația-limită ($f=0$). În acest regim de **AUTOROTAȚIE**, porțiunea hașurată a palei este motrice, în timp ce capătul palei « opune rezistență ». Se instituie un regim **AUTOSTABIL**.

Toate acestea fiind încercate în tunelul aerodinamic de către Juan de la Cierva.

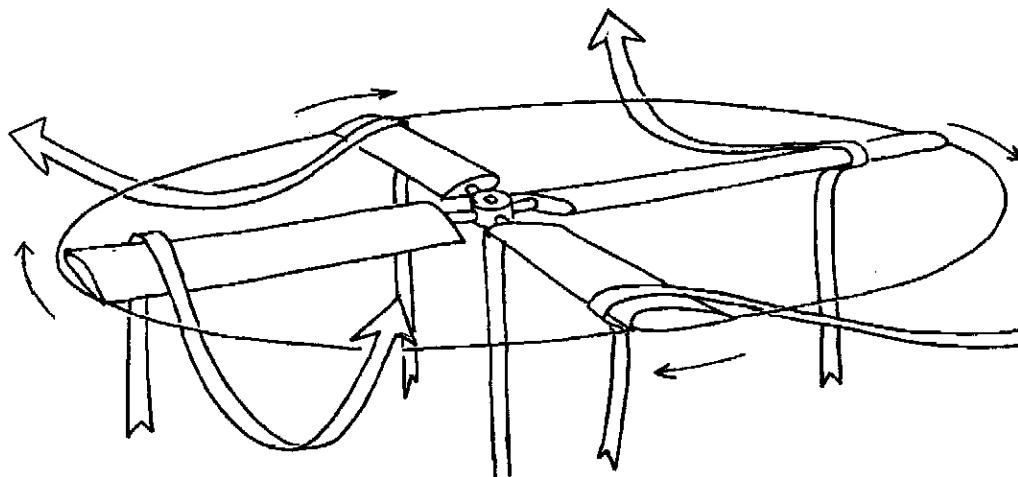




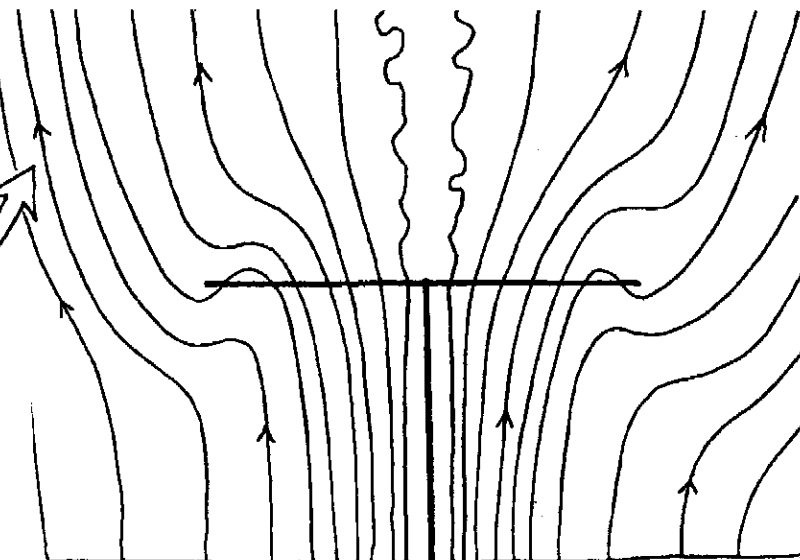
Deasupra părții centrale, curgerea « se desprinde », se formează un siaj foarte turbulent.



Aici, curgerea se pliază pe profilul palei.



La periferie, impulsia comunicată masei de aer, îndreptată în jos (**VITEZĂ INDUSĂ**), este suficientă pentru ca acest aer să iasă din cercul măturat de rotor.



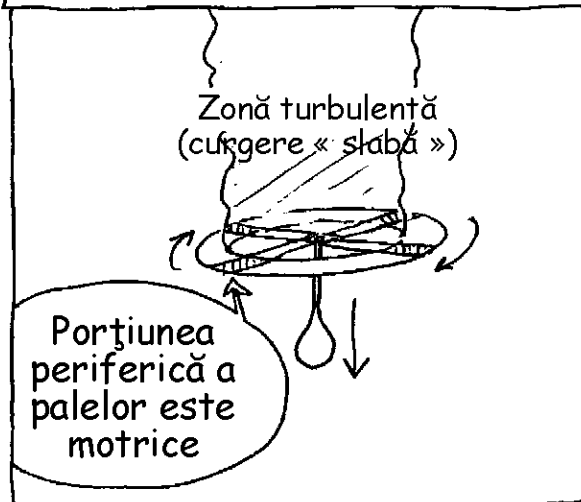
Ceea ce dă curgerii globale aerul ciudat de mai sus.

Priviți, maestre Pangloss,
dau drumul la această machetă
mică prin această fereastră,
după ce i-am dat un impuls minim.

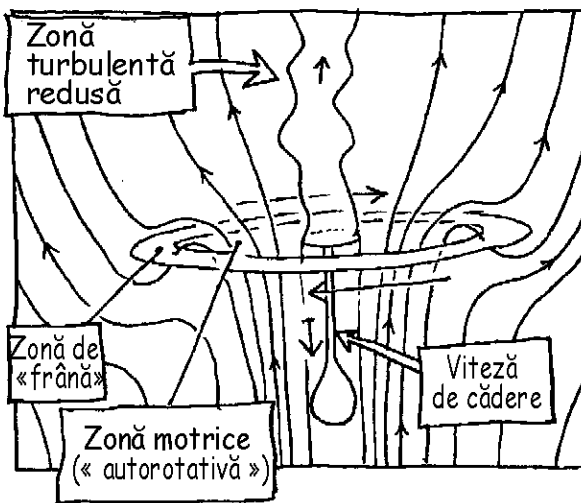
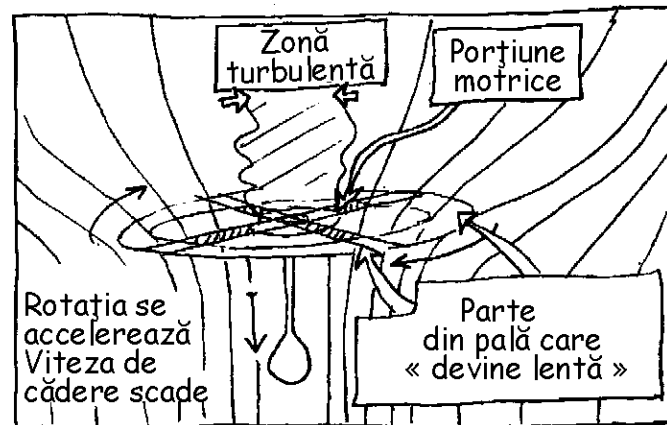


Minim...
în raport cu ce?

Pentru a face în așa fel încât
partea periferică a rotorului să
se învârtă suficient de repede
încât curgerea « să se prindă ».
Atunci, aceasta devine motrice,
iar rotația se accelerează.



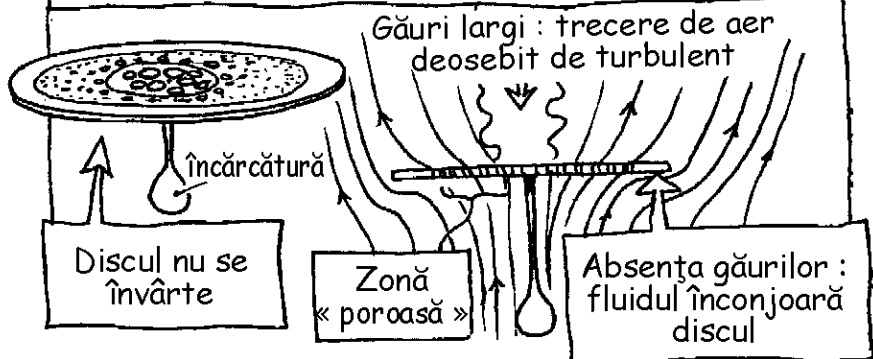
Porțiunea de curgere turbulentă
(« lentă ») se reduce pe măsură
ce rotația devine din ce în ce mai
rapidă. Atunci, la capătul palei,
apare o porțiune « lentă ».



Viteza de rotație
se stabilizează când cele
două perechi se echilibrează.
Atunci, regimul de autorotație este
pe deplin stabilit și viteza de
coborâre este minimă.

Am obține o curgere similară, dacă am da drumul unui disc ce nu se învâрте, dotat cu perforații, al cărui diametru ar descrește din centru către periferie, ceea ce ar crea zone cu porozitate diferită.

Conducerea



Ce s-ar fi întâmplat dacă n-ați fi dat un impuls suficient în rotație, la început?

Viteza în vârful palelor nu ar fi fost suficientă astfel încât curgerea să se plieze pe profil. Prin urmare, nu ar fi existat forța motrice. Nu ar fi existat regim de autorotație: macheta ar fi căzut ca un bolovan.

Mă gândisem o secundă că acest dispozitiv i-ar fi permis domnișoarei Cunigunda să-și negocieze evadarea. Dar, cred că lucrul ăsta îți poate rupe oasele.

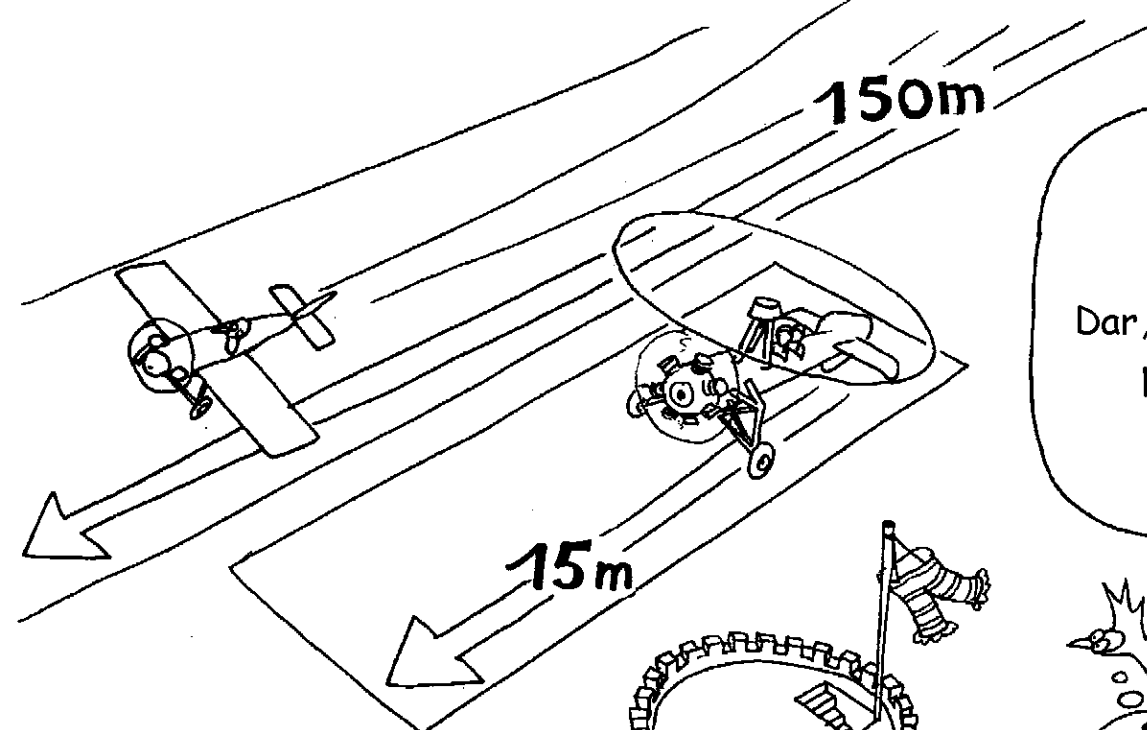
Și autogirul?

Și totuși, se învâрте (*)

Acum, când misterul autorotației rotorului este elucidat, mai rămâne de adăugat puțină înclinație. Atunci, rotorul se comportă ca un disc cu porozitate descrescătoare, din centrul său către periferie.

În ansamblu, autogirul seamănă cu un zmeu a cărui pânză ar avea o porozitate în descreștere, din centru spre margine, cu o gaură mare în centru, prin care trece aer turbulent.

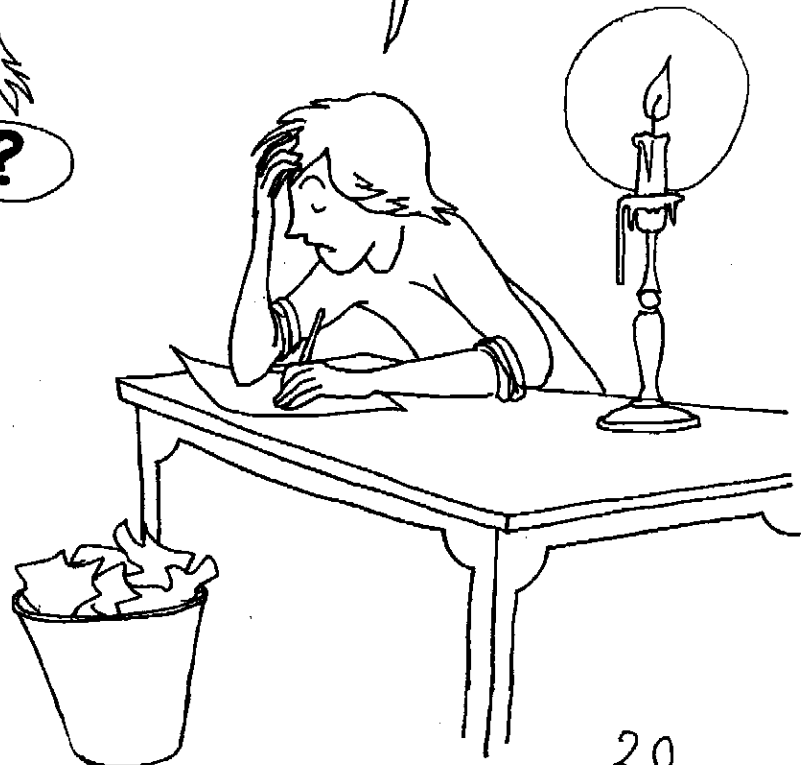
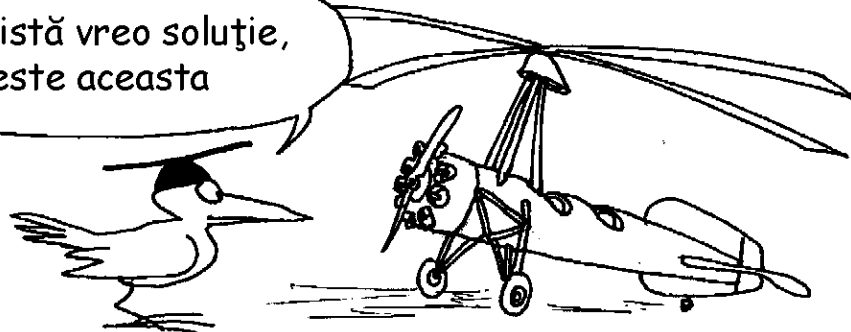
(*) et pur se muove (Galilei)



Să rezumăm : aeroplanul are nevoie de 150 de metri pentru a ateriza. Autogirul se poate mulțumi cu 15 metri. Dar, terasa turnului este atât de strâmtă încât, pentru aterizare, chiar este nevoie de o coborâre verticală. Ce aparat zburător poate să facă asta?



Dacă există vreo soluție, nu este aceasta



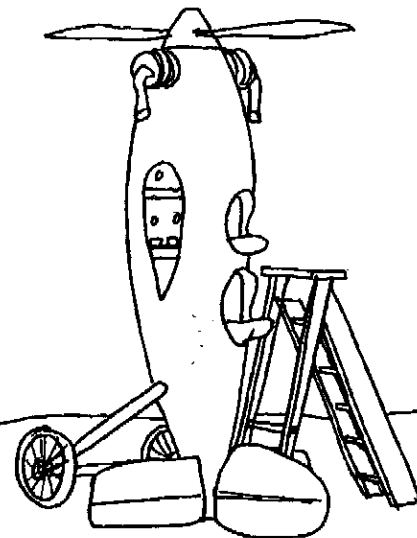
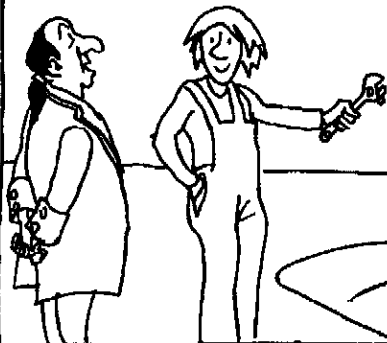




Până la urmă, acest pilot de aeroplan nu s-a înșelat când a vrut să-și cabreze aparatul. Cel mai bine ar fi să-i transform elicea tractivă în dispozitiv de sustentație. Și, dacă tot fac asta, să ridic și aripile, cu grijă.



Deci, domnule profesor, ce spuneți de asta?

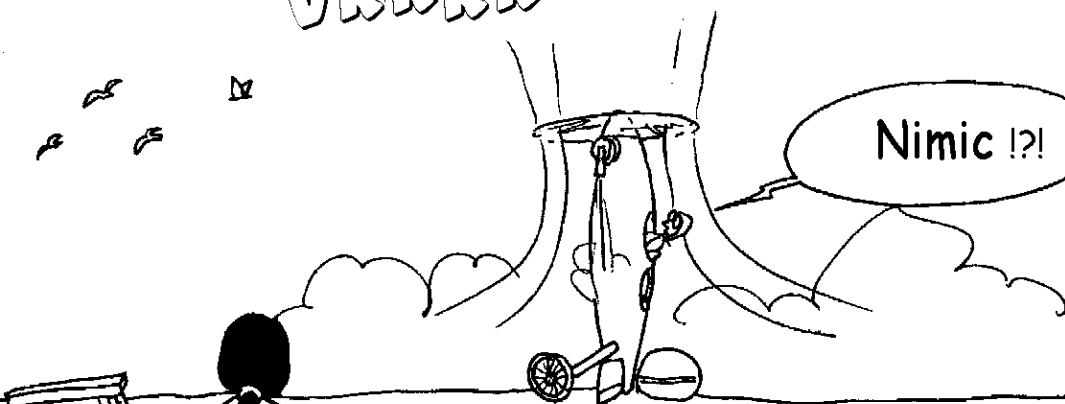


Puteți îndepărta scara. Voi pune gaz la capăt.

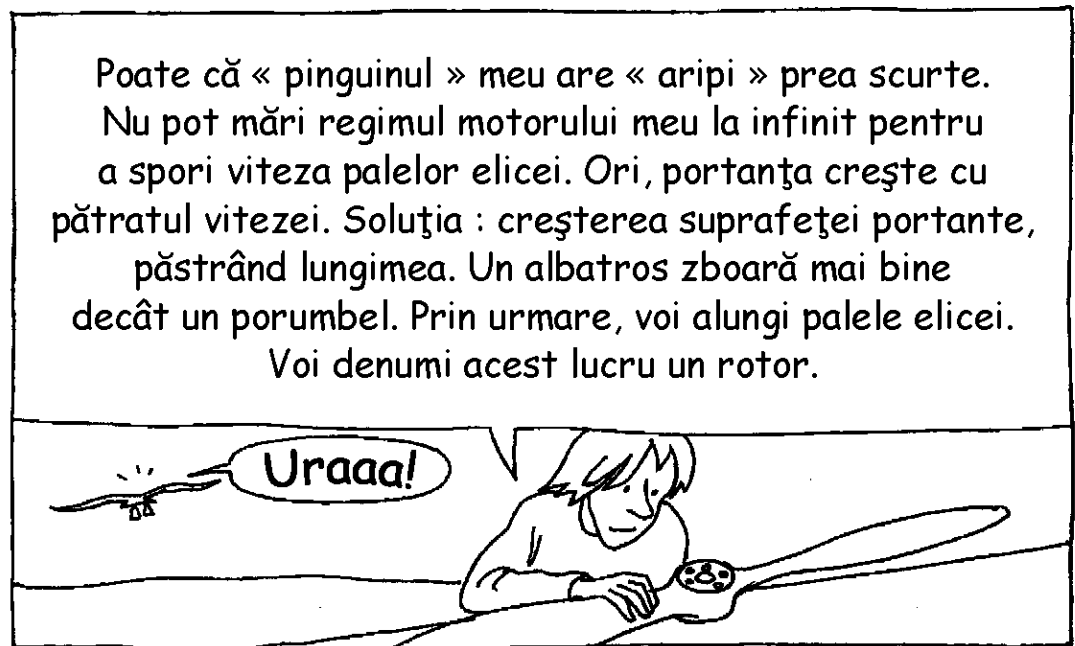
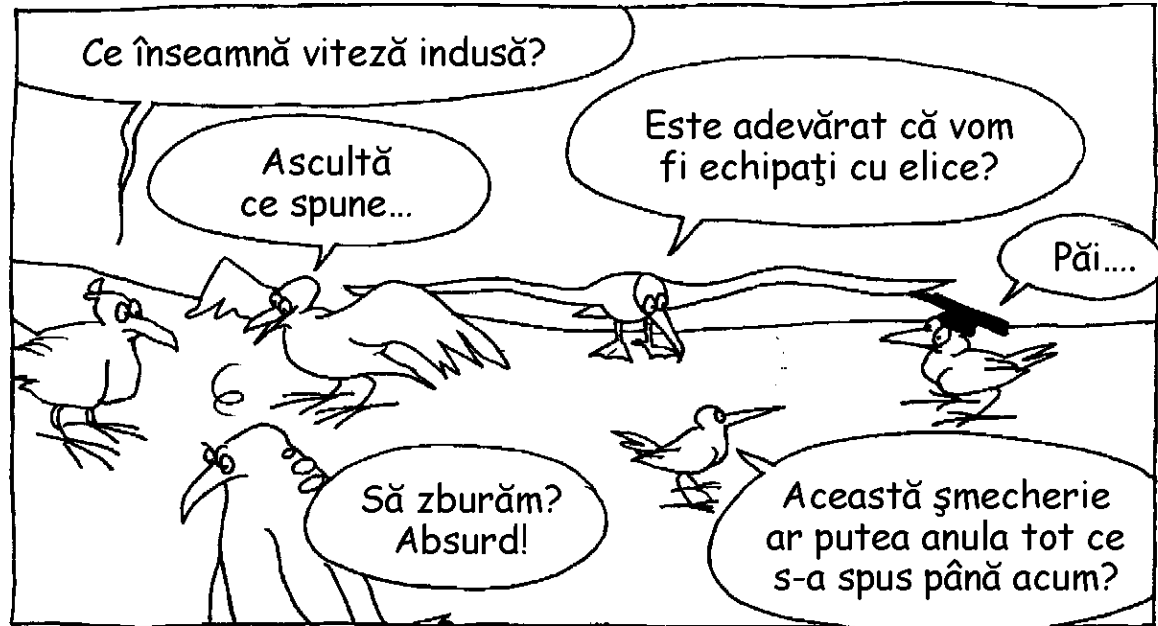


VRRRR

Nimic !?!



Să nu vă loviți la față, vă aduc scara.



CUPLUL

De asemenea, pot mări numărul palelor (*)

De data aceasta, ar trebui să fie în regulă.

Am verificat :
cu această putere a
motorului și cu acest rotor,
aparatul poate decola

Am decolat, Pangloss, am decolat !
Dar, aparatul meu cu disc rotativ a început imediat
să se învârtă în jurul lui, în sens invers față de rotor.

!?!?

Vai !

Ce experiență penibilă, maestre !
Am avut impresia că mi se învârtea
creierul în interiorul
bietului meu cap.

(*) dar, tot ceea ce urmează este valabil pentru 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8... pale



Iată un elicopter autostabil, dotat cu două rotoare contrarotative, dintre care unul este solidar cu fuselajul turnant.



Hârtie bristol
Derivă urcare „liberă”

Bile
Șaibe

Coardă de pian, oțel 5/10°

Baghetă de balsa pătrată 6x6

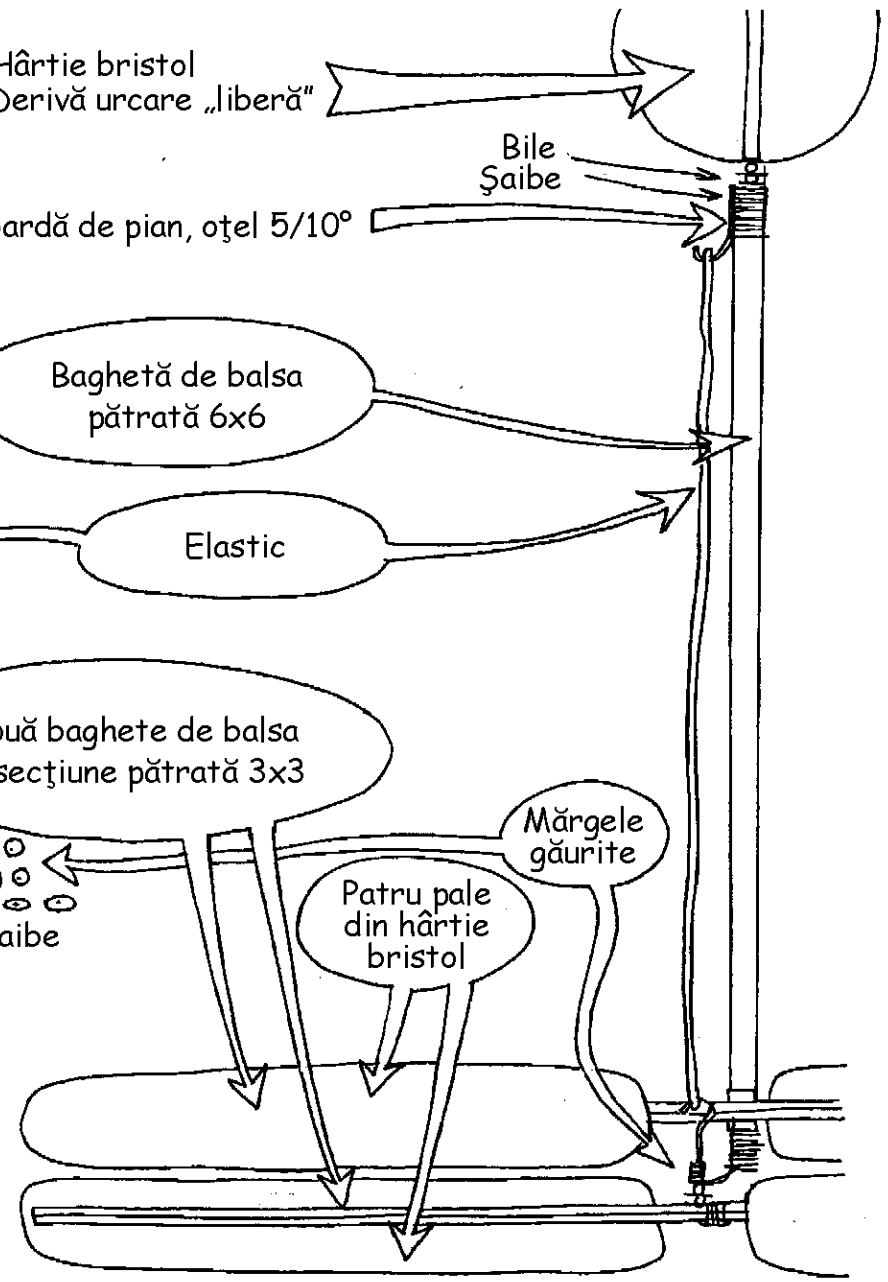
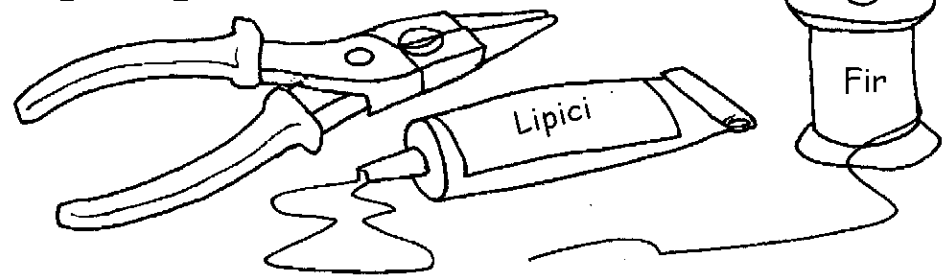
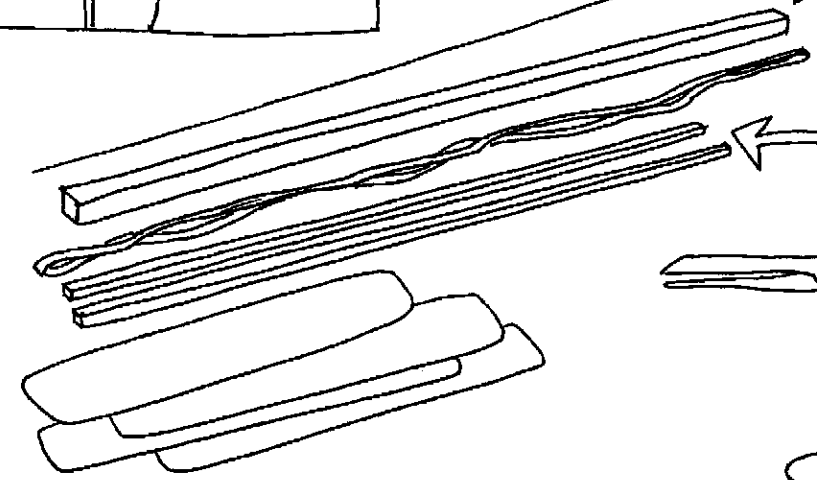
Elastic

Două baghete de balsa în secțiune pătrată 3x3

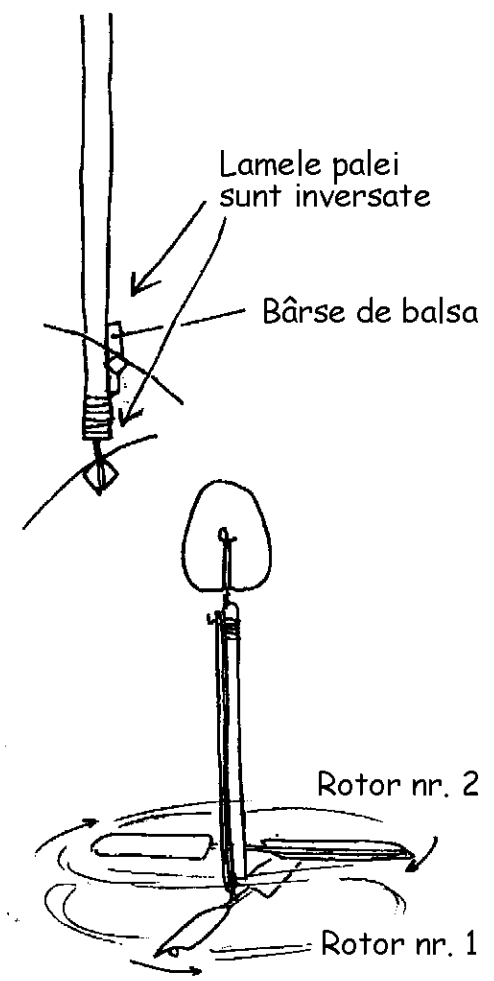
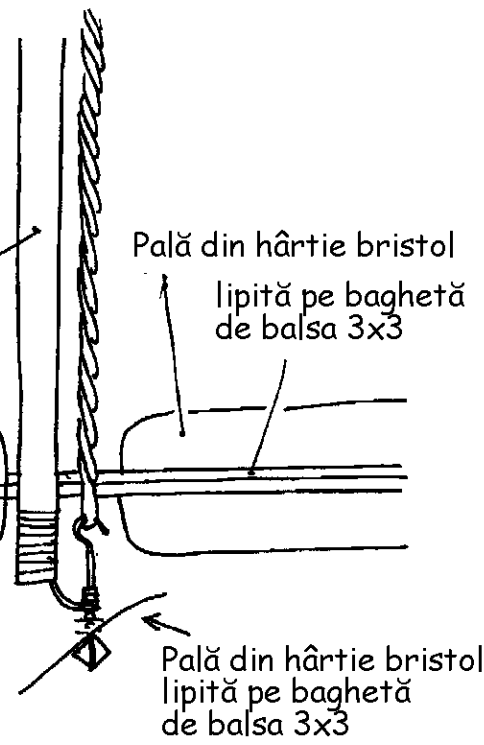
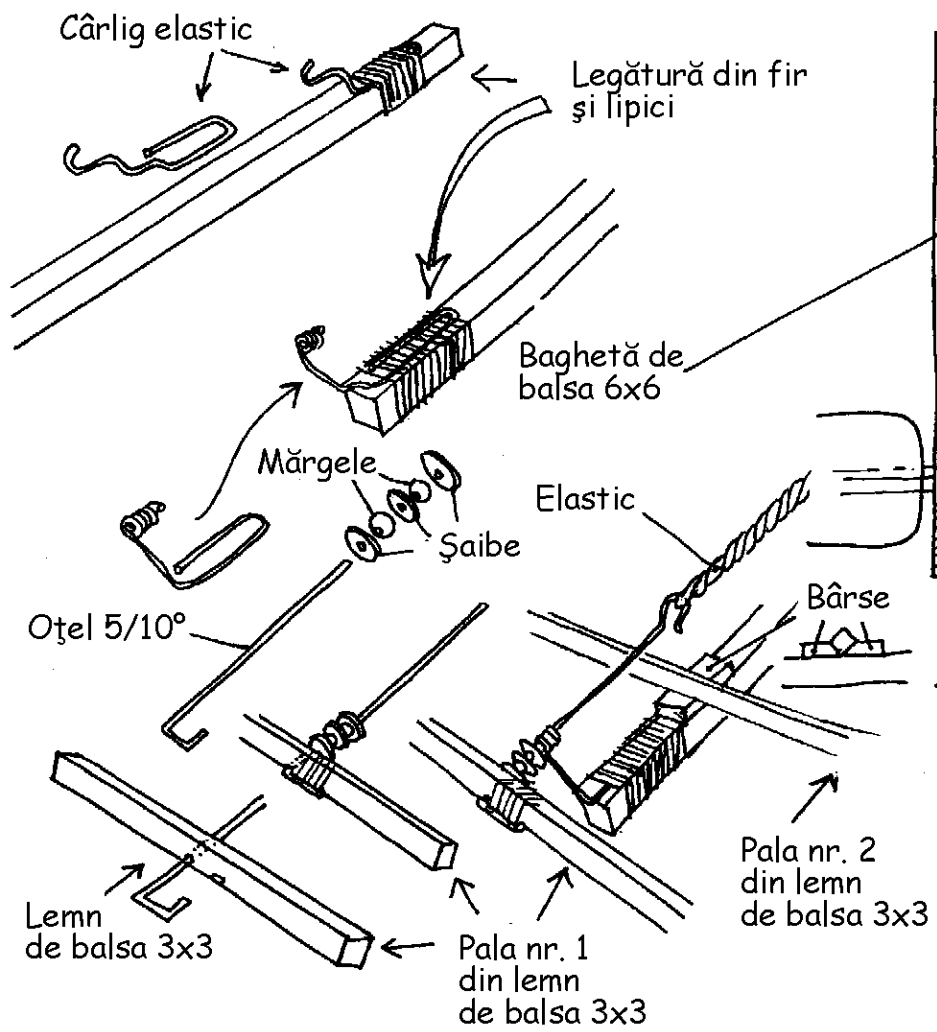
Măngele găurite

Patru pale din hârtie bristol

+ Șaibe



Partea delicată constă în îndoirea corzii de pian, folosindu-ne de DOI clești, pentru a fabrica elementele următoare :

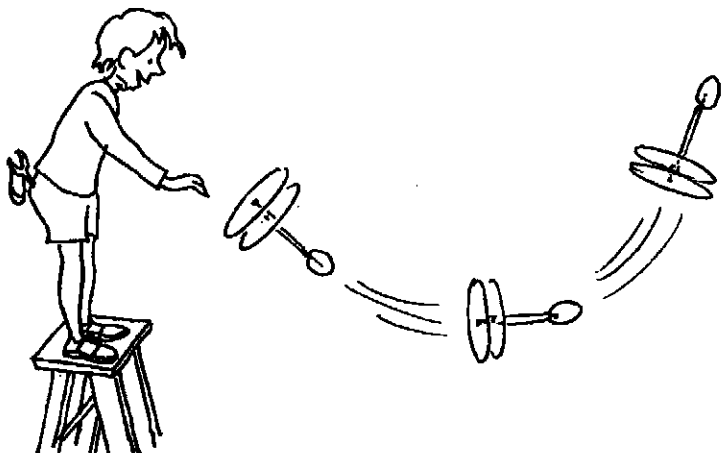


Elasticul pune în mișcare rotorul inferior, nr. 1. Datorită cuplului, rotorul nr. 2, solidar cu bagheta-fuselaj, începe să se învârtă în sens invers

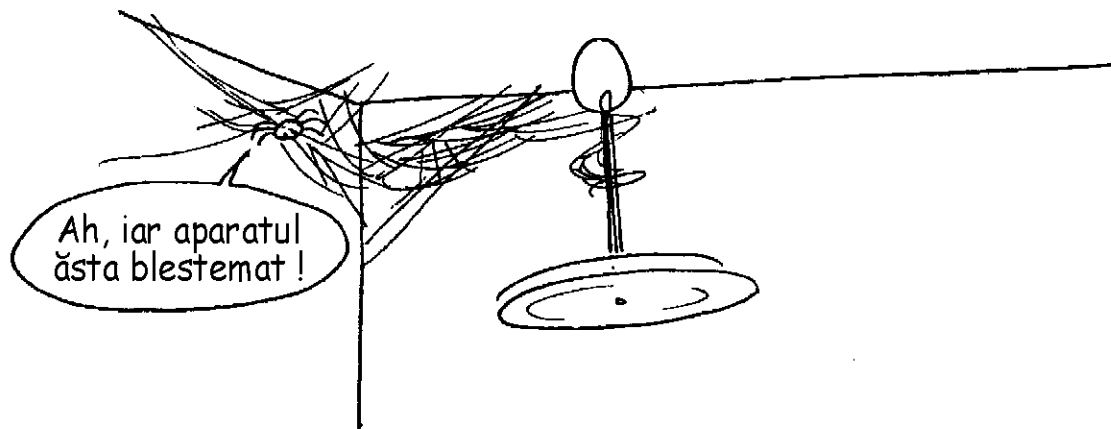
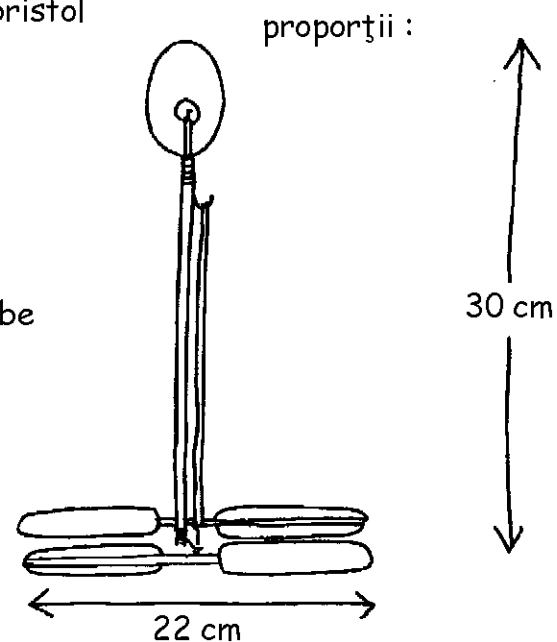
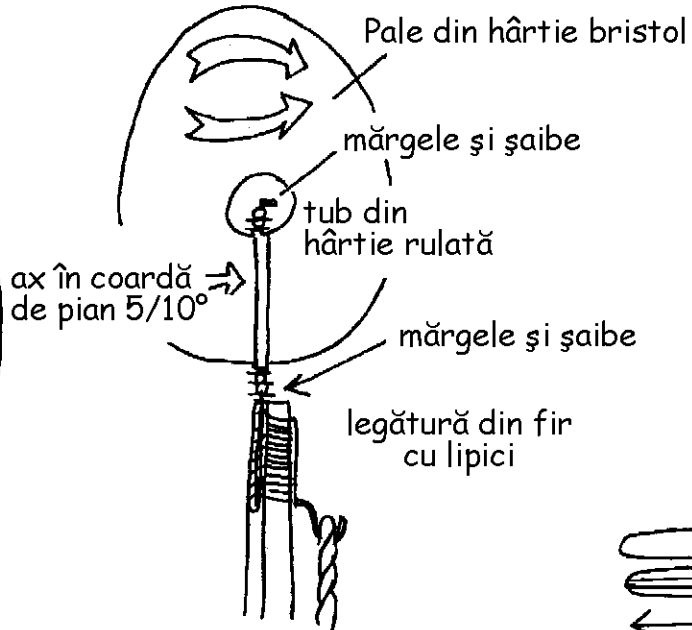
Montarea palei superioare care face ca motorul să fie autostabil

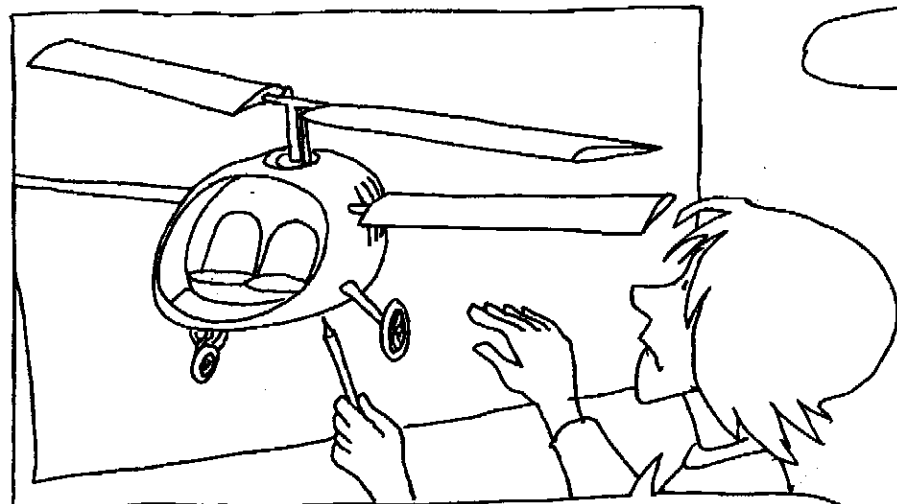
Rulăm o fâșie de hârtie pe un ac gros, adăugând puțin lipici, pentru a fabrica un tub cu diametru subțire.

Când elicopterul se înclină, pleacă pe o parte. Efortul pe pala superioară îl redresează imediat. Lăsat pe cont propriu, el urcă balansându-se (*)



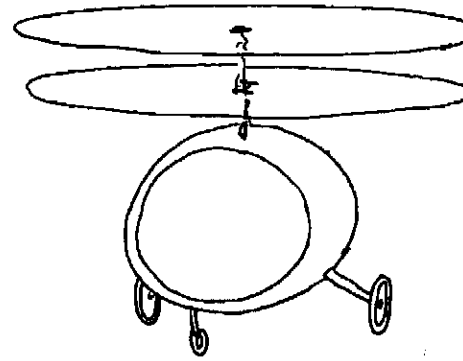
(*) când eram copil, foloseam acest motor pentru a îndepărta pânzele de păianjen, agățate de plafonul castelului Thiors, în Deux Sèvres (Franța)





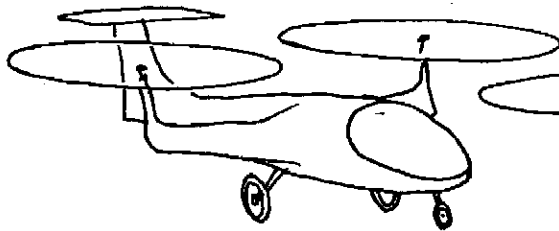
Nu, e o prostie. Nu vom putea sta într-o cabină care se învâрте.

Candid se gândea la diverse soluții.



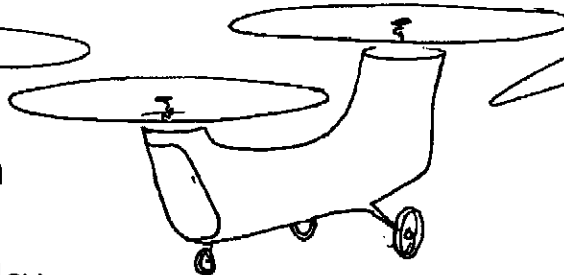
Două rotoare contrarotative, inventate de francezul Launay, promovate de rusul Kamov

Rotoare laterale



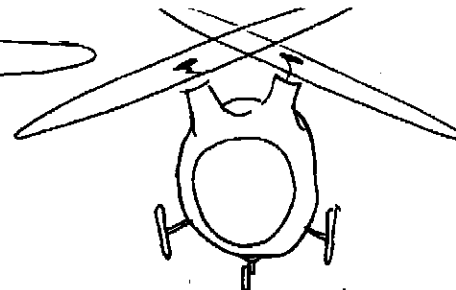
inventate de englezul Cayley, reluate de germanul Focke

Rotoare în tandem



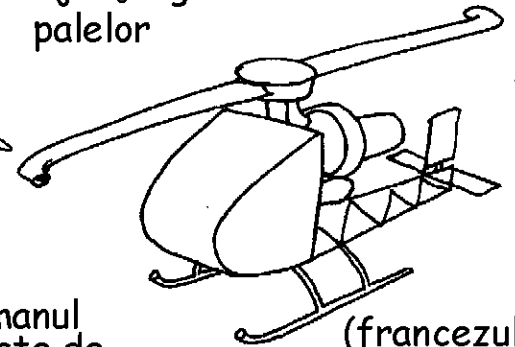
inventate de francezul Cornu, dezvoltate de Piasecki

Rotoare cilindrice



inventate de germanul Flettner, dezvoltate de Kaman

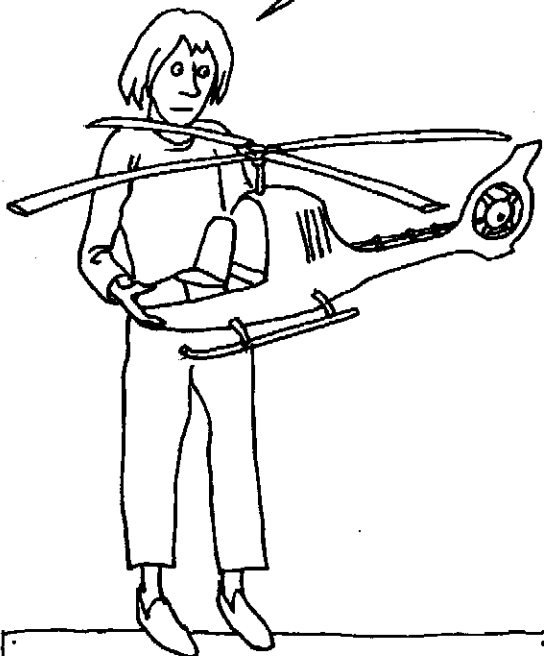
Ejecția gazelor în vârful palelor



(francezul Morin)

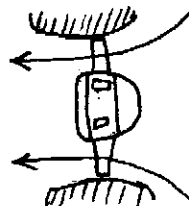
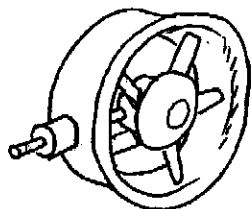
Yves le Bec a scris, ilustrând-o cu desene excelente, o lucrare intitulată « adevărata istorie a elicopterului, din 1486 până în 2005 », publicată la editura Jean Ducret S.A. CH-1022 Chavannes-près-Renens, ISBN 2-8399-0100-5. Veți găsi acolo toate modelele de elicoptere imaginate de oameni.

Voi monta un rotor anticuplu la capătul unui ampenaj. Dacă îl cuplez mecanic la rotorul principal, ar trebui să funcționeze. Când voi mări regimul motorului, rotorul din coadă îl va urma, iar compensația cuplului va fi asigurată în mod automat.



Rotorul anticuplu din coada fuselajului a fost inventat de rusul Yuriev și dezvoltat de Igor Sikorsky
(*) Rotorul fenestron a fost prezentat de francezul Mouille

Rotor « fenestron » (*)

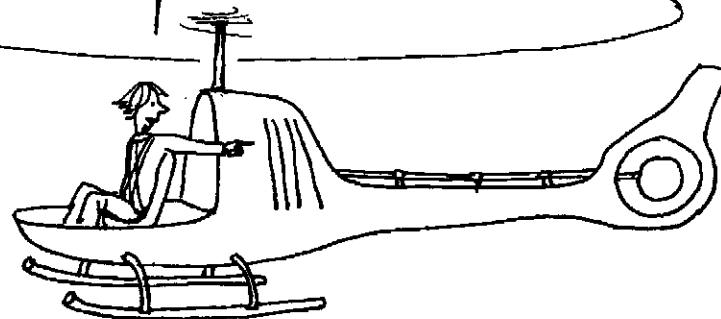


Dacă așezăm o elice multipală într-un carenaj, îi mărim randamentul și reducem ZGOMOTUL.



Întoarce-te imediat sau vei fi aspirat și transformat în felii de salam.

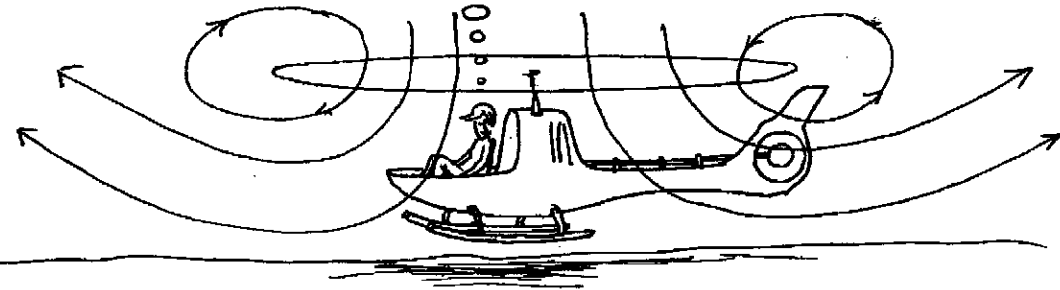
Pangloss, asta este, am reușit !



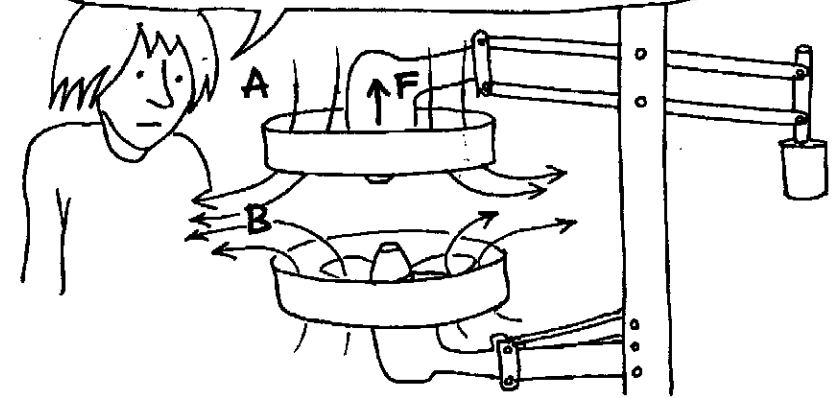
Asta demonstrează clar că totul este spre bine în cea mai bună dintre tehnicile aeronautice posibile

EFFECTUL DE SOL

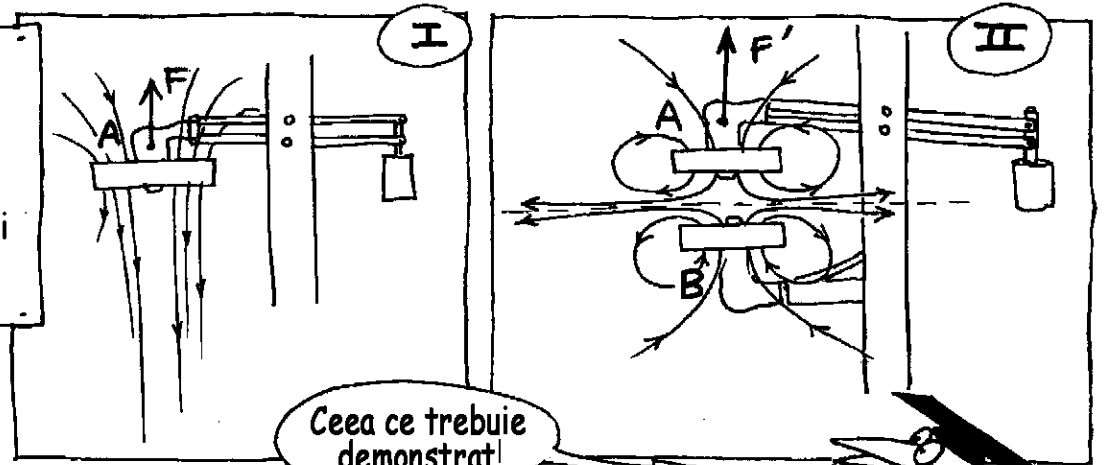
Este ciudat. Aproape de sol, reușesc să mă mențin cu o putere sensibil mai redusă (*).



Această mașină nu este altceva decât un bun ventilator. Voi pune în funcțiune două, așezându-le față în față.



La regim egal, forța ascensională care se exercită asupra ventilatorului A este mai mare când acționează în fața ventilatorului B, care împinge aerul în sens invers, decât atunci când ventilatorul A este singur.



Curgerea II este aceeași ca atunci când am pune în funcțiune ventilatorul A cu fața la sol

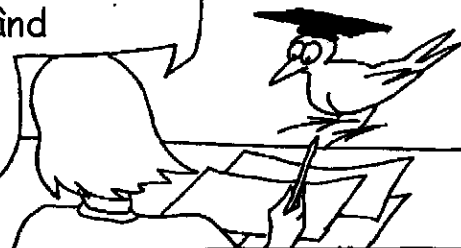
(*) efectul de sol devine important când rotorul se află la o distanță de sol egală sau mai mică decât jumătate din diametru său.

SĂ DĂM CÂTEVA TURE

Rotorul meu este cu pas fix.
Dar, ce valoare să aleg? Cu cât pasul,
incidența palelor este mai ridicată, cu
atât forța de rezistență care frânează
rotația palei este mai mare.



Dacă motorul meu, dintr-un motiv oarecare, suferă o scădere
de putere, forța de rezistență îi va încetini rotația (*).
Dacă viteza corespunzătoare **vântului relativ** scade, riscul
de decroșare se va extinde asupra întregului profil.
Și, dacă se întâmplă asta, adio reușită!
Va trebui să reduc imediat pasul, punând
gaz la capăt, pentru a menține cu
orice preț regimul rotorului și pentru
a recâștiga turații.



Ce a spus?

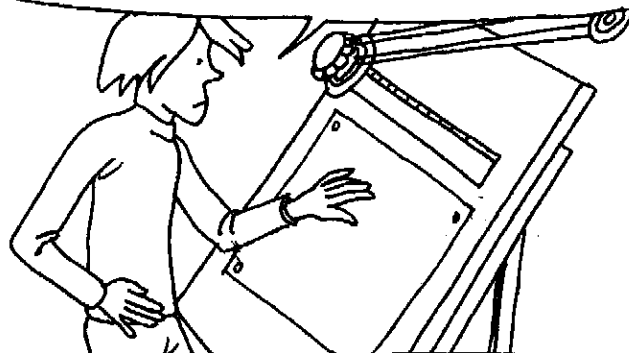


Nu e treaba ta!
Din câte știu, nu ai un
disc rotativ.

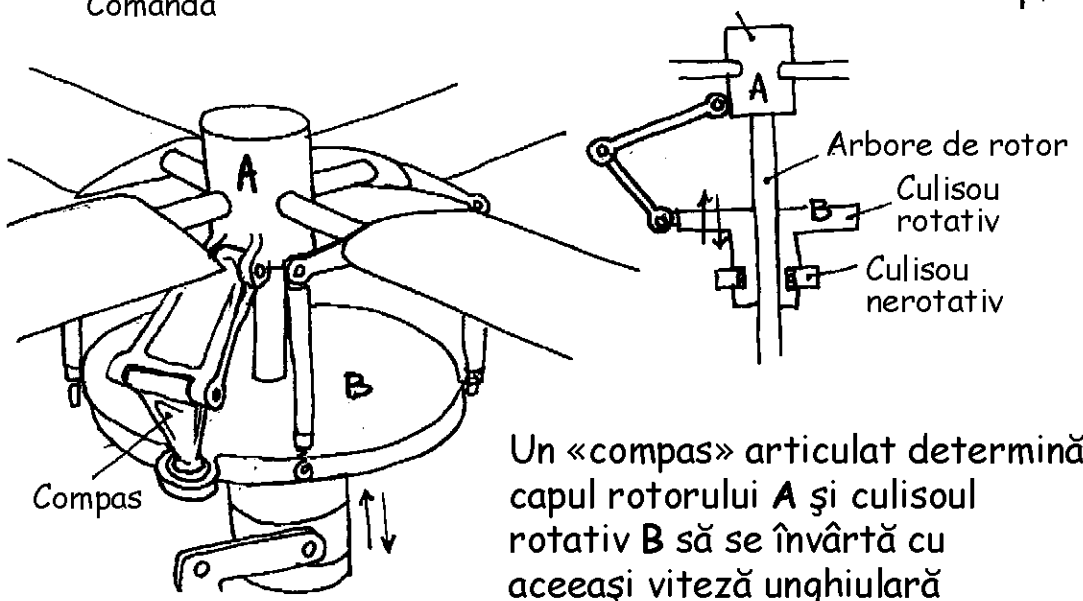
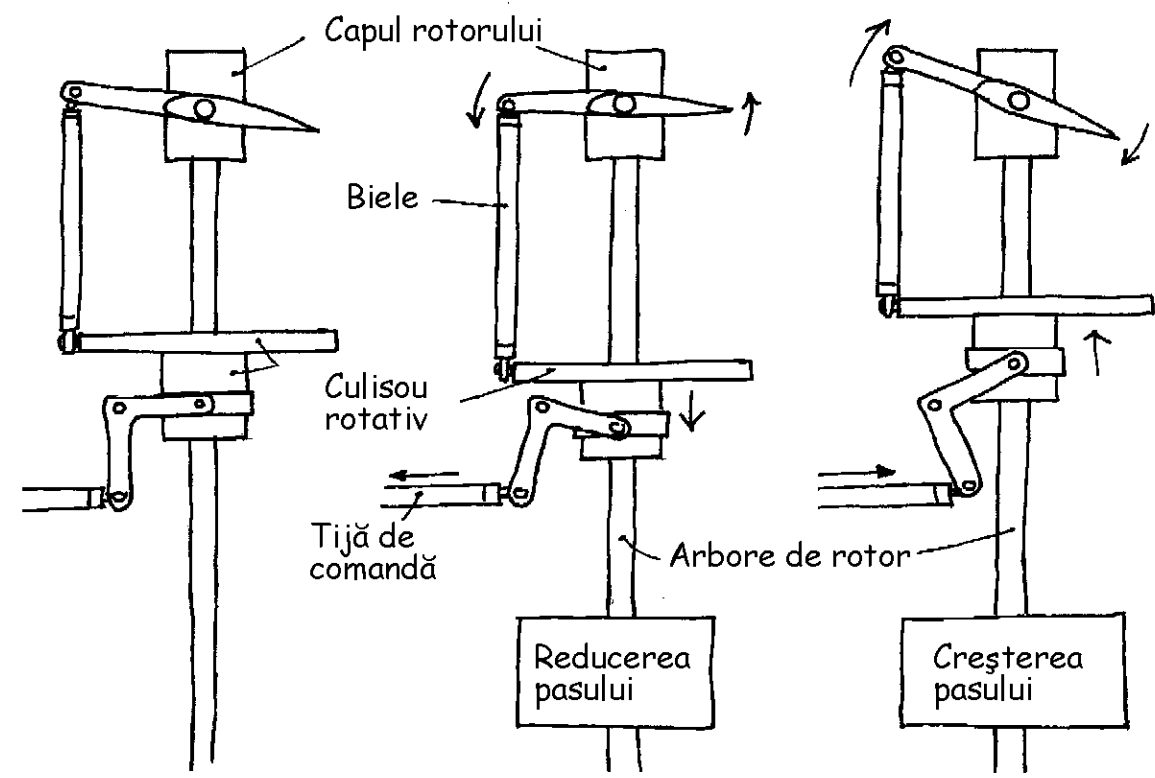
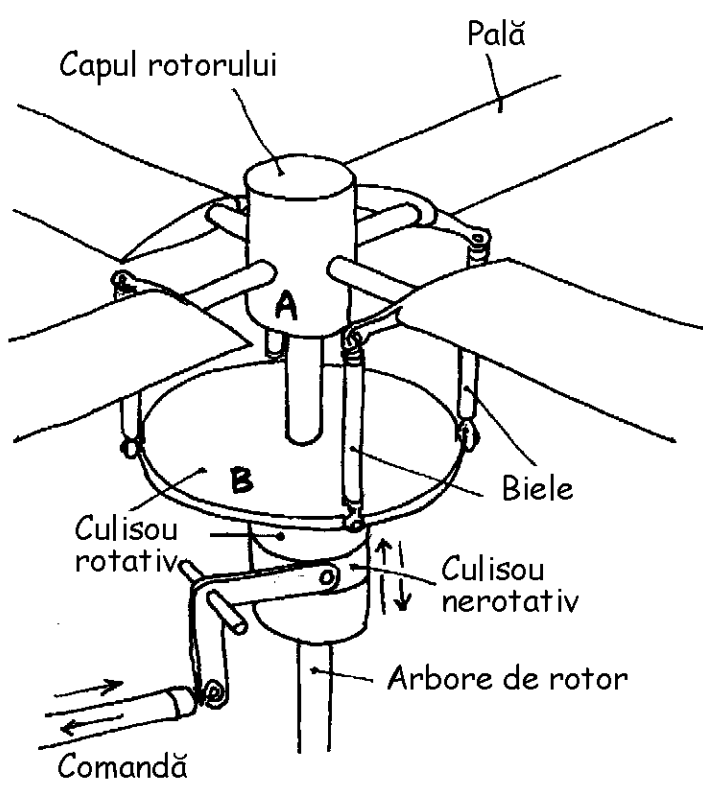
Mda...
nu cred



Trebuie să modific pasul,
adică unghiul de atac al palelor,
când mă voi afla în zbor.



(*) Un rotor al cărui motor ar înceta brusc să funcționeze ar încetini în mod periculos... într-o secundă.



Un «compas» articulată determină capul rotorului A și culisoul rotativ B să se învârtă cu aceeași viteză unghiulară

Cu un sistem de acest gen, putem varia în mod colectiv pasul palelor unui rotor, acționând asupra unui culisou nerotativ B, legat printr-un palier cu bile de un culisou rotativ A, care retransmite ordinul către pale, prin intermediul bielelor.

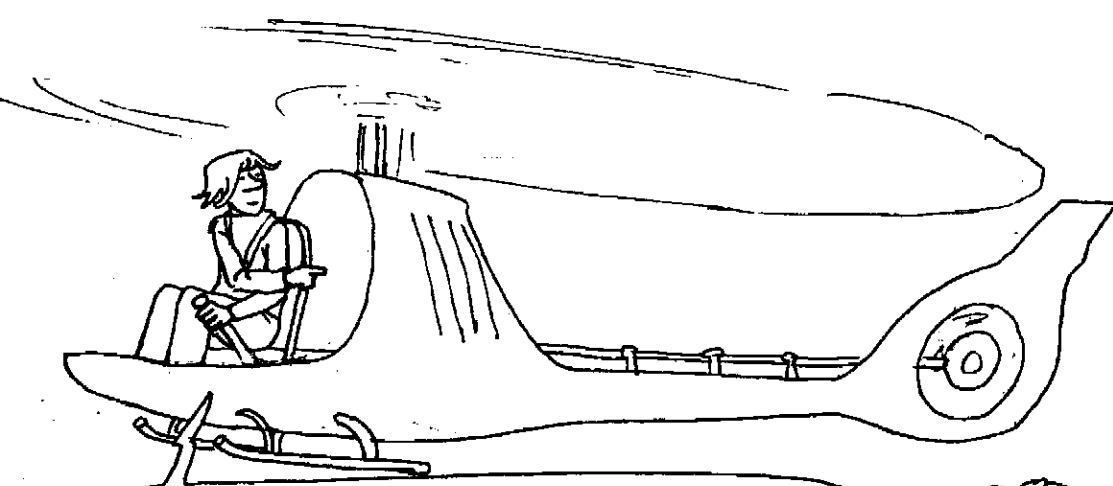
Conducerea

Am adaptat o manetă de comandă care îmi permite să variez după cum vreau pasul general, cu ajutorul unui levier, din cabina mea de pilotaj

Am pus chiar și comanda de gaz deasupra

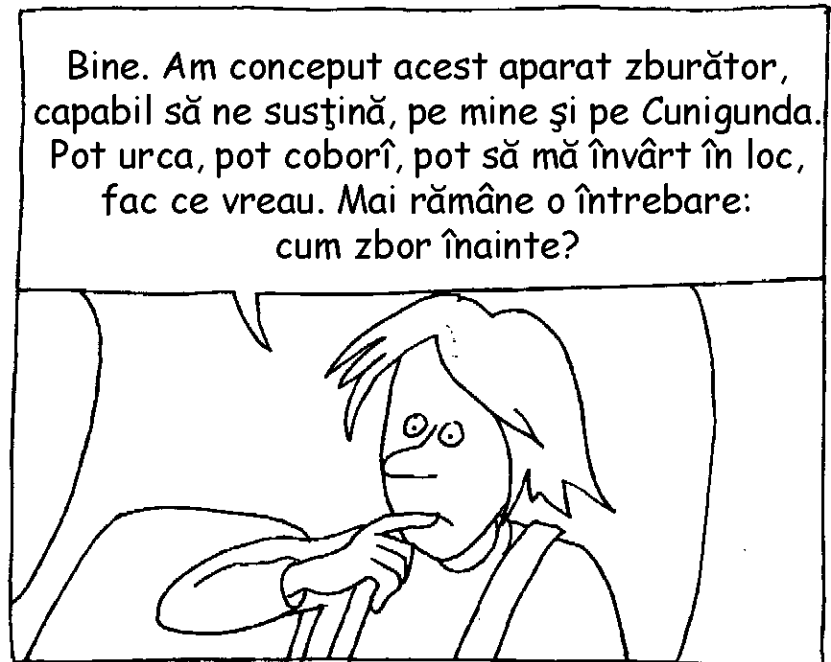
Mâner rotativ : comanda de gaz

Levier în sus : creșterea pasului
Levier în jos : reducerea pasului



Am adaptat același sistem la rotorul din coadă, anticuplu, pentru a evita rotațiile când modific pasul general. Și am adăugat o comandă de picior, prin pedaliier, care îmi permite să mă învârt pe loc.

Ce?
Nu înțeleg nimic...

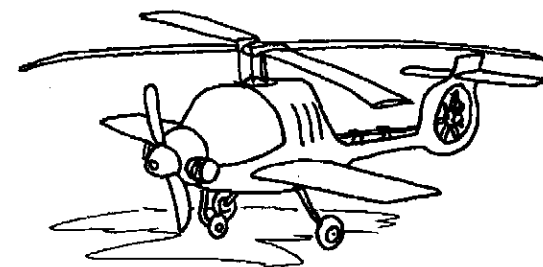


Bine. Am conceput acest aparat zburător, capabil să ne susțină, pe mine și pe Cunigunda. Pot urca, pot coborî, pot să mă învârt în loc, fac ce vreau. Mai rămâne o întrebare: cum zbor înainte?

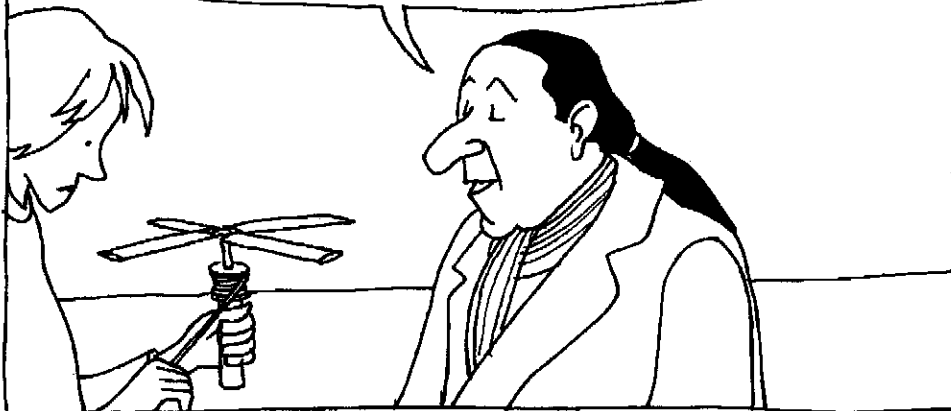


De ce să nu adăugăm o elice, sisteme de direcție?

Mi se pare prea complicat totul



Acesta este titirezul zburător inventat de englezul Georges Cayley, în 1976



O, priviți !



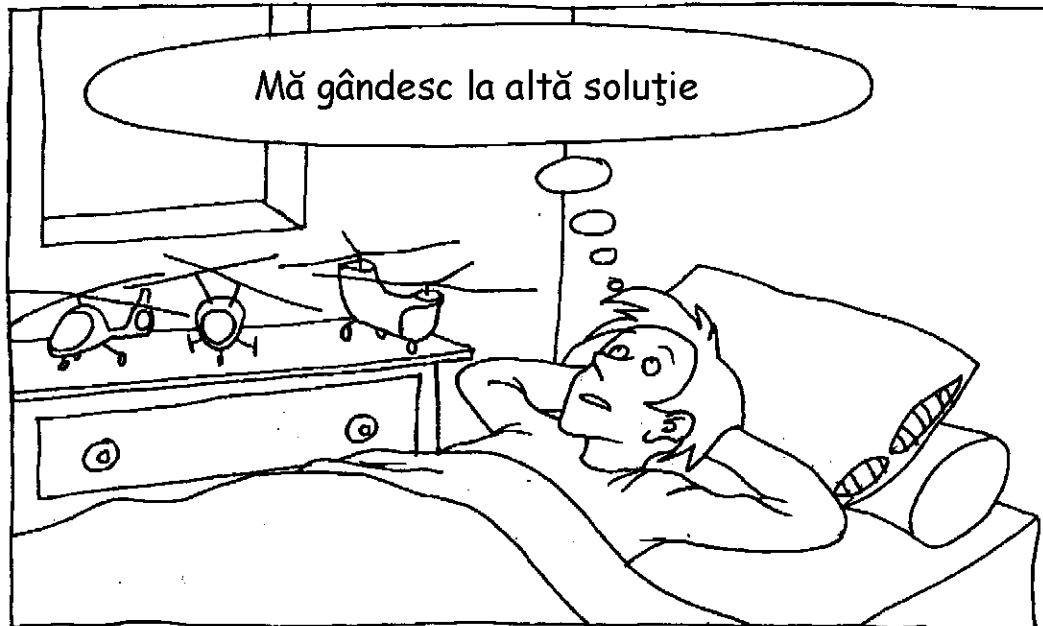
Dacă aş putea înclina rotorul, aparatul s-ar deplasa singur, orizontal.

Poate ai putea să te deplasezi în interiorul cabinei. Asta ar modifica poziția centrului de gravitație.

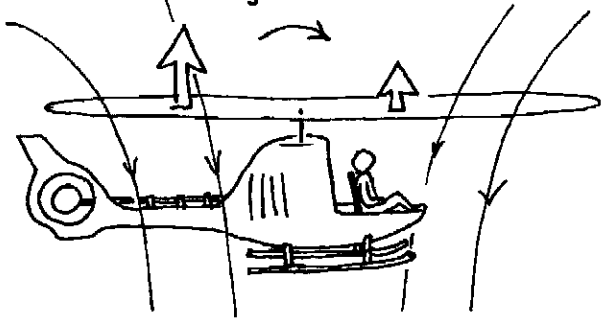


Și când va urca la bord Cunigunda, cum voi echilibra totul?!

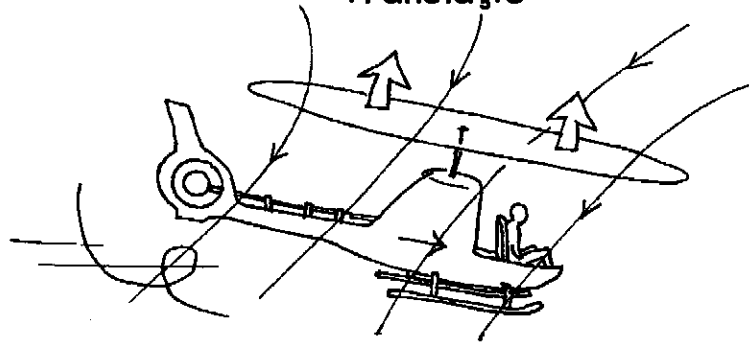
Mă gândesc la altă soluție



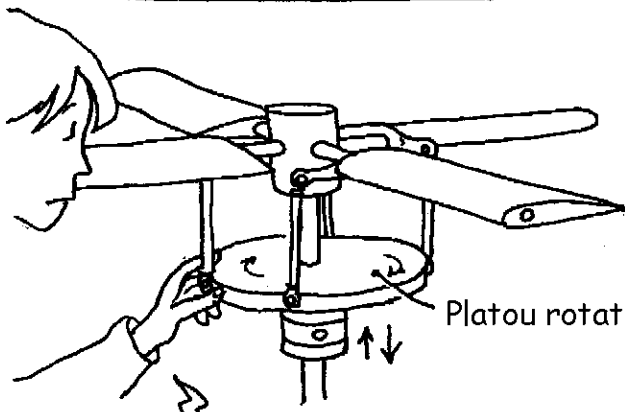
Staționare



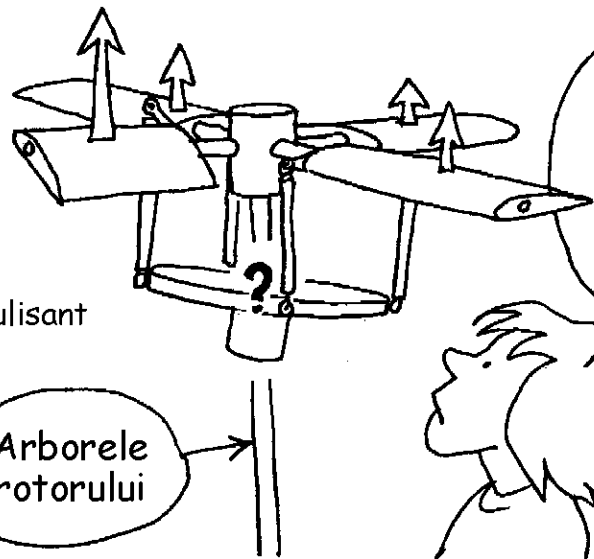
Translație



Dacă aş putea mări portanța palelor rotorului, când acestea sunt îndreptate spre înapoi, și să o reduc atunci când palele sunt îndreptate spre înainte, cu ajutorul unei **VARIAȚII CICLICE A PASULUI**, aş putea provoca balansarea aparatului și l-aș angaja într-o mișcare de **TRANSLAȚIE**.



Platou rotativ culisant

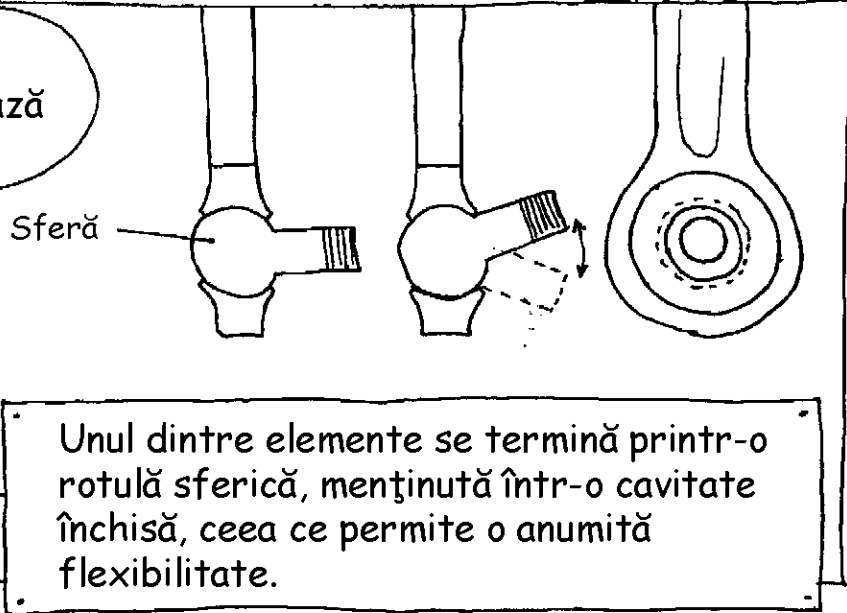
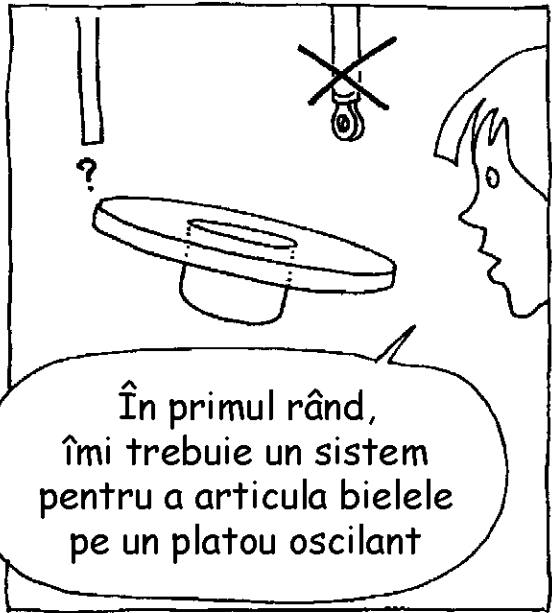


Arborele rotorului

Dacă aş putea face în așa fel încât acest platou să prezinte o înclinație, în timp ce se învâрте, aş putea crea această variație ciclică a pasului (*) palelor. Dar cum să asamblez și să comand toate aceste lucruri!?!

Pasul palelor este dat de poziția unui platou rotativ, culisant pe arborele rotorului.

(*) inventat de spaniolul **Pescara**, care introduce conceptul de **AUTOROTAȚIE**



Viața unui pilot de elicopter este dependentă de o mecanică foarte complexă, care pune în joc biele de acest fel, angrenaje, rulmenți, fiind nevoie ca toate aceste elemente să fie fabricate cu cea mai mare precizie, apoi supravegheate și schimbate periodic. Costurile de fabricație și de mentenanță sunt mai mari decât cele pentru un avion. Începând cu anii '70, folosirea de noi materiale (materiale compozite, elastomeri, componente cu autolubrifiere) a permis reducerea complexității, greutateii, costurilor de fabricație, ritmului de mentenanță, în favoarea fiabilității dar acest lucru depășește cadrul prezentei lucrări.

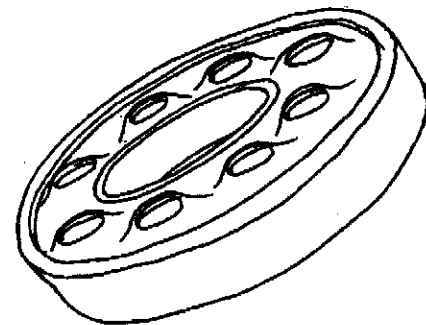
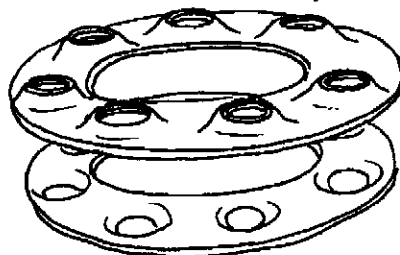
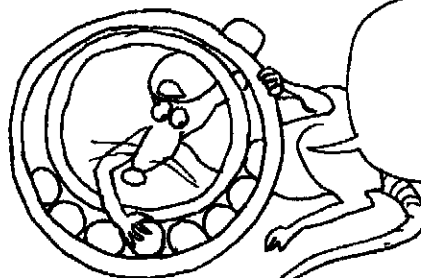


Un element important este rulmentul cu bile

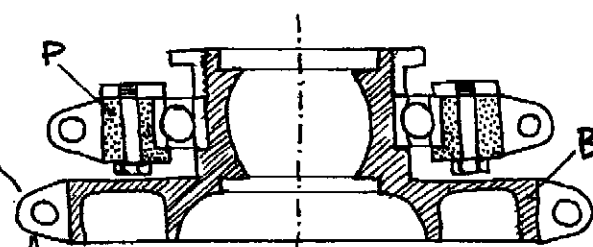
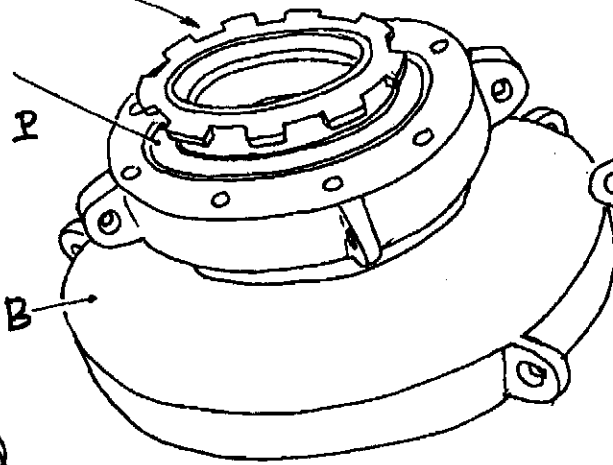
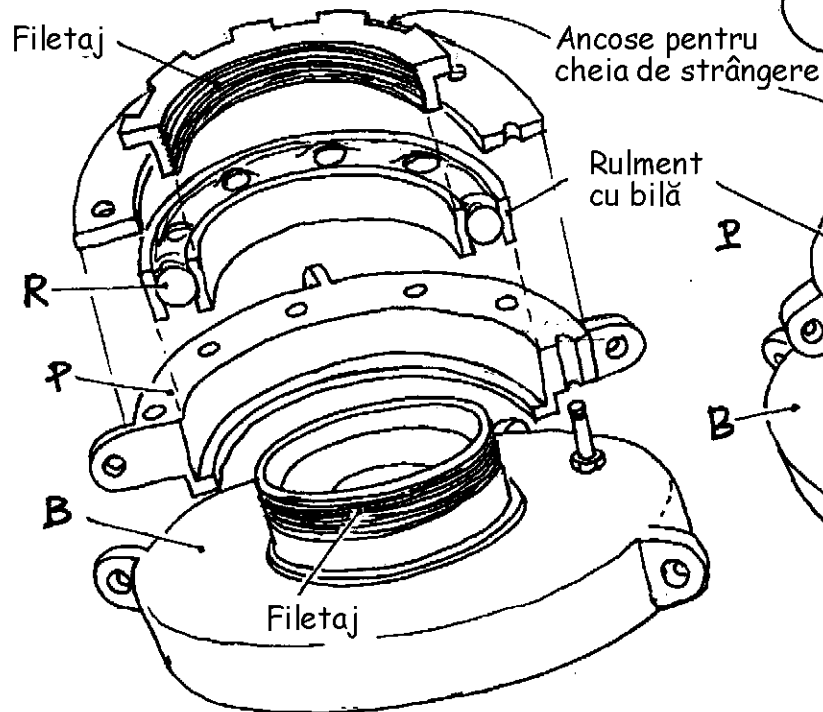


Dar, cum facem să introducem aceste bile blestemate ?

Dacă descentrăm inelele, putem introduce un anumit număr de bile



Acestea sunt apoi introduse imediat la locul lor într-o cavitate formată din două elemente sudate, strânse sau lipite.



Acest rulment permite celor două platouri, unul rotativ P altul nerotativ B, să se miște unul față de altul, dar menținându-se pe aceeași axă.

Nu aş vrea să vă supăr, maestre,
dar avionul duminică e o glumă
din punct de vedere mecanic

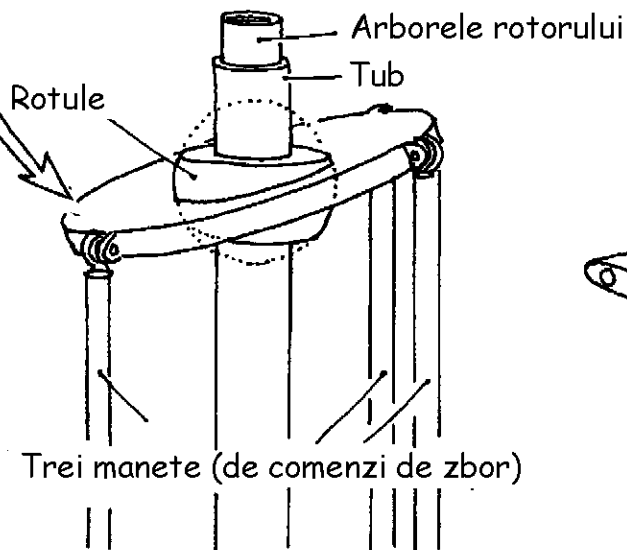


Pentru a face un obiect care este oblic
să se întoarcă drept, soluția este **ROTULA**

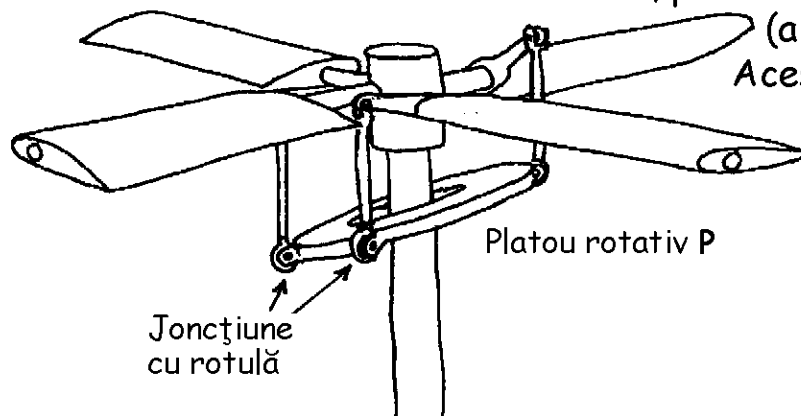


O rotulă care va
aluneca într-un tub în
interiorul căruia ea va
întoarce arborele
rotorului

Pe aceasta rotulă se va sprijini un platou **B**,
nerotativ, a cărui orientare va fi fixată de
maneta de comenzi de zbor



Platoul nerotativ **B** va fi solidar cu un platou
rotativ **P**, prin intermediul unui rulment cu bile
(a se vedea pagina precedentă)
Acest platou rotativ va comanda
îclinarea paginilor (hârtii
bristol) prin intermediul
bielilor de pas.

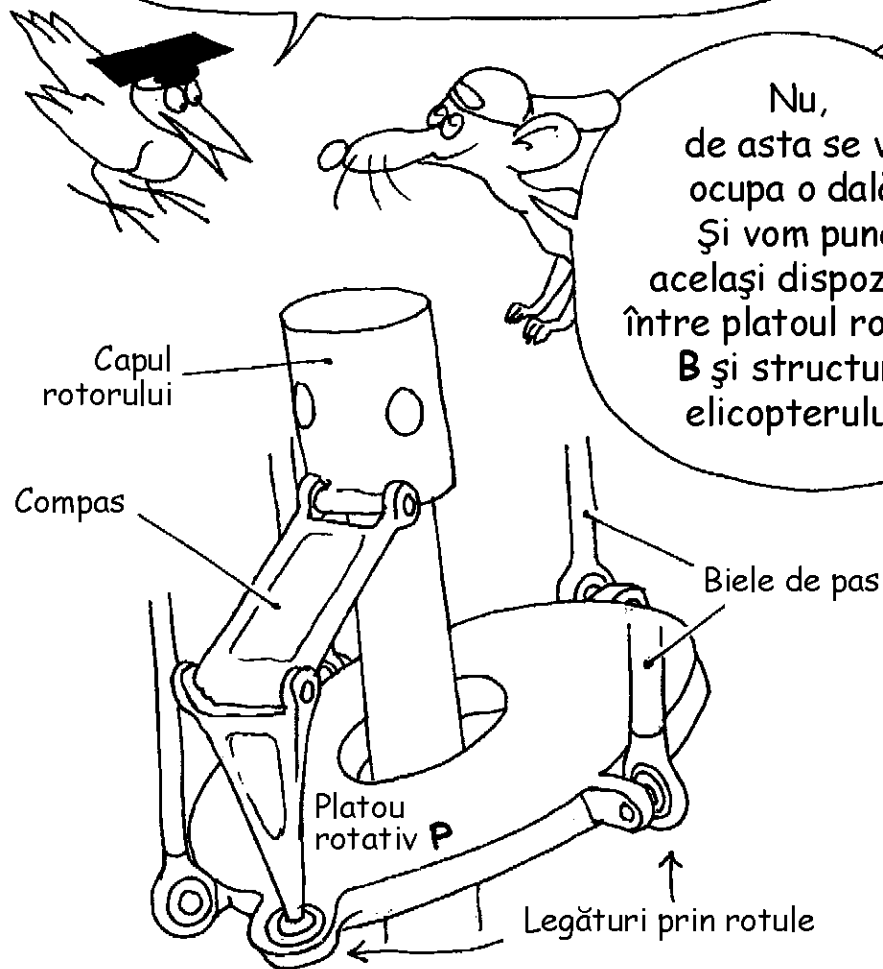


Înainte de a finaliza acest studiu al platoului ciclic, mai sunt niște probleme. În primul rând, cum legăm platoul rotativ P de capul rotorului. Nu vom lăsa această sarcină în seama bielei fragile, nu?

A doua sugestie: Cum plasăm rotula în cavitatea ei, situată în platoul B?

Nu, de asta se va ocupa o dală. Și vom pune același dispozitiv între platoul rotativ B și structura elicopterului.

Rotula este un inel din teflon, despicat, a cărui parte interioară este cilindrică, iar partea superioară este sferică. Dacă o deformăm, cum am indicat mai sus, o putem strânge în cavitate fără dificultate. Putem înșira apoi totul într-un tub, în interiorul căruia se învâрте axa rotorului.



Sintează, pagina următoare →

PLATOU CICLIC

Cârlig pentru bielă

Flanșă

Cârlig manetă
de comandă

Arborele rotorului

Tub

Arborele rotorului
Colier de fixare
a compasului II

Filetaj

Compas II

Inel de
strângere
Flanșă cu
șuruburi

Platou
rotativ

Platou
nerotativ

Compas I

Cârlig pentru compasul II

Inel din teflon, despicat,
pentru a permite montarea

Cu suprafață sferică (rotula)

Ancose care permit
adaptarea unui instrument
de strângere

Suprafață
sferică

Filetaj pe care
se montează
inelul de
strângere

Cârlig pentru
biele de pas

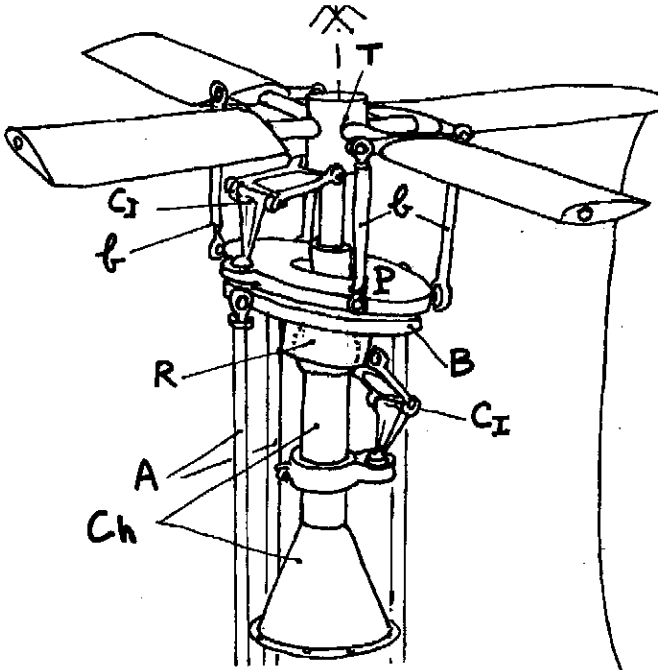
Cârlig pentru
maneta de comandă

Cârlig pentru
compasul I

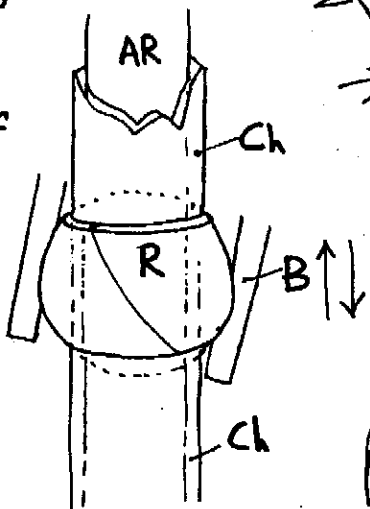
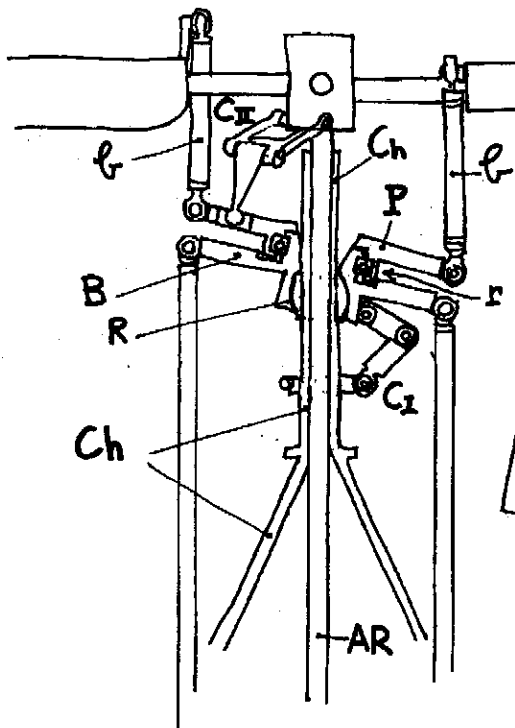
Tub

Mecanica elicopterului presupune multe șmecherii pentru a ajunge la niște montaje simple, solide, lejere, rezistente, care să nu necesite decât un număr minim de piese.





Să revenim la o descriere schematică, mai lizibilă.
 O manșă de comandă **A**, formată din trei bare, determină ridicarea, coborârea și balansarea în toate sensurile a unui platou nerotativ **B**, ghidat de rotula **R**, care alunecă liber pe tubul **Ch**, solidar cu structura elicopterului. Un prim compas **CI**, fixat pe tubul **Ch** se opune oricărei mișcări de rotație a platoului **B** în raport cu structura elicopterului (tubul **Ch**). Platoul ciclic rotativ **P** este legat printr-un șurub cu bilă **r** de platoul nerotativ **B**. Atitudinea platoului **B** este fixată de pilot, prin intermediul manetei de comandă **A**. Platoul **P** transmite acest ordin către pale, prin intermediul bielelor **b**. Al doilea compas **CII** rămâne solidar cu capul rotorului **T** și platoul ciclic rotativ **P**, în lipsa căruia bielele de pas **b**, fiind încredințate cu acest rol, s-ar sparge imediat.

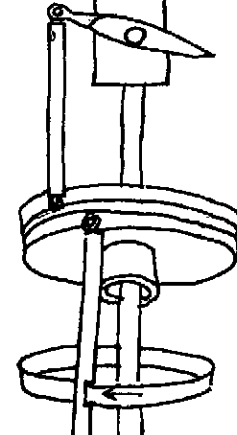
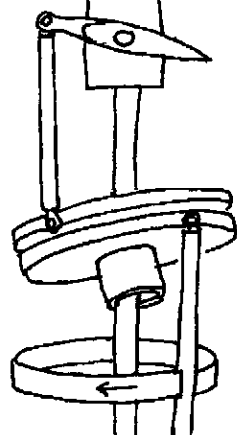
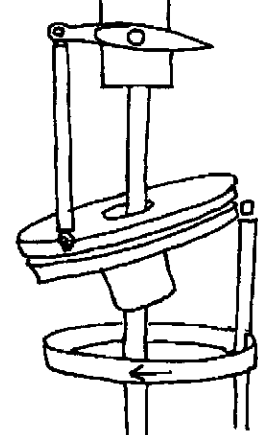
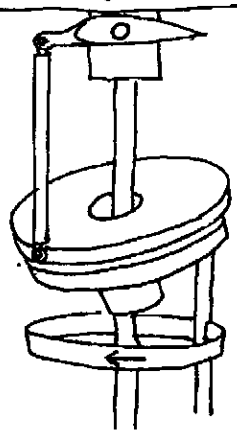


Acum trebuie să concep **COMENZI DE ZBOR** care să-mi permită să acționez cele trei bare verticale.

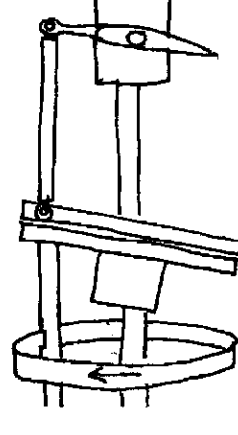
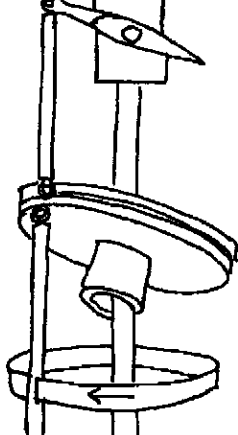


Și totul va fi gata!

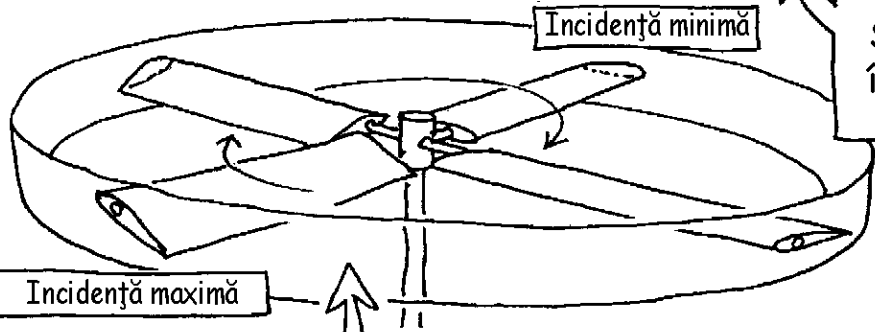
Incidență minimă



Incidență maximă

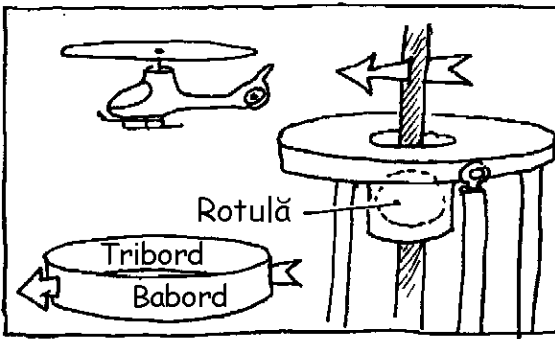


Etc...
Jos, mișcarea
aparentă a uneia
dintre manșele
de comandă



Sus, însoțim o pală în mișcarea sa. Incidența sa variază periodic între o valoare minimă și una maximă

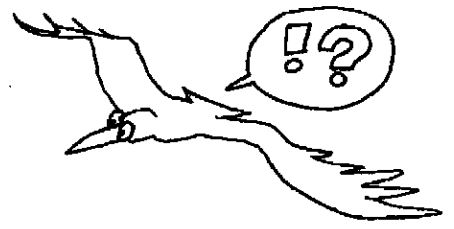
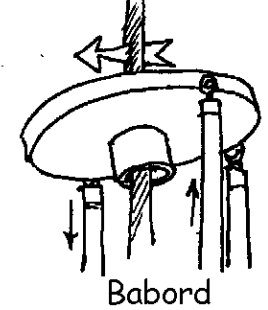
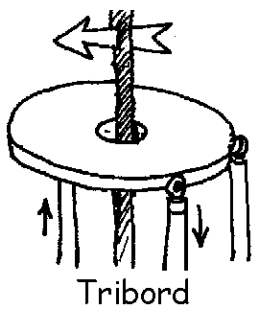
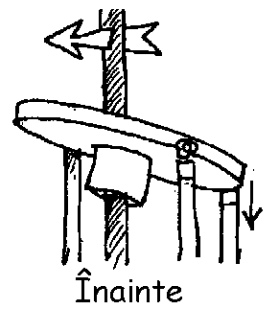
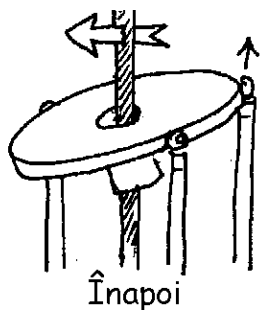
Aici, palele ocupă patru poziții diferite în planul rotației

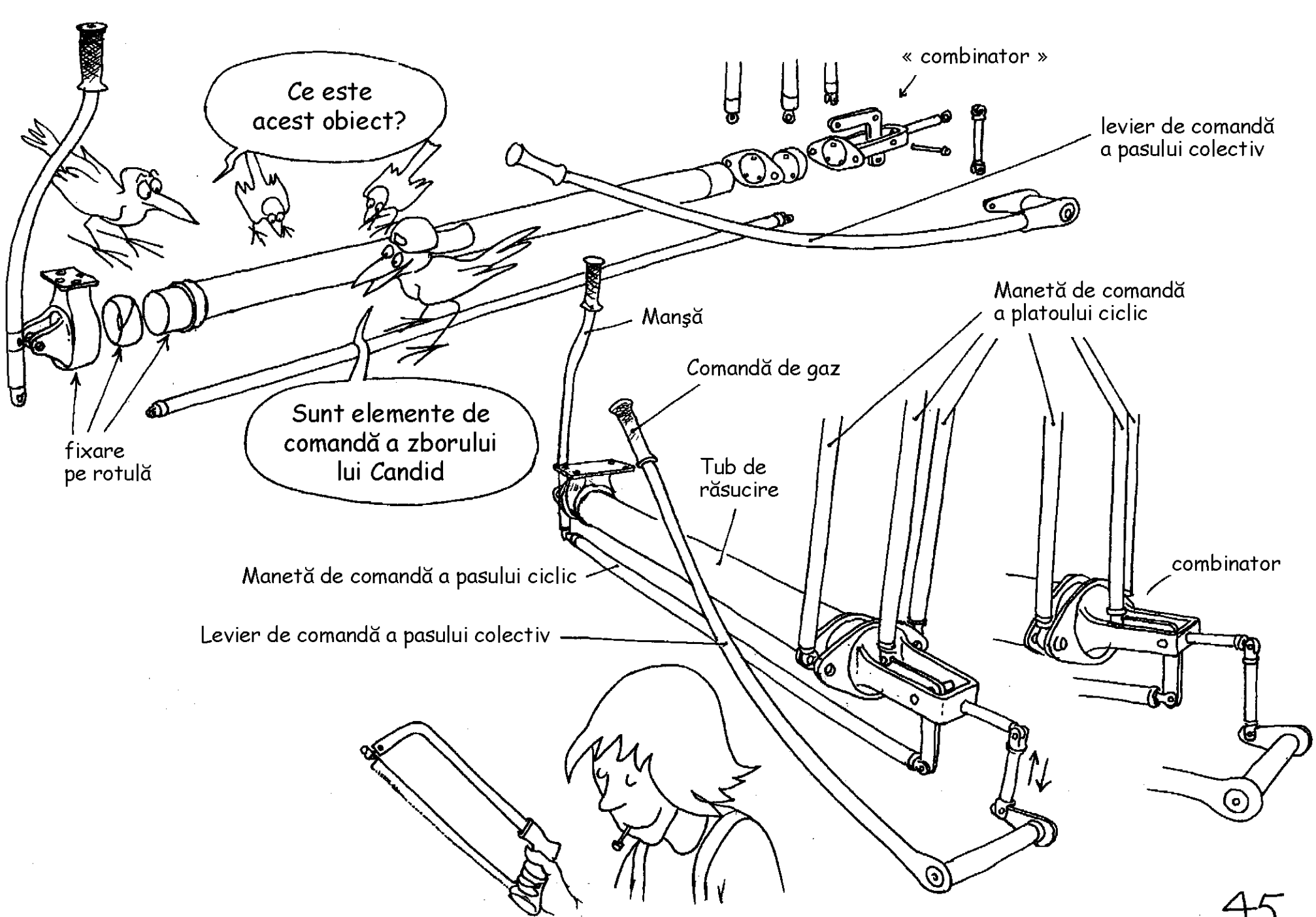


Săgeata este orientată spre fața aparatului

Trei manșe sunt suficiente pentru a controla atitudinea platoului nerotativ

Pilotarea elicopterului, mărand incidența palei:





Ce este acest obiect?

Sunt elemente de comandă a zborului lui Candid

« combinator »

levier de comandă a pasului colectiv

fixare pe rotulă

Manșă

Comandă de gaz

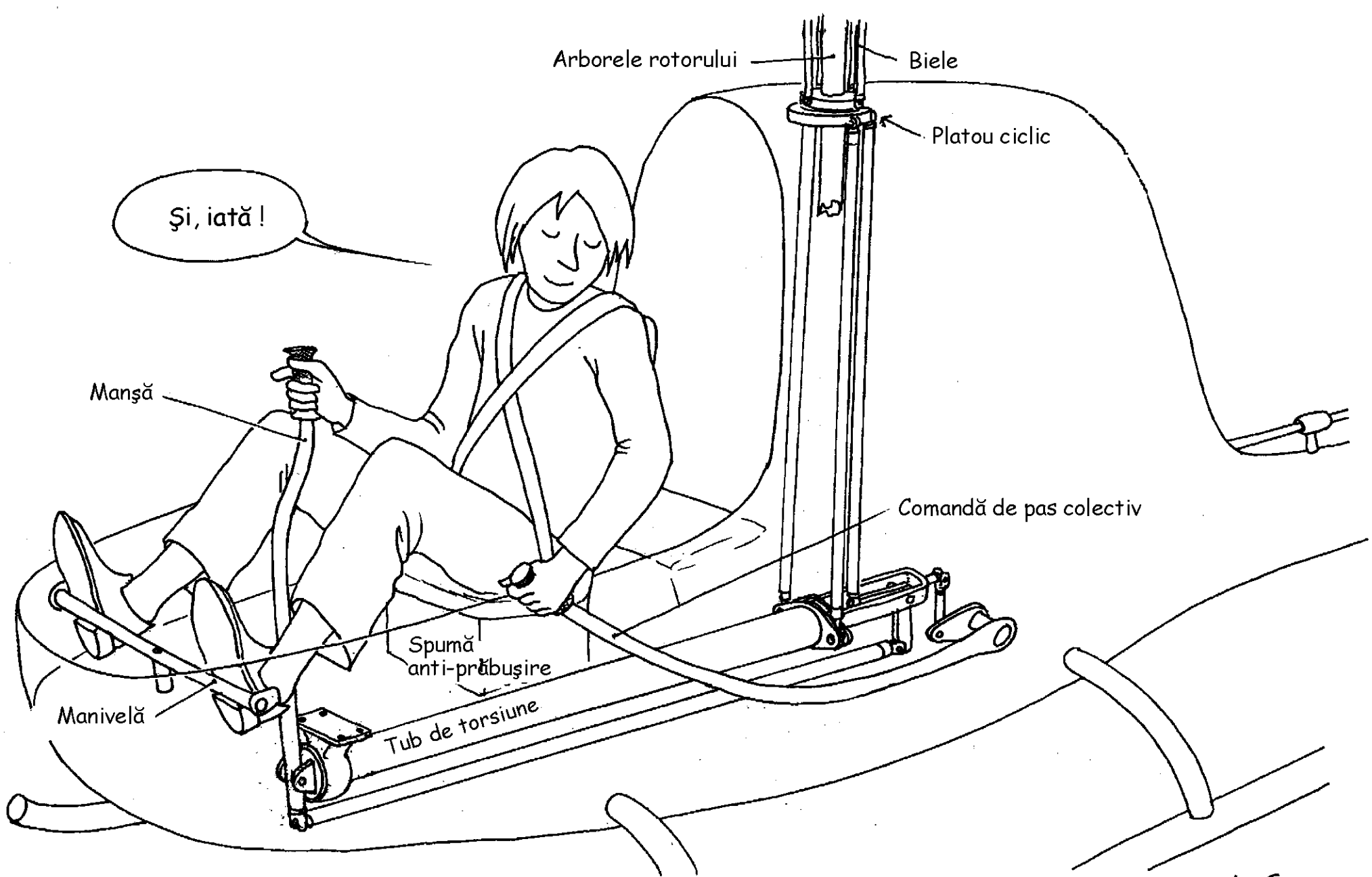
Tub de răsucire

Manetă de comandă a platoului ciclic

Manetă de comandă a pasului ciclic

Levier de comandă a pasului colectiv

combinator



Pangloss, de data aceasta,
totul e pregătit. Plec să o iau
pe domnișoara Cunigunda.

Înainte!

TROSC
PLEOSC
PLIȘC

Maestre, e îngrozitor.
Erau atâtea vibrații, încât m-am
temut că aparatul se va rupe
în mii de bucăți.

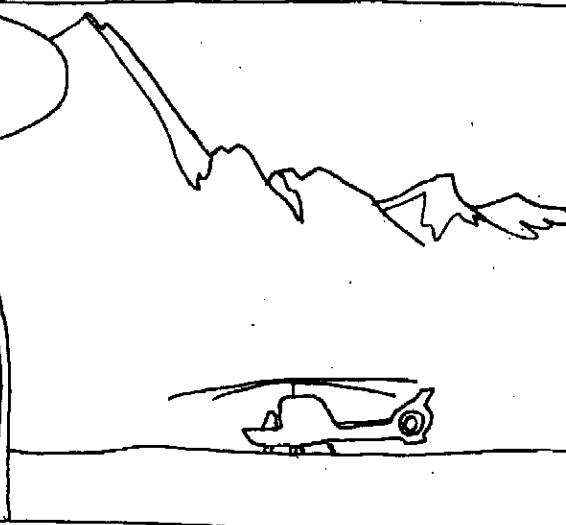
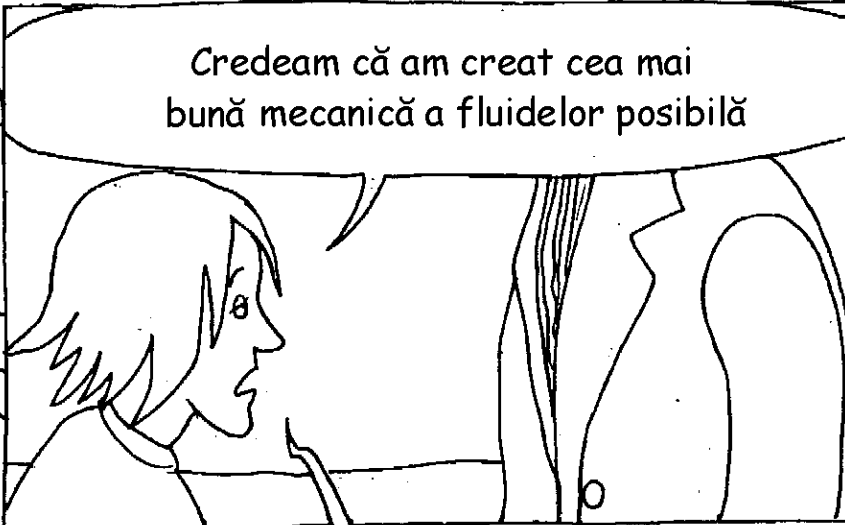


Și asta nu e
cel mai rău lucru...

Dar care
este, bunul
meu Candid?

Credeam că am creat cea mai
bună mecanică a fluidelor posibilă

Imaginează-ți, dragă maestre, că atunci când am apăsat manșa în față...



Aparatul a pornit strâmb, aplecat pe dreapta

Am apăsat imediat manșa la stânga

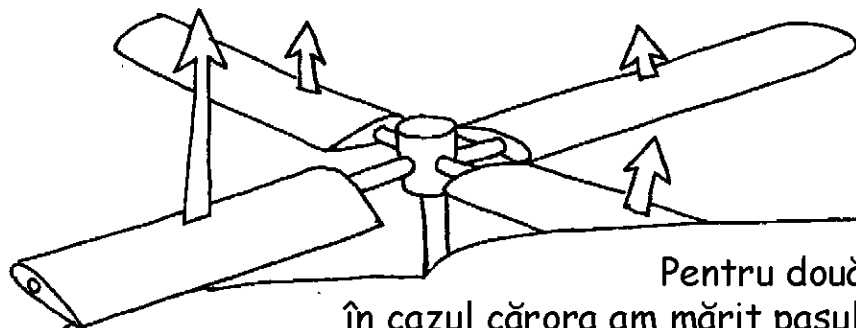
Și atunci s-a cabrat ca un cal nebun

Și a pornit... înapoi.


Odată cu deplasarea, am simțit vibrații atât de puternice, încât am crezut că rotorul se va rupe și mi-a sosit clipa din urmă...

Asta mă supără cel mai tare. Dar, nu ai putut găsi până acum soluții de bun simț?

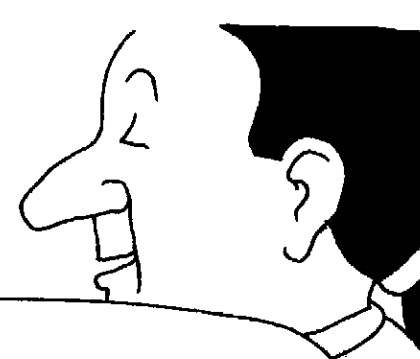
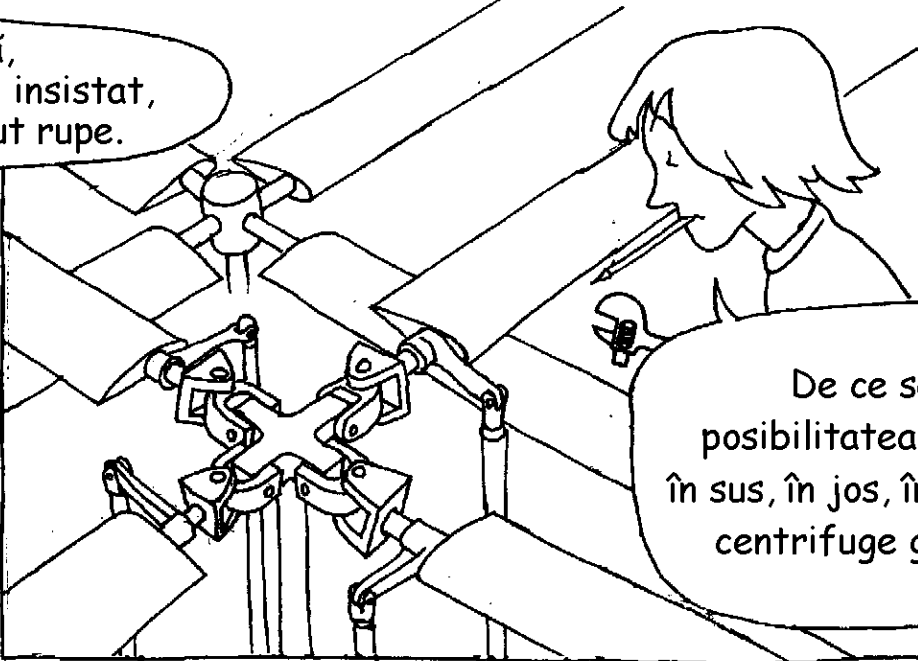
Am simțit că aparatul se clătina de îndată ce am pus în funcțiune variația ciclică a pasului. Ca și cum o mână invizibilă ar fi atins butucul rotorului. Dar, privind mai îndeaproape, mi se pare că îmi dau seama de cauza acestui fenomen.



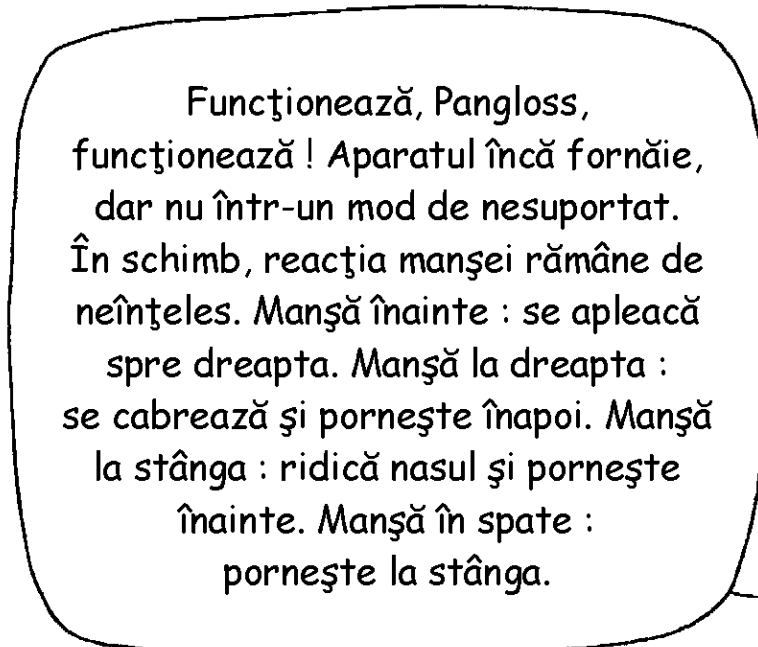
Pentru două pale diametral opuse, în cazul cărora am mărit pasul uneia și am redus pasul celeilalte, forțele aerodinamice diferă în intensitate și direcție. Ceea ce explică aceste vibrații gata să spargă totul.




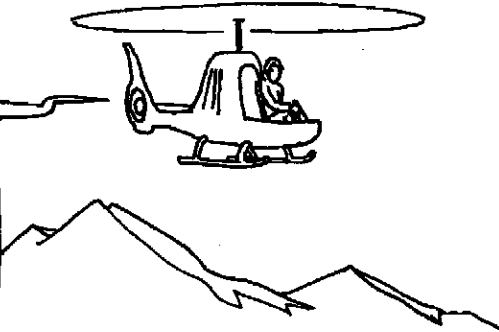
Am simțit că,
în cazul în care aş fi insistat,
rotorul s-ar fi putut rupe.



De ce să nu dăm acestor pale
posibilitatea de a se mișca așa cum vor,
în sus, în jos, înainte și înapoi, lăsând forței
centrifuge grija de a le susține ferm?

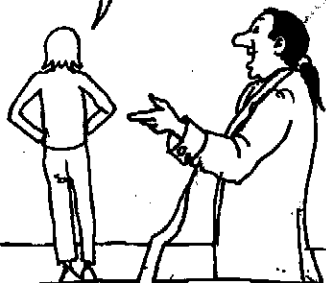


Funcționează, Pangloss,
funcționează ! Aparatul încă funcționează,
dar nu într-un mod de nesuportat.
În schimb, reacția manșei rămâne de
neînțeles. Manșă înainte : se apleacă
spre dreapta. Manșă la dreapta :
se cabrează și pornește înapoi. Manșă
la stânga : ridică nasul și pornește
înainte. Manșă în spate :
pornește la stânga.



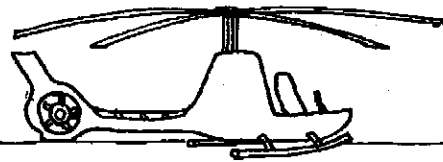
Ceea ce înseamnă că aparatul se supune
comenzilor tale, dar executându-le la... 90°

E de neînțeles,
dar exact așa este.

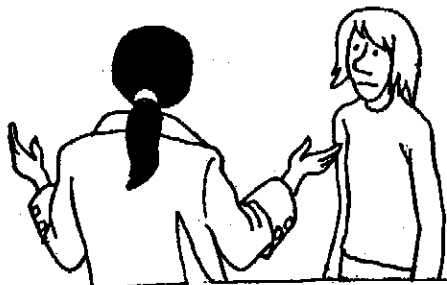


Ei bine, aveți soluția.
Modificați comenzile
în consecință!

Nu aș putea să mă urc într-un aparat al cărui comportament
depășește puterea mea de înțelegere, dragă maestre.



Candid, Candid, câte lucruri ni se par cunoscute, în timp ce esența lor
ne rămâne străină. Vezi: Soarele se învâрте în jurul Pământului și noi nu
știm de ce. Nu am descoperit nimic din natura acestui vid oribil care face
ca mercurul să urce în barometre. Adevărata cauză a acestei energii negre
care provoacă reaccelerarea cosmosului ne rămâne străină. Din acest motiv,
trebuie să ne abținem din a mai observa și măsura toate aceste
fenomene pe care ni le oferă natura?



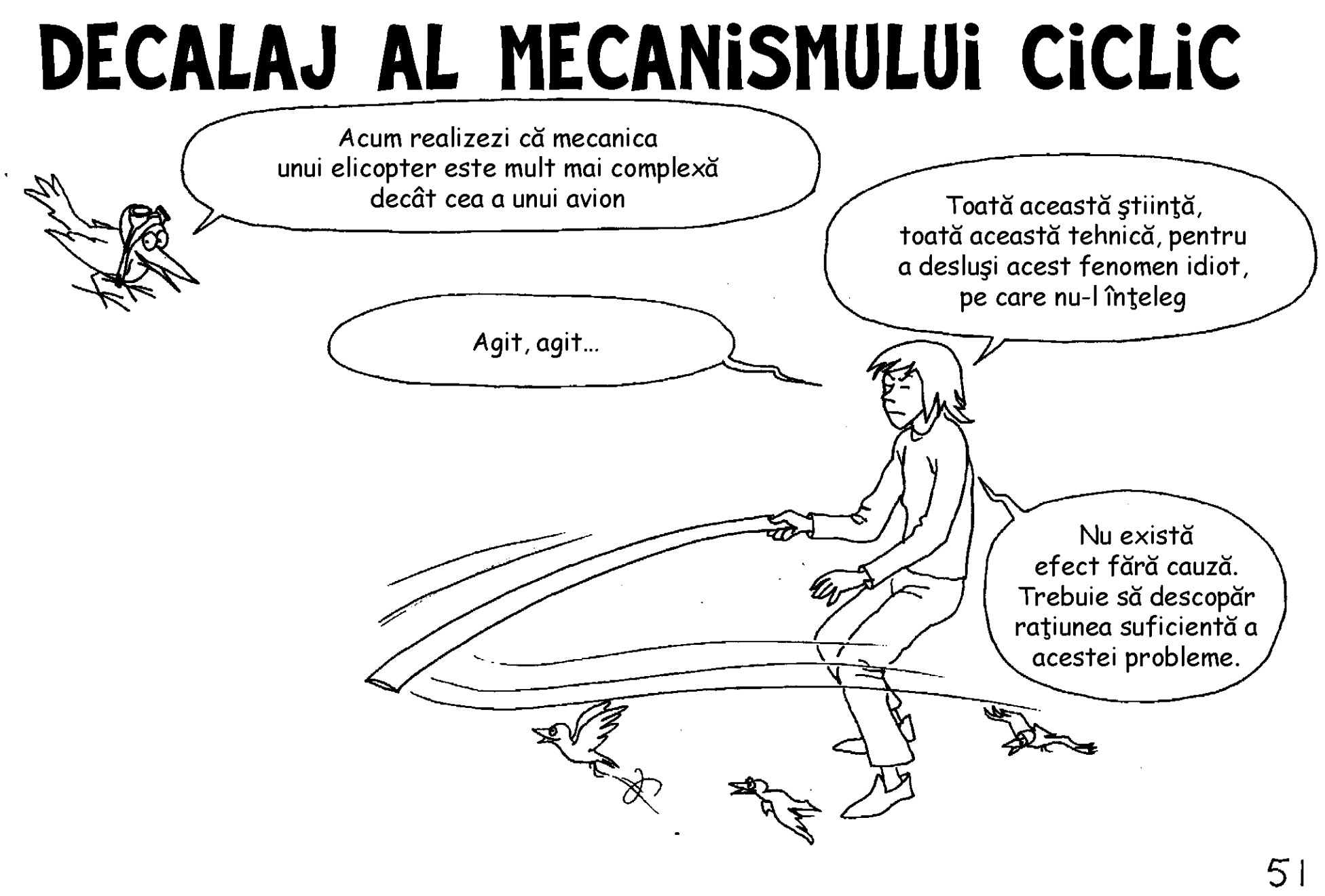
Și dragostea, Candid, sentimentele duiioase
pe care le aveți pentru domnișoara Cunigunda?



Dacă această mecanică
a zborului este cea mai bună dintre
toate tehnicile de zbor posibile,
care ar fi celelalte...



DECALAJ AL MECANISMULUI CICLIC



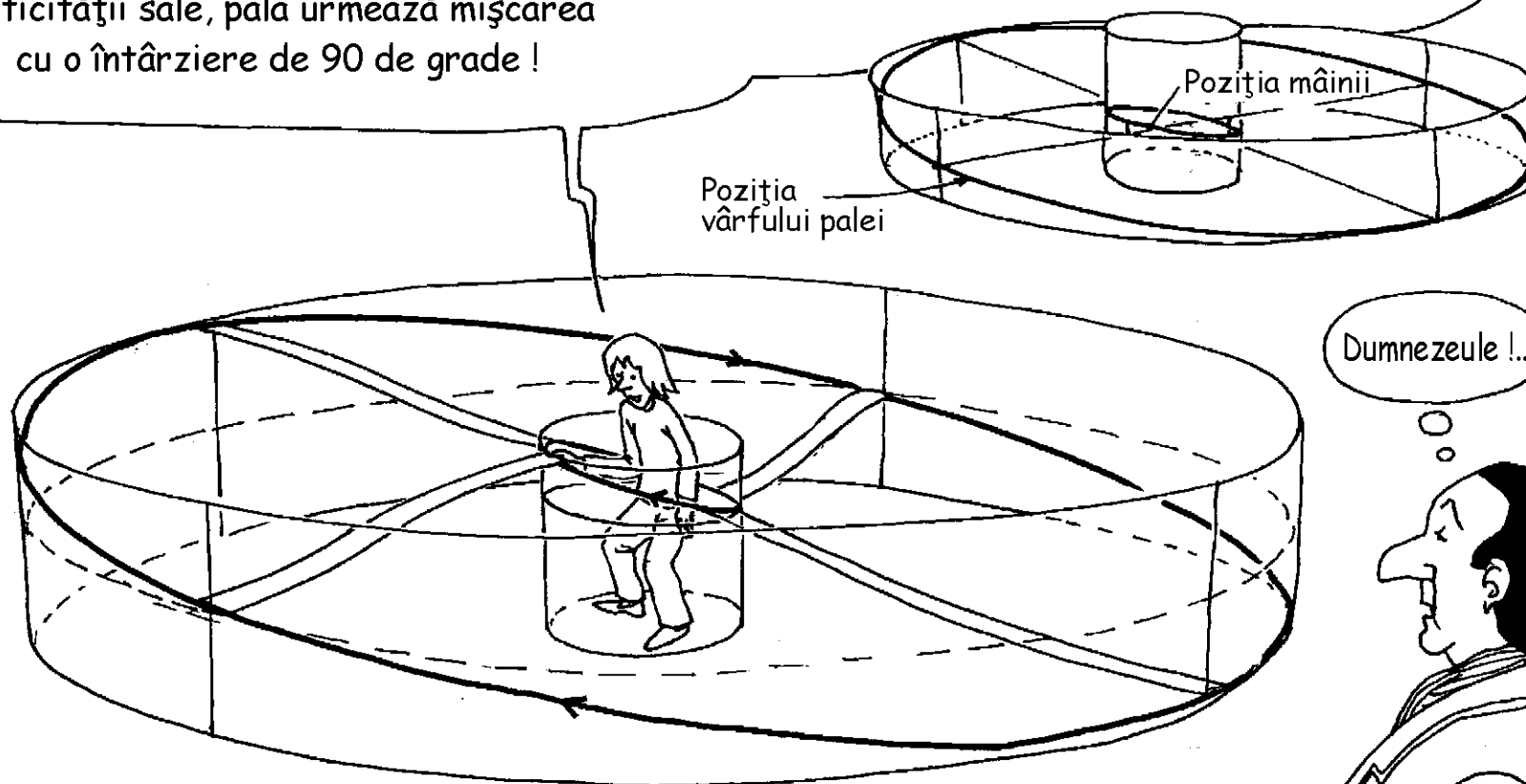
Acum realizezi că mecanica
unui elicopter este mult mai complexă
decât cea a unui avion

Toată această știință,
toată această tehnică, pentru
a desluși acest fenomen idiot,
pe care nu-l înțeleg

Agit, agit...

Nu există
efect fără cauză.
Trebuie să descopăr
rațiunea suficientă a
acestei probleme.

Pangloss, cred că am înțeles. Când agită această pală de sus în jos, în timp ce mă învârt și mă poziționez astfel încât perioada de oscilație pe care o impun acesteia să fie aceeași cu perioada mea de rotație, datorită combinării inerției și elasticității sale, pala urmează mișcarea cu o întârziere de 90 de grade !



Dumnezeule !...

În termeni științifici, asta ar fi comportamentul unui sistem de ordin secund

Mărturisesc că această rațiune suficientă
mi se pare că este dincolo de capacitatea
mea de înțelegere

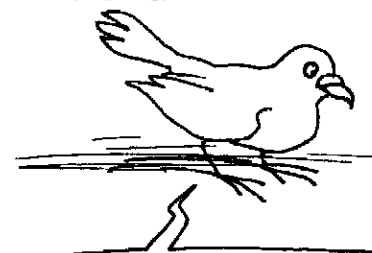
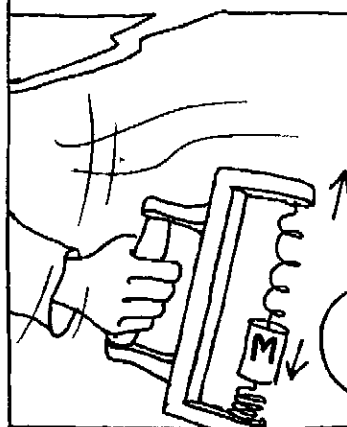
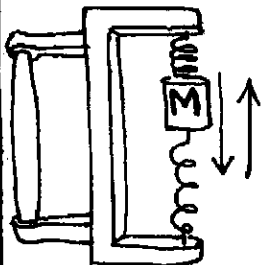
Veți înțelege, maestre,
datorită acestui aparat
denumit **ELASTOTRON**

Nu căutați utilizarea
practică a acestui aparat,
a cărui singură funcție este
să explice comportamentul
unic al palelor elicopterului

Credeam că este vorba despre mecanica fluidelor

Explic : Dacă îndepărtez masa M
de poziția sa de echilibru, ea va oscila
cu o anumită perioadă pe care o numim
PERIOADĂ PROPRIE A SISTEMULUI

Dacă solicit aparatul, scuturându-l
de sus în jos cu aceeași perioadă T , masele M
va răspunde în **contratimp**



De ce vă interesează
mecanica fluidelor?



Sunt sigur că
înoți foarte prost !

Să înot?

Lasă, dragule.
Nu vom intra în conflict
cu acest pinguin. Cartea este
deja destul de complicată.

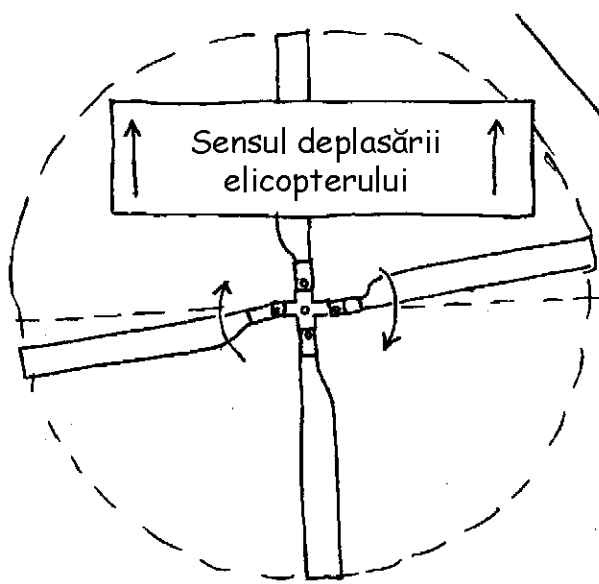
Atunci, mecanismul răspunde,
la rândul lui, în **contratimp**

Apucați elastotronul de meselotă
și scuturați-l în funcție de perioada sa T

Bun, îl prind așa și îl
scutur în funcție de...
propria sa perioadă

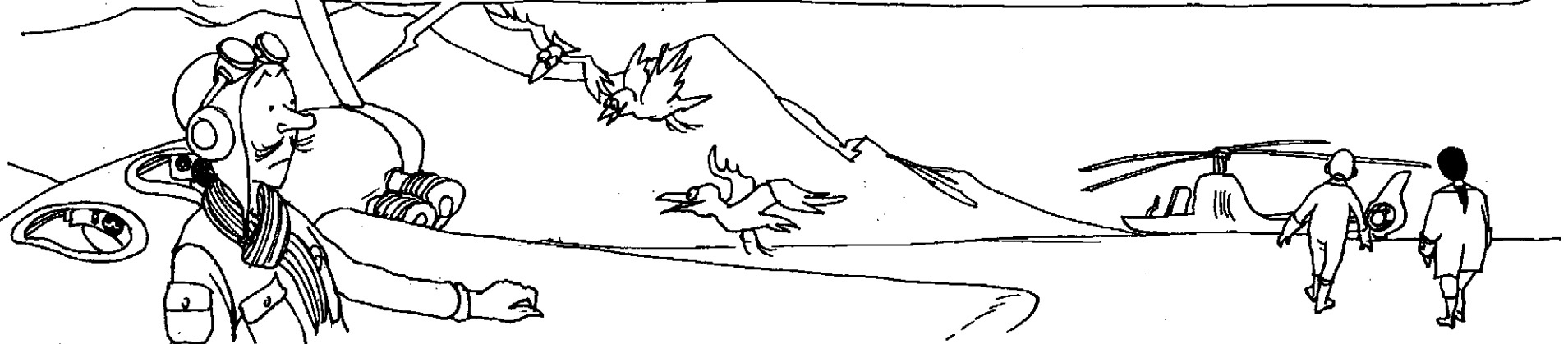
Să aplicăm acest lucru în cazul elicopterului.
Mai devreme, am scuturat palele în timpul mișcării
de rotație în jurul meu. În zbor, palele sunt cele care
« scutură » aparatul. De aici vine această necesitate
de a dispune pe fiecare dintre ele
de o articulație de pulsație

Hmm, înțeleg...



A doua articulație este articulația de rezistență, care permite palelor să oscileze precum aceasta. Dacă aceste articulații (sau fixații suple) nu ar exista, elicopterul ar suporta vibrații îngrozitoare, care ar putea determina rupțura rotorului (*)

Oare am probleme de răspuns din partea sistemelor de ordin secund?



(*) Încă de la primele sale teste ale aerogirului, spaniolul de la Cierva a fost nevoit să introducă repede acest sistem al « palelor articulate, cu o mai mare capacitate de amortizare », pentru a nu se trezi cu rotorul rupt.

Mă întreb ce face Candid.
A trecut ceva timp de când
nu mai avem vești despre el.
Asta mă îngrijorează.

De fapt, tu te întrebi
ce-o mai fi inventat.

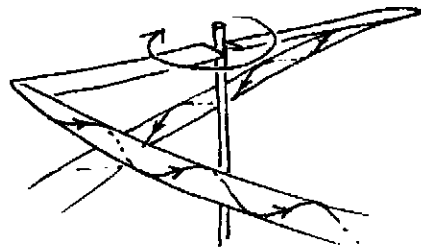
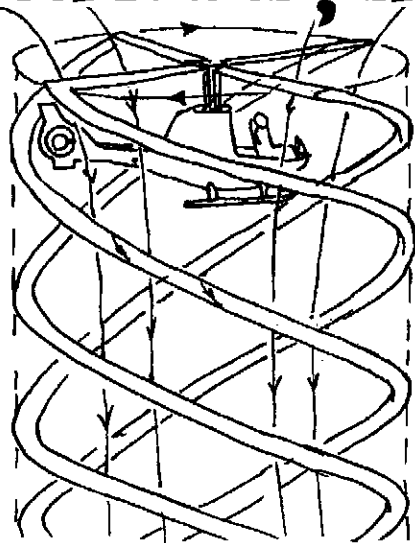
Băiatul ăsta nu a dus lipsă
niciodată de idei subversive

Așa e,
este un bun
inginer

Dar, nu îmi plac absolut deloc ideile
lui privind aceste... călătorii interstelare

În orice caz, fiica mea nu se va căsători
niciodată cu un țăran, fie el și doctor în științe.

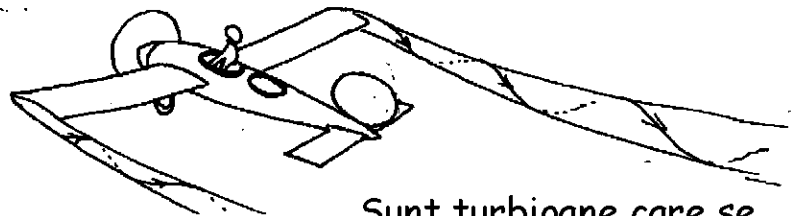
TRANZIȚIA



Palele elicopterului sunt aripi de foarte mare lungime, care lasă în urma lor turbioane marginale.



Această turbulență inutilă reprezintă o pierdere de energie.



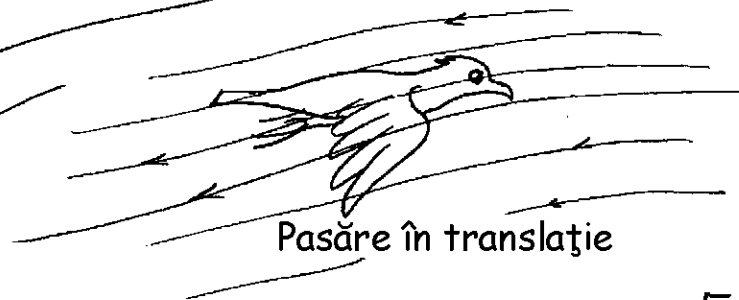
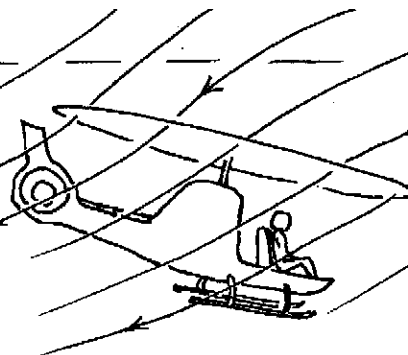
Sunt turbioane care se formează în vârful aripii, care provoacă, la mare altitudine, condensății de vapori de apă (dâre de condens)

Când elicopterul intră în translație, direcția de curgere este complet modificată. Turbioanele își pierd din importanță și, din acest motiv, aparatul se poate susține cu prețul celui mai mic consum de energie.

Conducerea



Pasăre în zbor staționar :
turbulență puternică



Pasăre în translație

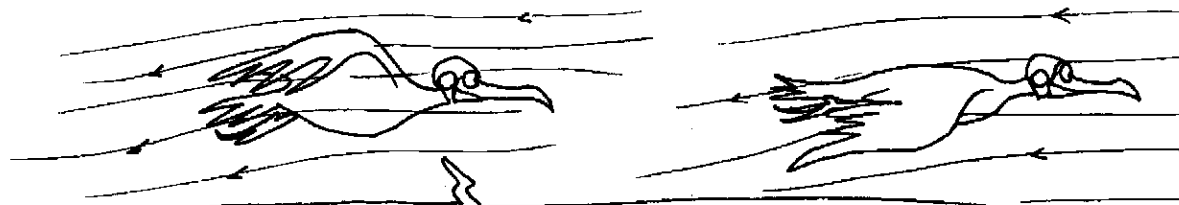
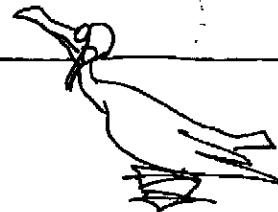
Mărturisesc că nu înțeleg nimic
din această poveste despre tranziție



Totuși, e simplu.
Privește cum decolăm.



Pentru a ne menține
în poziție staționară,
consumăm energie, prin
crearea de turbulențe.



În translație, aerul trece cu mai puține turbulențe
printre aripi. Și în acest caz împingem aerul în jos,
dar pierdem mai puțină energie.

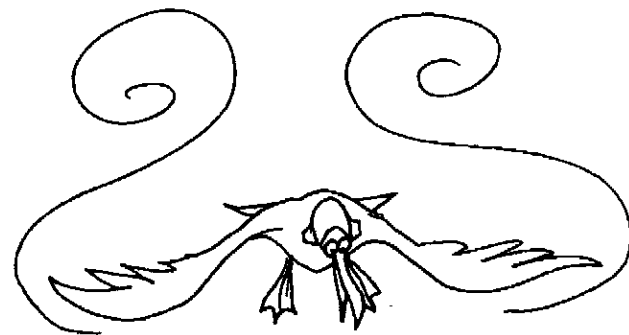
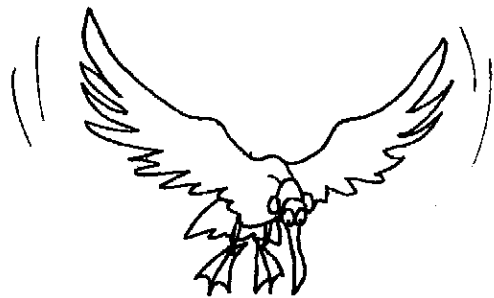
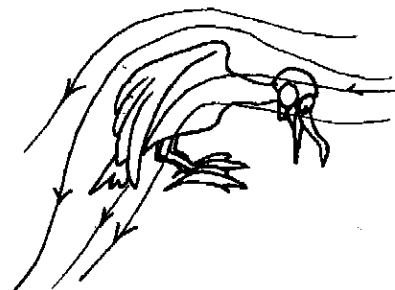
Și tranziția inversă?



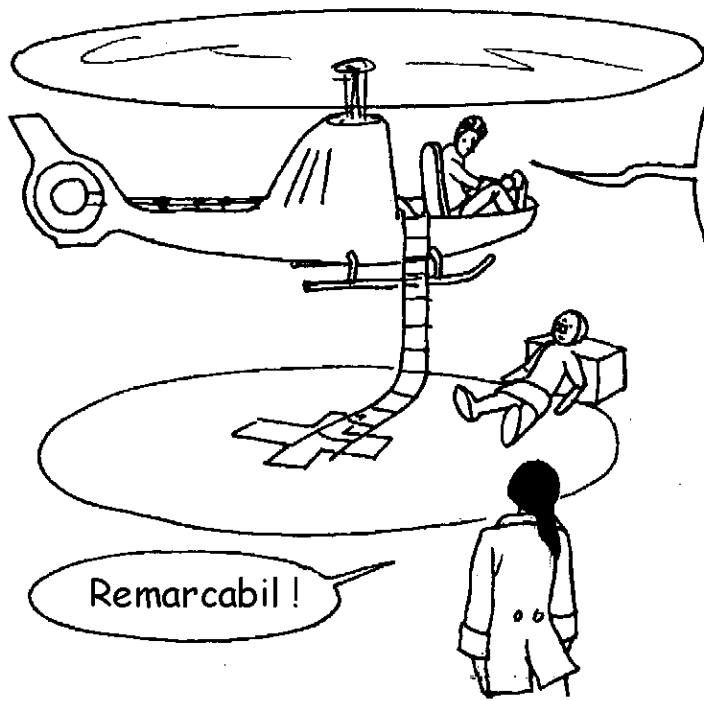
Nu e greu. Vezi ceva interesant,
acolo, jos, un pește...



Te cabrezi pentru a reduce
viteza și a te menține în aer



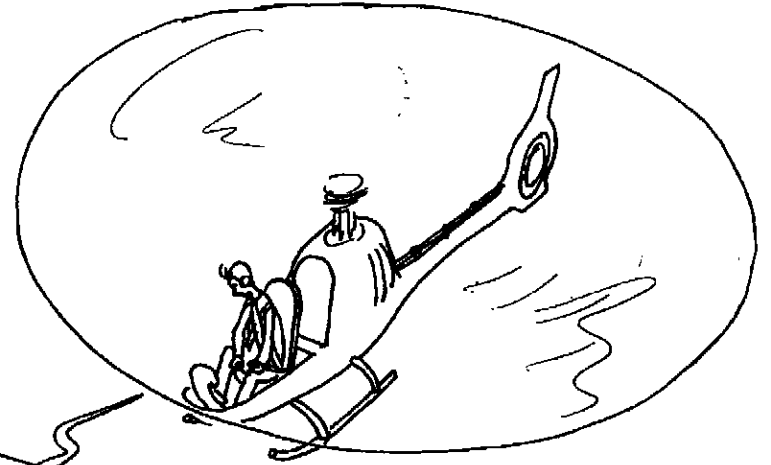
Apoi, revii la regimul de zbor staționar, formând o turbulență
puternică și, prin urmare, consumând mai multă energie.



Pangloss, acum sunt pregătit. Aparatul ăsta este extraordinar de stabil și ușor de condus. Imediat după ce Cunigunda va urca la bord, voi porni cât mai repede posibil, pentru a ieși din raza vizuală a arcașilor baronului.

Remarcabil !

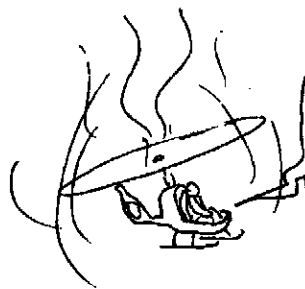
Nu voi avea de făcut decât să mă apropii, suficient de sus. Oamenii nu se uită niciodată în aer. Apoi, voi coborî din nou către terasă, în mare viteză.





Vai, e complet instabil!

Și, în plus,
vibrează!



Am impresia că elicopterul meu se sprijină
pe un fel de masă deformă, complet instabilă.
Trebuie să ies de aici cât mai repede!
În mod cert, coborârea verticală
rapidă nu este bună deloc!

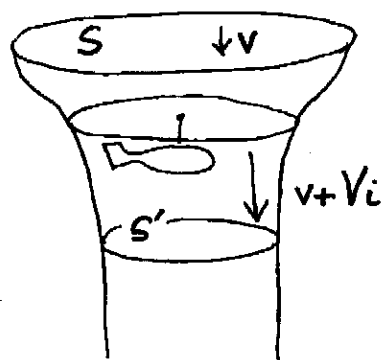
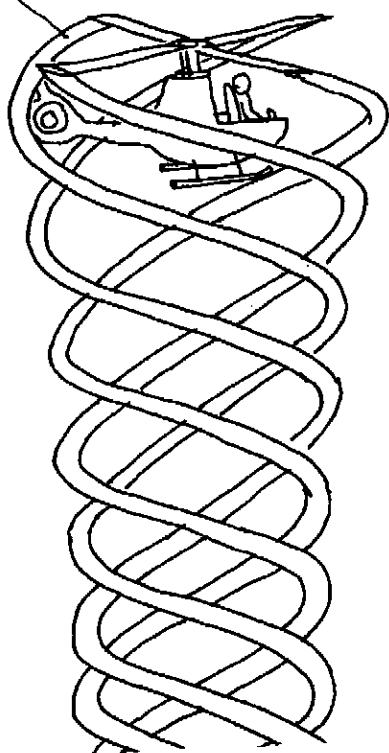


Am ratat ținta, Pangloss.
Deplasarea perfect verticală nu funcționează.

VITEZA INDUSĂ

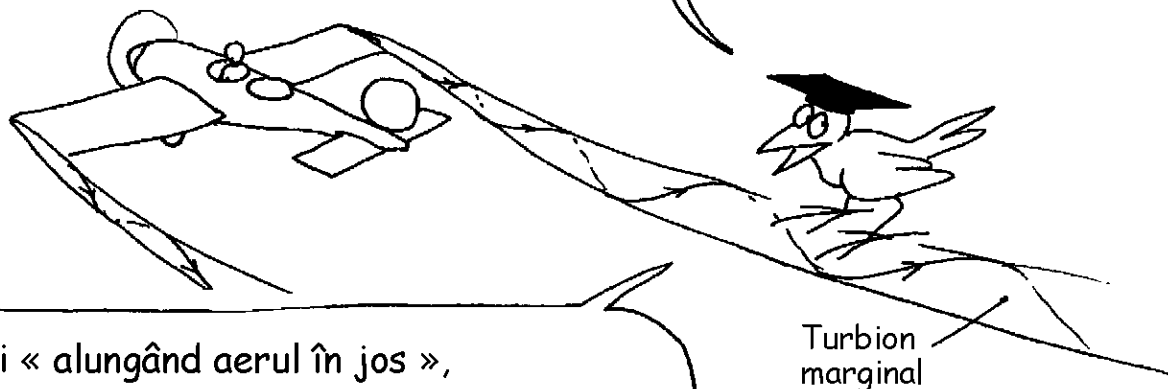
Turbioane
în vârful
palelor

6m/s



$$\rho v S = \rho (v + V_i) S' (*)$$

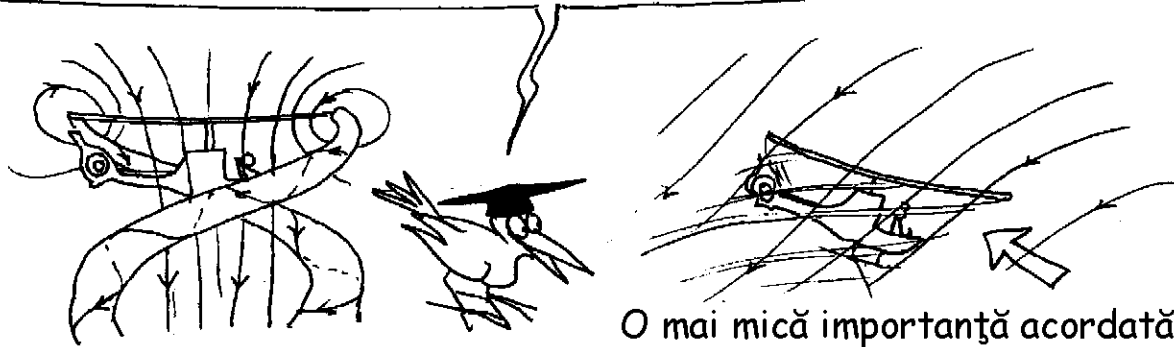
Faptul că un elicopter se susține « învârtind aerul în jos » înseamnă să i se comunice o viteză indusă V_i care este de ordinul 6m/s. Acest fenomen se materializează prin emiterea de fum la capătul palelor.



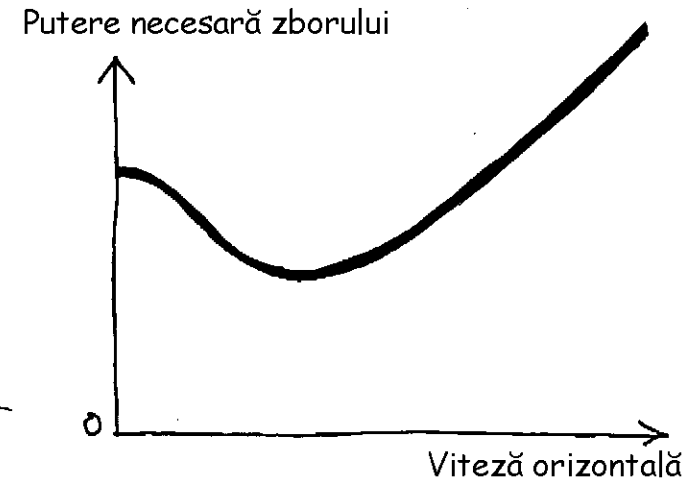
Un avion mai zboară și « alungând aerul în jos », deși acest efect de viteză indusă este mai puțin vizibil

(*) această relație exprimă conservarea fluxului de aer al masei volumice ρ constant. Asta înseamnă că secțiunea S' trebuie să fie mai mică decât secțiunea S .

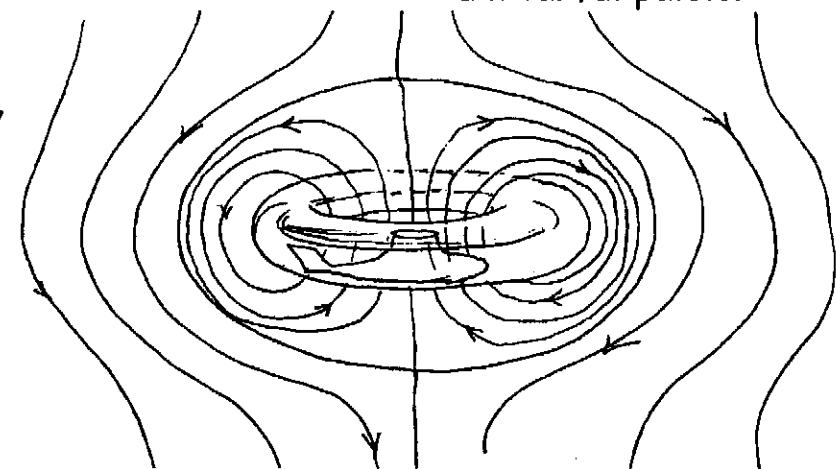
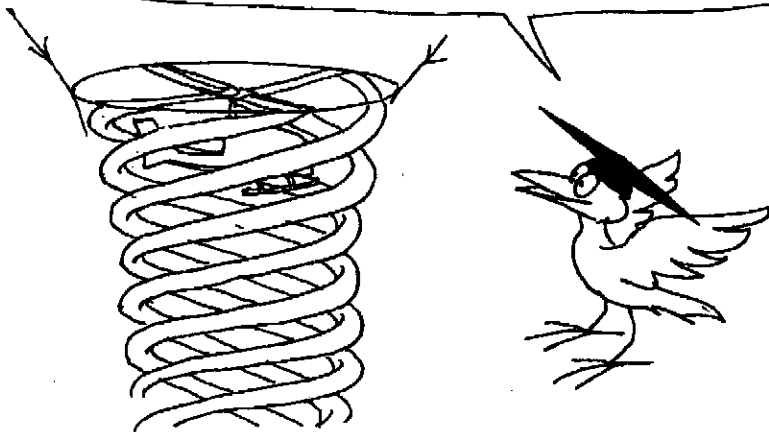
Tot ceea ce este turbionar reprezintă o pierdere de energie. Zborul în translație contrariază stabilirea regimului turbionar. Prin urmare, acest mod de a menține altitudinea constantă este mai puțin consumator de energie.



O mai mică importanță acordată pierderilor legate de turbioanele din vârful palelor

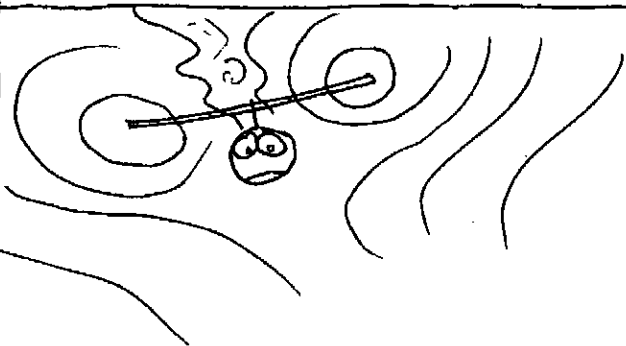


Dacă elicopterul începe o coborâre verticală, turbioanele marginale interacționează când viteza verticală atinge $\frac{1}{4} V_i$

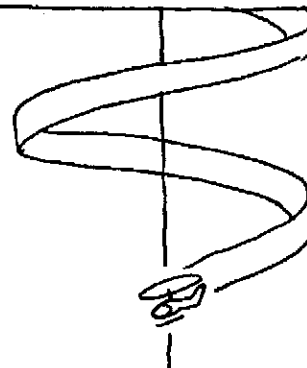


Când viteza de coborâre atinge trei sferturi din viteza indusă V_i , turbioanele se amestecă, formând un vortex gros, de formă inelară

Fiecare pală preia turbionul marginal
al precedentei și îl amplifică. Pierderile cresc.
În plus, această geometrie este foarte instabilă.



De asemenea, pentru a plonja către
un loc de aterizare, piloții vor prefera
să adopte o abordare în spirală,
păstrând regimul de translație.



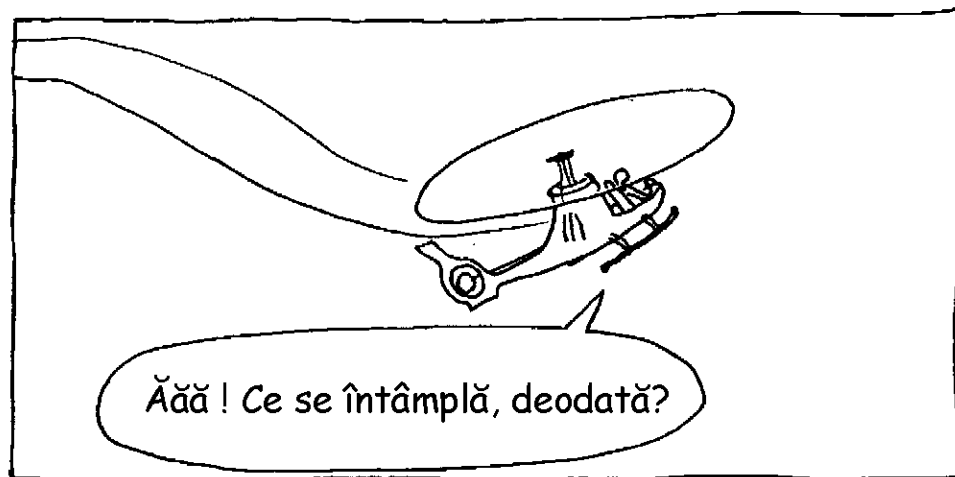
Morala : Mă voi apropia de vârful turnului, în zbor orizontal.
Voi reduce viteza în ultimul moment, trecând în zbor staționar și efectuând o
ultimă coborâre în viteză verticală moderată, să spunem, de un metru pe secundă.



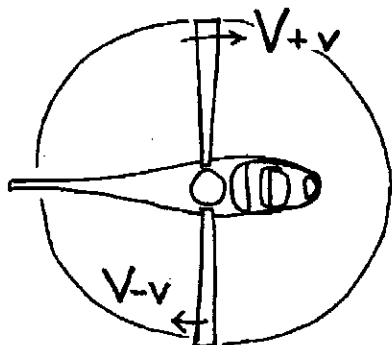
Pentru a evita această trecere
periculoasă în **regim turbionar**.

Acum, să reluăm
încercările noastre
în zbor.

DECROȘARE PE O PALĂ RECOLANTĂ



Pală portantă



Pală reculantă

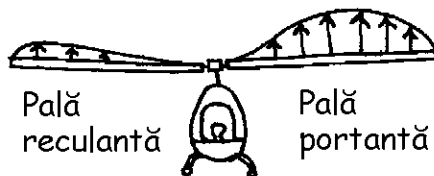
Fie V viteza palei la periferie.

Fie v viteza de zbor a elicopterului.

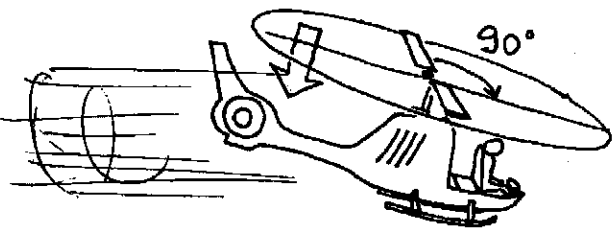
Vântul relativ la care este supusă **pala portantă** este $V+v$.

Cel la care este supus **pala reculantă** este $V-v$.

Prin urmare, forțele de presiune care se exercită asupra celor două pale sunt foarte diferite.

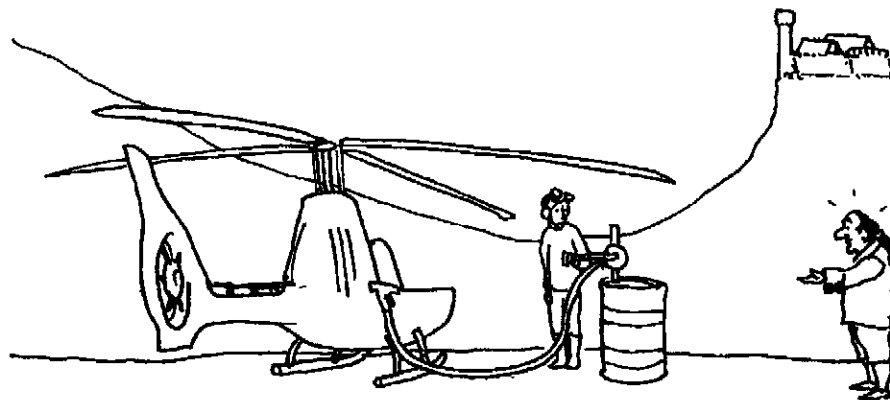


Am fi tentați să credem că, la mare viteză, elicopterul ar trebui să aibă tendința să se balanseze pe o parte. Dar, întârzierea de 90° a «răspunsului» motorului îl face să se cabreze.




Sensul de rotație a rotoarelor diferă în funcție de țări. Astfel, la elicopterele franceze, pala portantă este în stânga, în timp ce la cele americane este în dreapta. Dar, asta nu schimbă cu nimic tot ceea ce s-a spus aici.


Conducerea



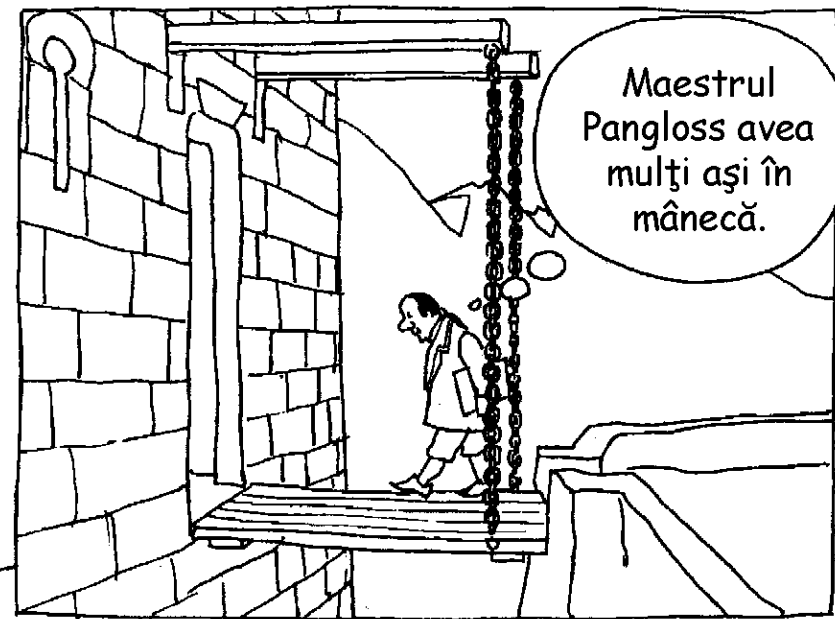
Candid, mă gândesc la un lucru. Baronul nu știe nimic despre proiectele tale. Dar, nici Cunigunda. De unde știi că ea se va afla pe terasa turnului, atunci când vei ajunge acolo?




Aveți dreptate, maestre Pangloss.
Dar, ce să fac?



Trebuie să iau cina la castel,
în seara aceasta. Voi găsi o
modalitate să o anunț.



Maestrul
Pangloss avea
mulți ași în
mâncă.



O, maestre Pangloss, nu vreți să ne
spuneți o poveste frumoasă, plină de filosofie,
din care să învețe ceva și fiica
noastră capricioasă?



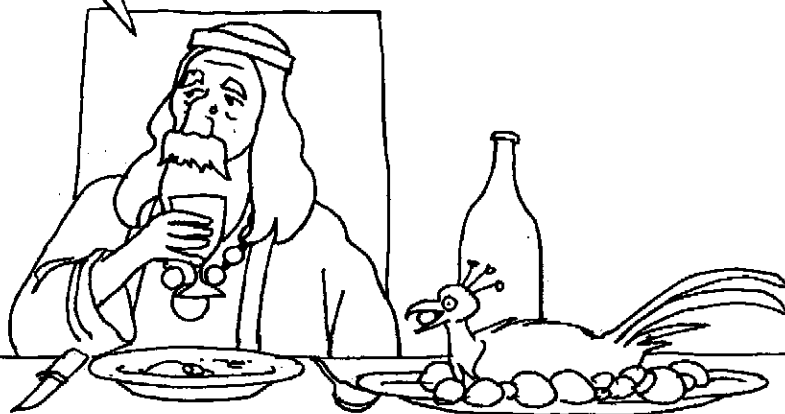
Da, apreciem mult
poveștile dumitale filosofice.

A fost odată...

...și atunci, la ora la care răsunau în clopotniță cele 12 bătăi care anunțau miezul zilei, prințul urcă pe covorul zburător și veni să o ia pe prințesă, care îl aștepta pe terasa celui mai înalt turn al castelului.

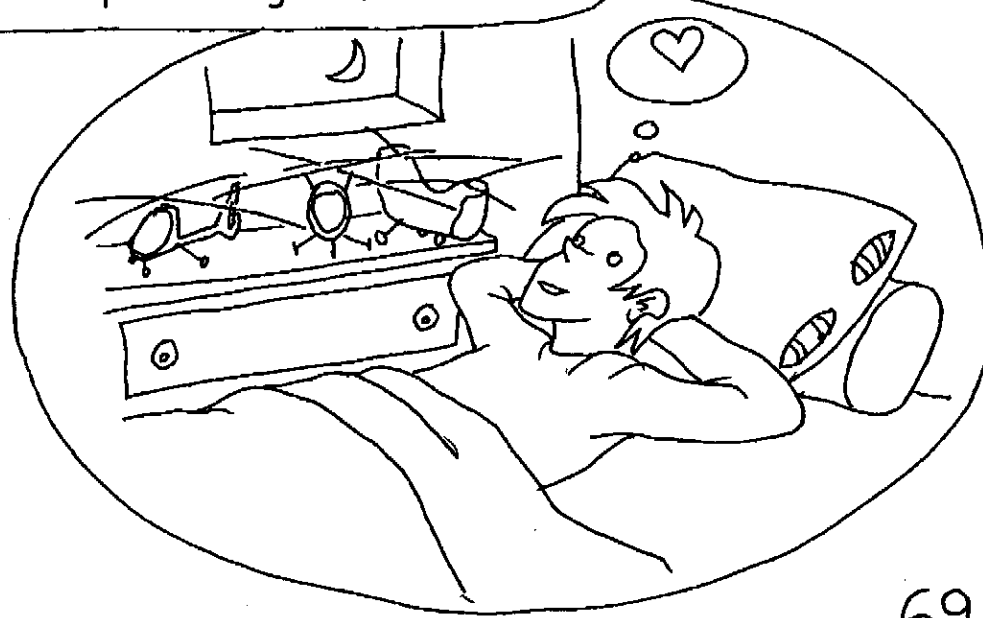
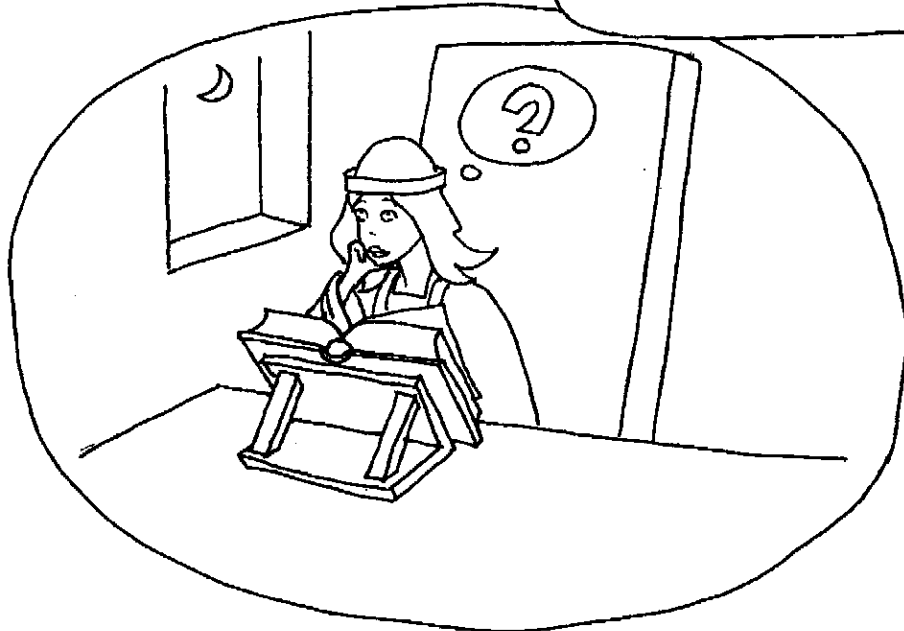


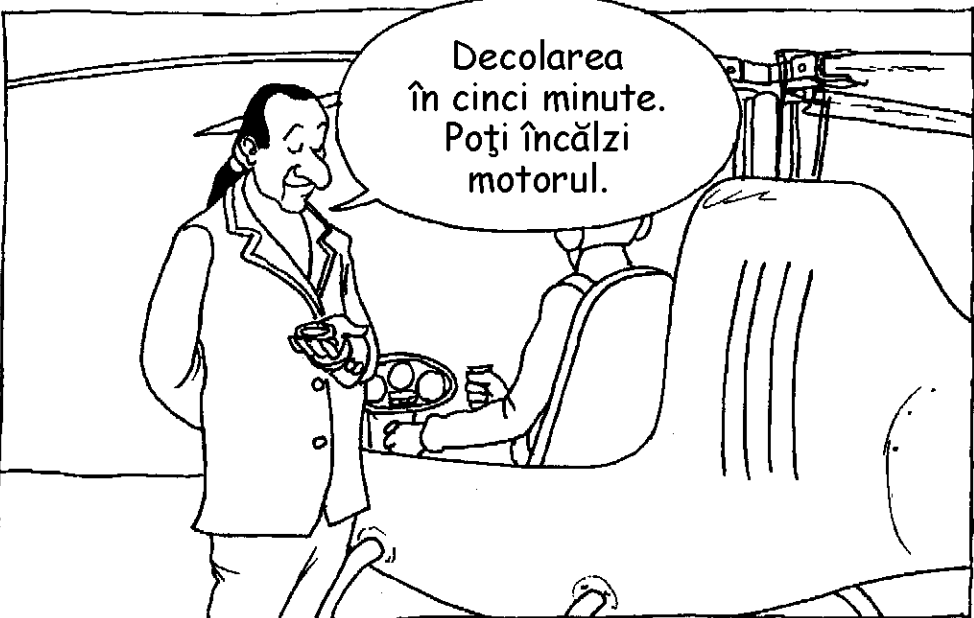
A fost o poveste frumoasă, Pangloss, deși nu am sesizat...
hmmm... toate semnificațiile ei filosofice.






Prinți care să vină pe covoare zburătoare !
Acest lucru este împotriva legilor fizicii !

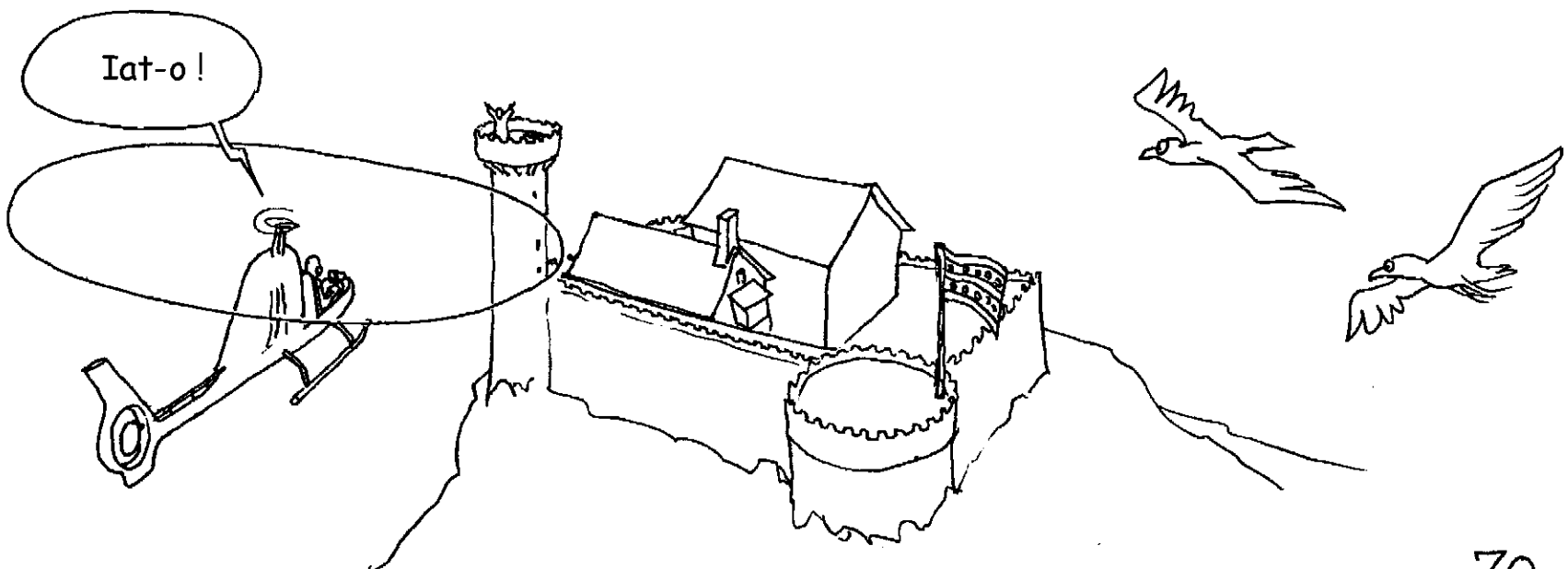




Decolarea
în cinci minute.
Poți încălzi
motorul.



Pangloss a spus la miezul zilei.
Orologiul începe să sune.
Trebuie să urc pe terasă.

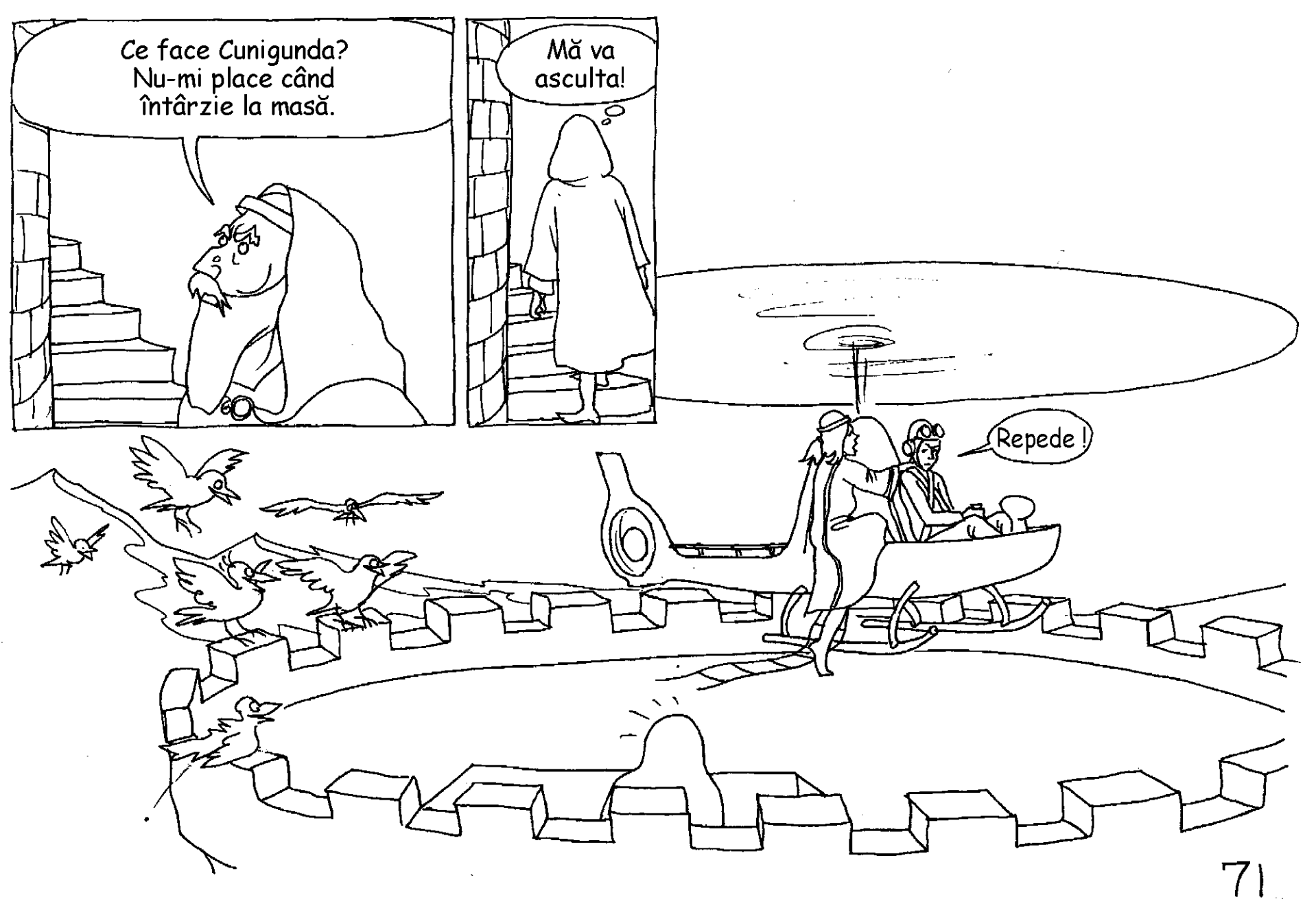


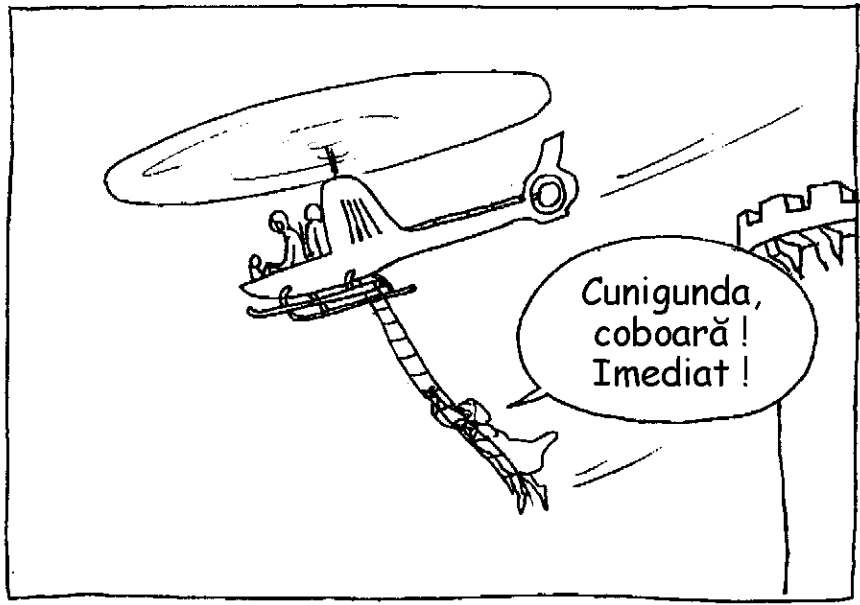
Iat-o!

Ce face Cunigunda?
Nu-mi place când
întârzie la masă.

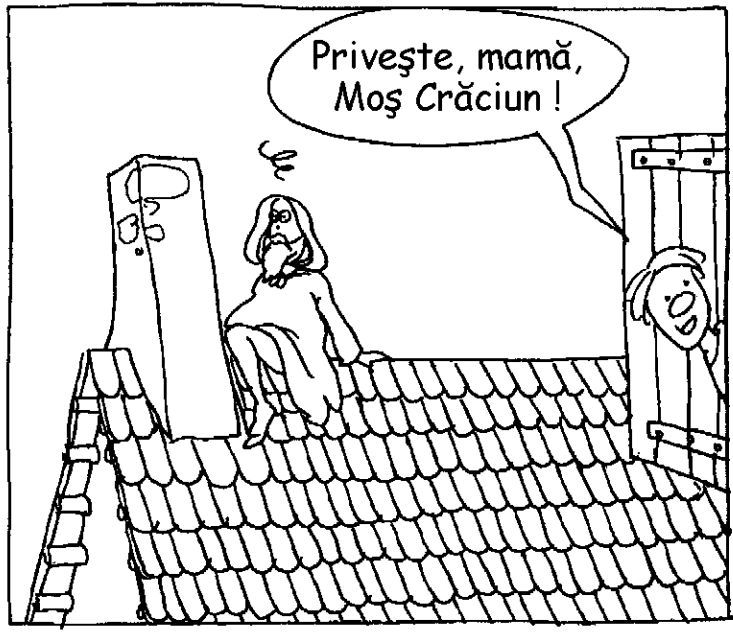
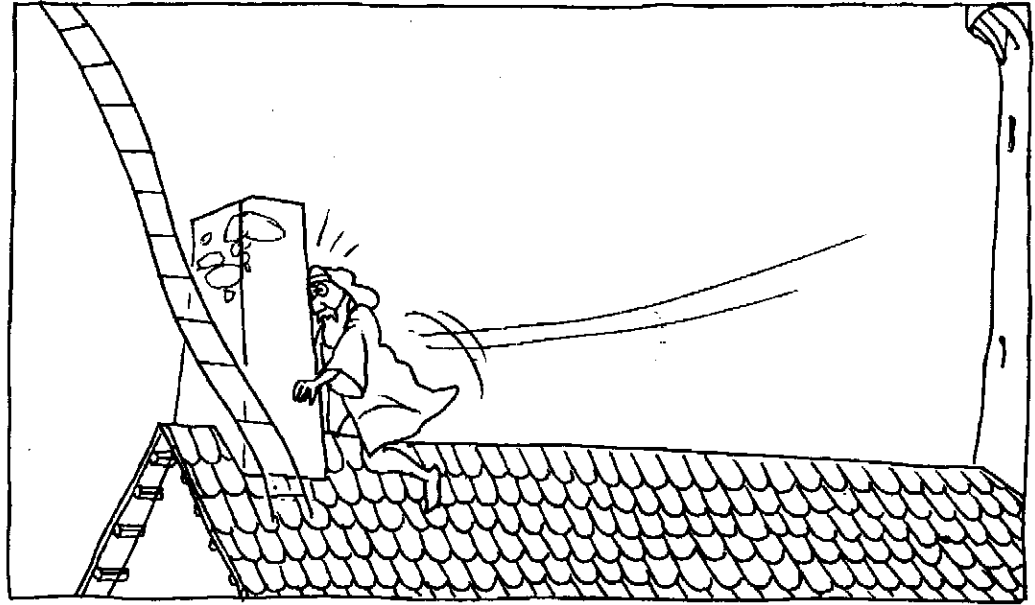
Mă va
asculta!

Repede!

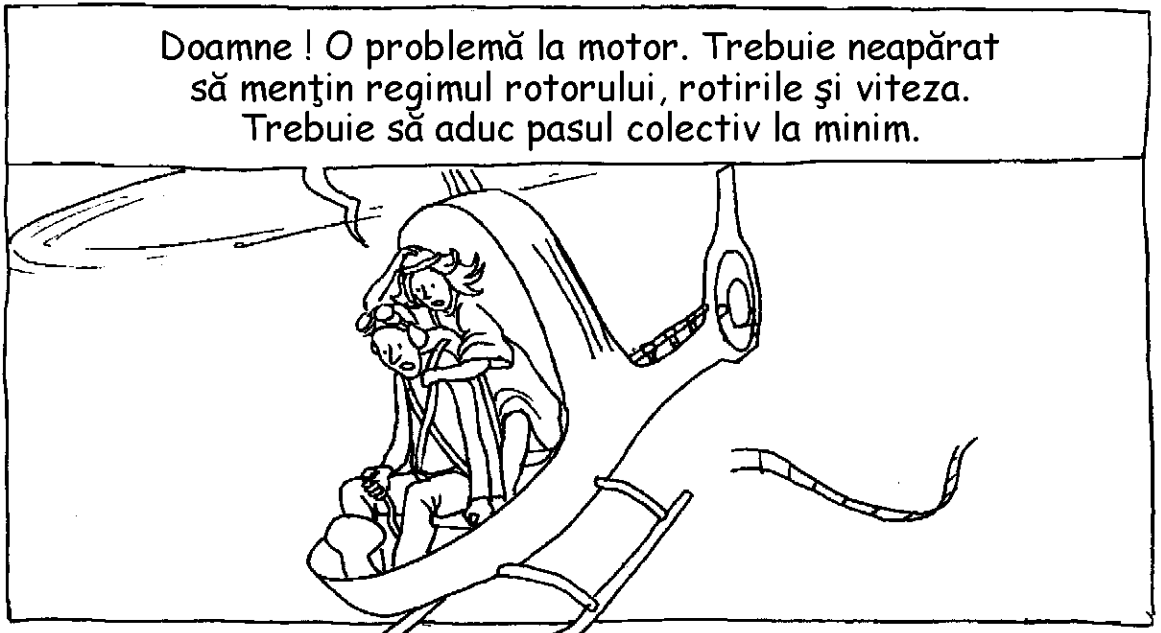




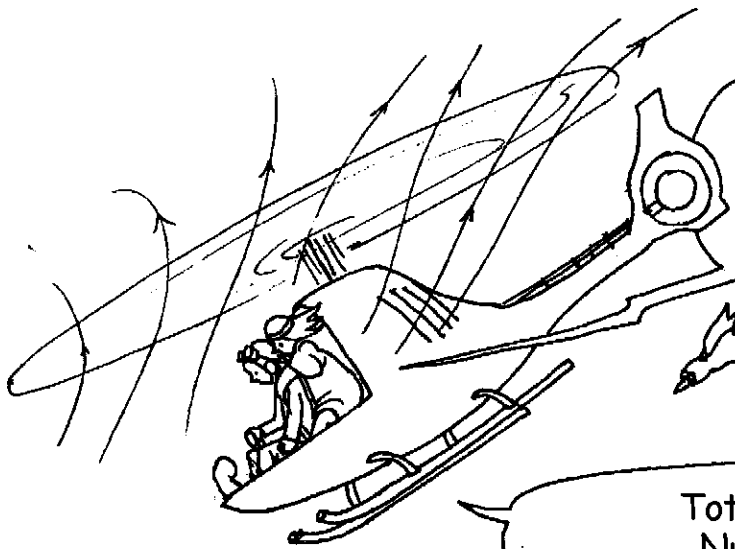
Cunigunda,
coboară!
Imediat!



Privește, mamă,
Moș Crăciun!



Doamne! O problemă la motor. Trebuie neapărat să mențin regimul rotorului, rotirile și viteza. Trebuie să aduc pasul colectiv la minim.



Asta este, acum aerul este în flux invers.
Trece de jos în sus. Am trecut în regim de autorotație.
Elicopterul meu s-a transformat în autogir. Porțiunea motrice,
autorotativă, a rotorului antrenează restul.

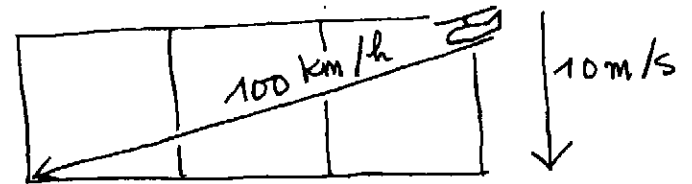
Atunci, un elicopter poate plana?

Se pare că da.

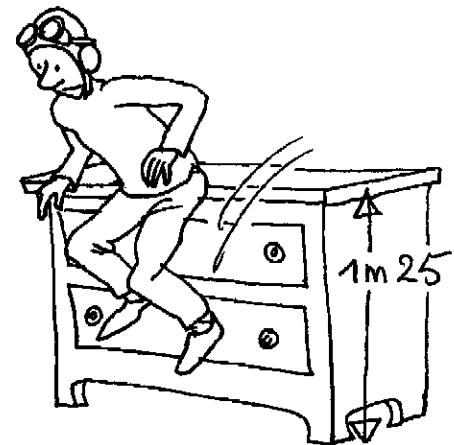
Totuși, coborâm extrem de repede : 10m/s.
Nu ca un bolovan, dar nu suntem departe.

În regim de autorotație, un elicopter are o viteză de 100 km/h, ceea ce corespunde unei finețe de 3.
În autorotație verticală, viteza de cădere ar fi de 20 m/s, iar impactul acestei viteze ar ucide pasagerii.
Pentru a ne fixa cunoștințele, un om poate suporta un impact la 5m/s, ceea ce ar echivala cu o săritură de pe un dulap (*). Un impact la 10 m/s corespunde unui salt de la o înălțime de 5 metri.

Conducerea



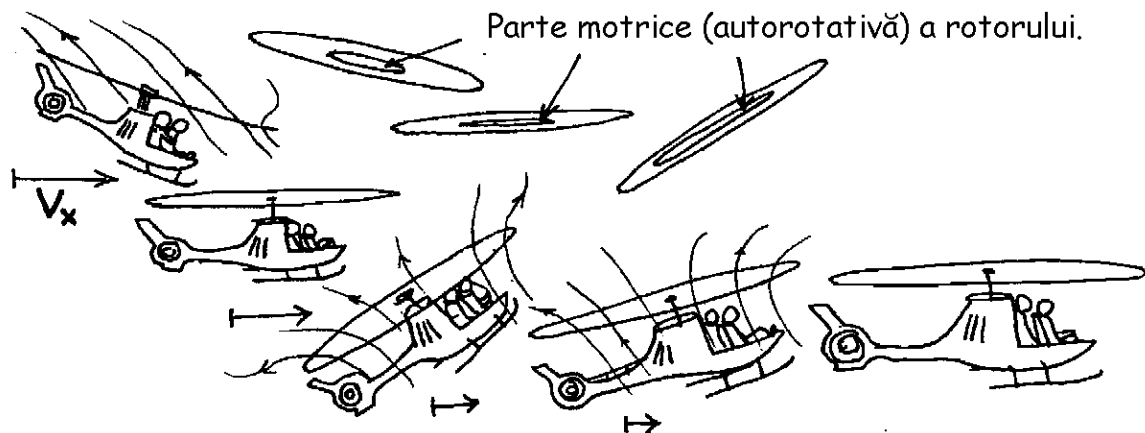
Impact
la 5 m/s



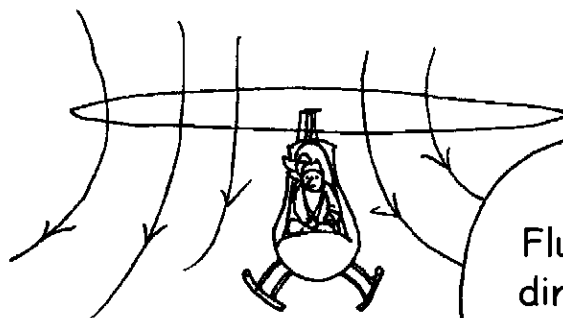
$$(*) V_{(m/s)} = \sqrt{2gz} = \sqrt{20z} \text{ (metri)}$$

SCLIPAREA

Va trebui să improvizez o manevră de ultim moment.



La zece metri înălțime, Candid trage ferm de manșă, menținând pasul colectiv la minimum. Aparatul se cabrează, iar palele sunt atacate cu o incidență de vânt relativ mai puternică, ceea ce mărește partea rotorului care este « motrice », autorotativă. Prin asta, el transformă energia cinetică de translație în energie de rotație $\frac{1}{2} MV_x^2$. Apoi, apasă pe manșă.



Trage apoi de levierul de pas colectiv. Fluxul de aer se inversează. Rotorul trece apoi din regimul « autogir » în regimul « elicopter ». Profitând de efectul de sol, el folosește energia înmagazinată de rotor (*).



(*) această manevră este puternic consumatoare de adrenalină.

Domnule...

Majestatea sa a fost foarte interesată de demonstrația dumitale remarcabilă la bordul acestui erete zburător.

Cum l-ați numit?

A, te-am găsit, mizerabile, seducător viclean!
Îți vei găsi sfârșitul în temnițele mele!

O, sire, nu v-am recunoscut.
Acest băiat vrea să se căsătorească cu fiica mea. Dar nu are originea nobilă pentru a putea pretinde asta.

Ce e cu toată agitația asta?

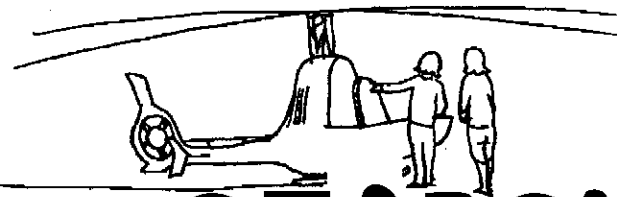
Ce plictisitor e baronul ăsta !
Cum apare ceva amuzant,
vrea să arunce inventatorul
în închisoare. Vom rezolva asta.
Plissonneau, dă-mi sabia ta, te rog.



Îngenunchează, tinere.
Te voi numi marchizul de Hélicoland.
De acum înainte,
vei fi ministrul
transporturilor
mele de toate
felurile.

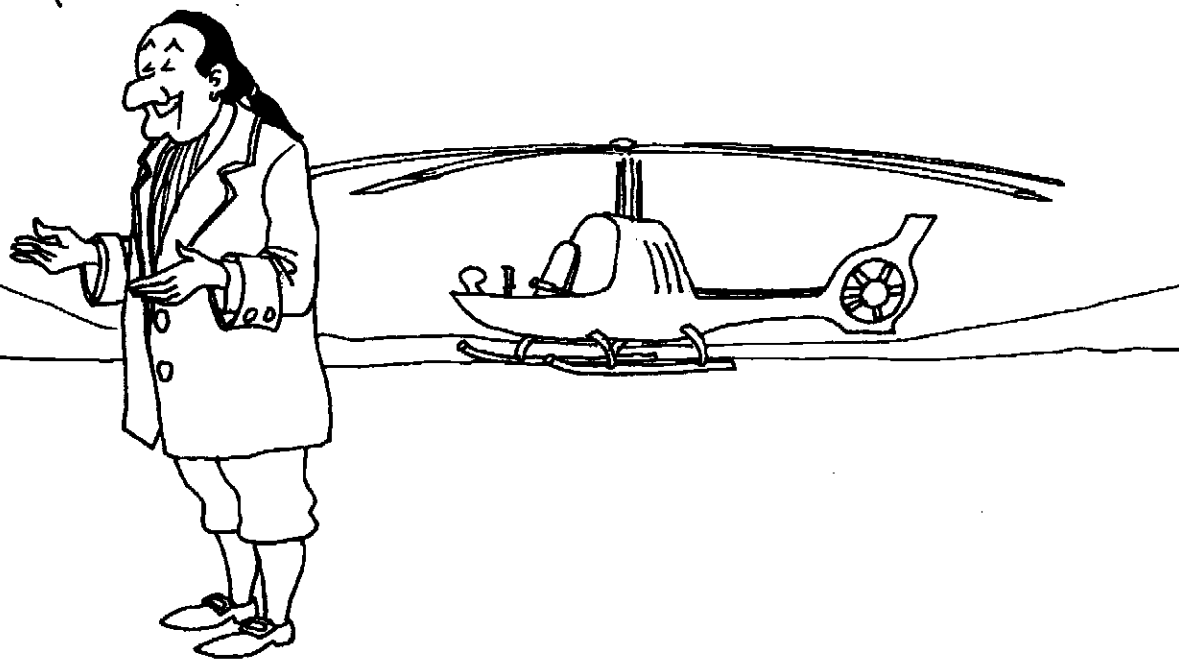


Marchiz este mult mai bine decât baron.
Acum, tată, ne lași în pace?



SFÂRȘIT

Vezi, dragul meu *Candid*, că totul este spre bine în cea mai bună dintre lumile posibile.
Pentru că, dacă nu ai fi fost dat afară în șuturi pe poarta castelului de către baron,
nu ai fi inventat elicopterul.



Multe mulțumiri lui Pascal Chrétien pentru sfaturile tehnice prețioase.