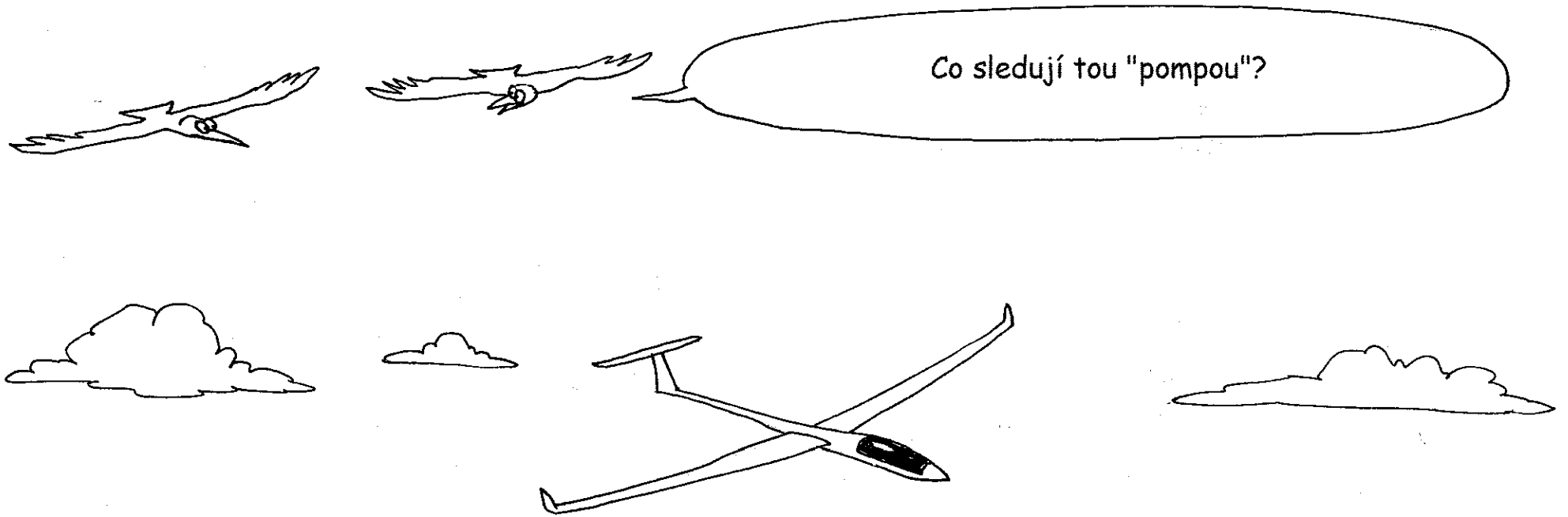


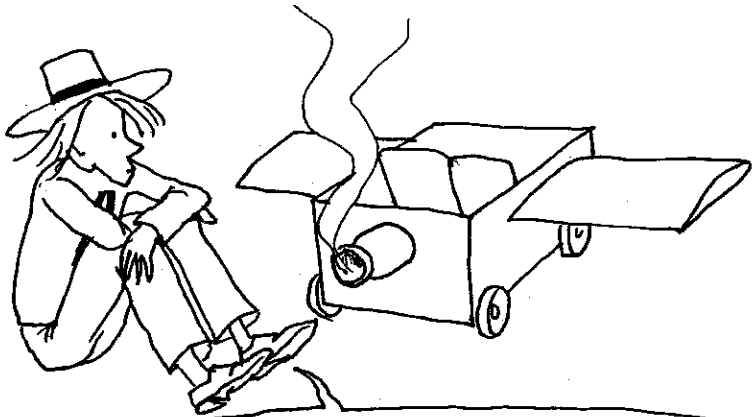
<http://savoir-sans-frontieres.com>



Jean-Pierre Petit

MECHALET

PLACHTĚNÍ



Proč nevyužít gravitace?



S raketovým pohonem je to přeci jenom složité, znečišťuje a vůbec. Než budu mít jiný systém motorizace, jak se můžu udržet ve vzduchu?

Gravitační síla? To přeci není žádný MOTOR? Když hodím kámen, spadne dolů, to je všechno. Tomu se nedá říkat létání.



Ty ale nemusíš padat jako kámen. Když budeš PLACHTIT, můžeš si při klesání dát na čas.

Co tím myslíš, PLACHTIT?



dráha

F : AERODYNAMICKÁ SÍLA

V_h : HORIZONTÁLNÍ RYCHLOST

P : HMOTNOST

V : RYCHLOST

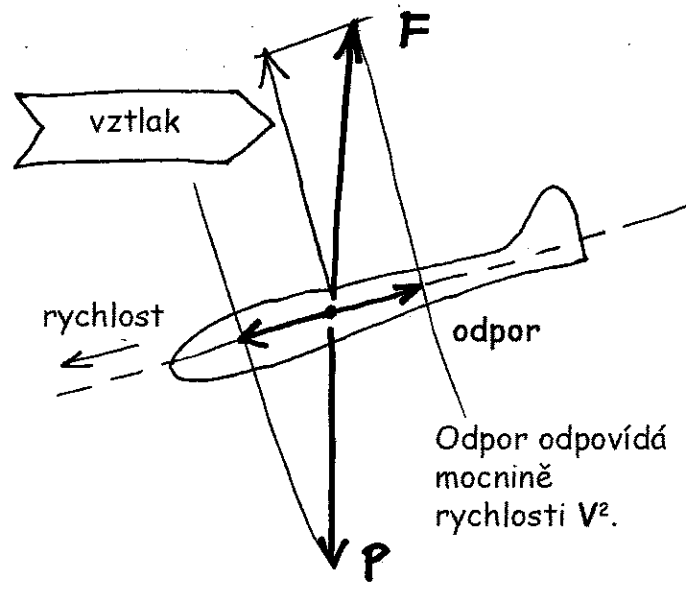
V_z : VERTIKÁLNÍ RYCHLOST (klesání)

Budeme-li se pohybovat rychlostí V s KŘÍDLY, dáme vzniknout AERODYNAMICKÉ SÍLE F , která bude přímo úměrná mocnině V^2 dané rychlosti.

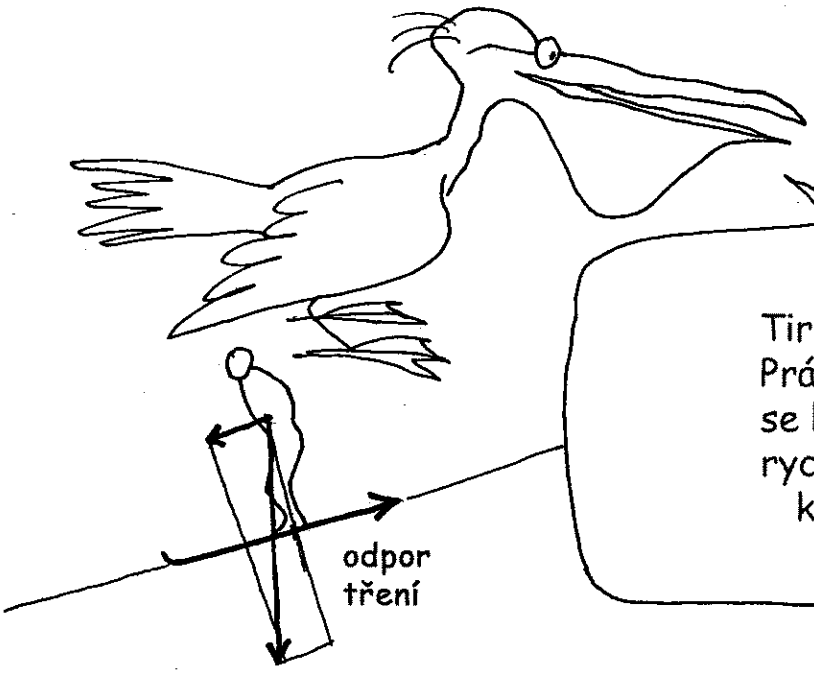
Jestli tvému obrázku dobře rozumím, tíha P má opačný směr než síla F. Ale jakým zázrakem?



Přemýšlej: obrázek odpovídá **USTÁLENÉMU LETU** o konstantní rychlosti V a s **ÚHLEM KLESÁNÍ α** . Pohyb **VĚTRONĚ (*)** doprovází **ODPOROVÁ SÍLA**, která vyrovnává hnací složku **TÍHY**.



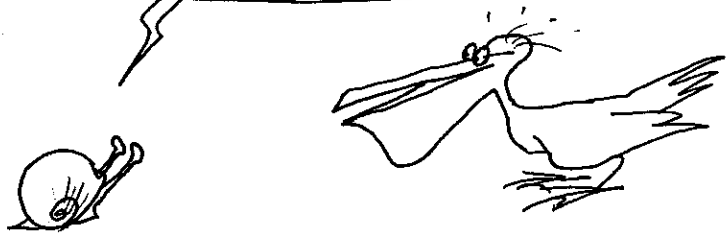
Takže vlastně díky tíži se větroň pohybuje kupředu. To je vážně úžasné.



Tirésie, já vím, že jste nikdy nelyžoval. Ale je to úplně stejné. Právě díky průmětu tíhového vektoru lyžaře a jeho **SKLONU** se lyžař pohybuje kupředu. Při vyrovnaném sjezdu o konstantní rychlosti je tato hybná síla vyvažována **TŘECÍ** silou lyží o sníh, která narůstá spolu s rychlostí V .

(*) V anglofonních zemích se nazývá **GLIDER** čili kluzák.

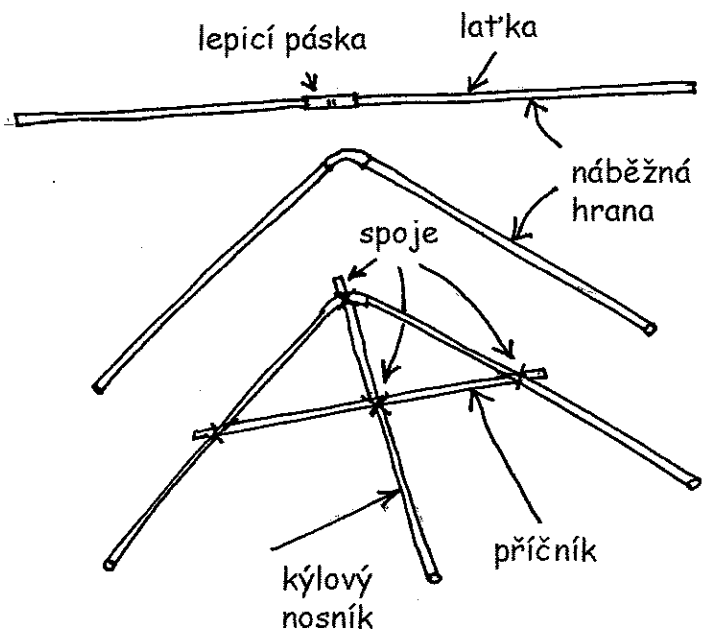
Ale Leone, vy jste taky nikdy nelyžoval?



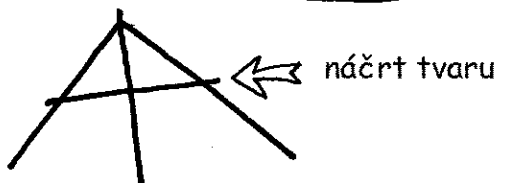
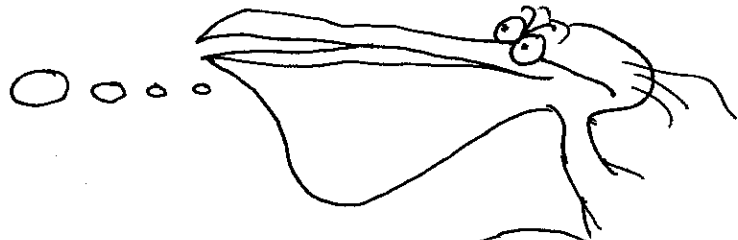
Podívej, Anselme, sestrojíme si velmi jednoduchý létající stroj, a to pomocí papíru, lepicí pásky, několika laťek a kolíčku na prádlo.



A provázku.

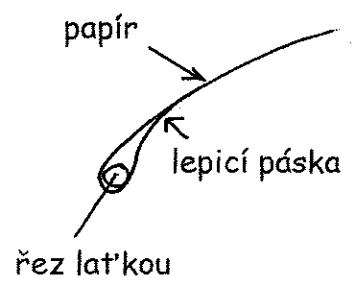
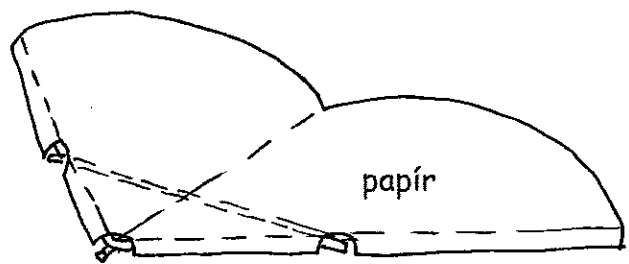
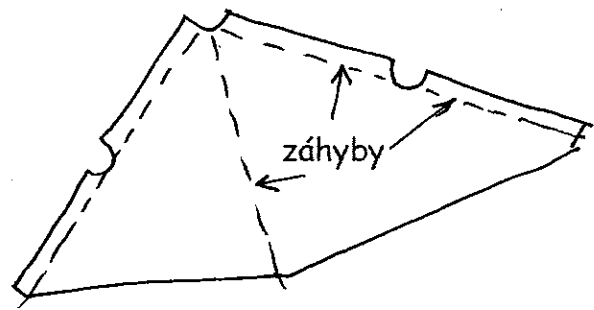


Věci pro ženské...

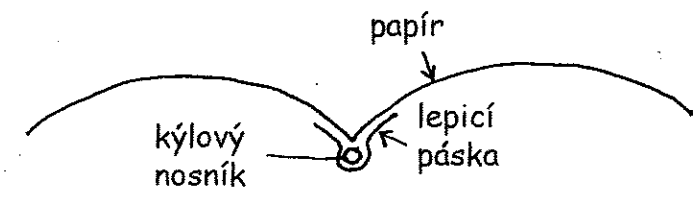
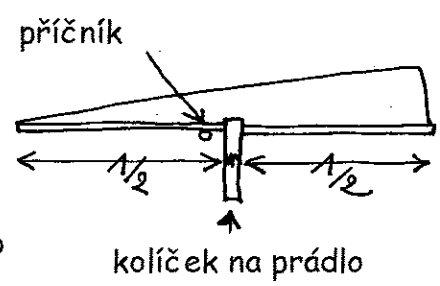
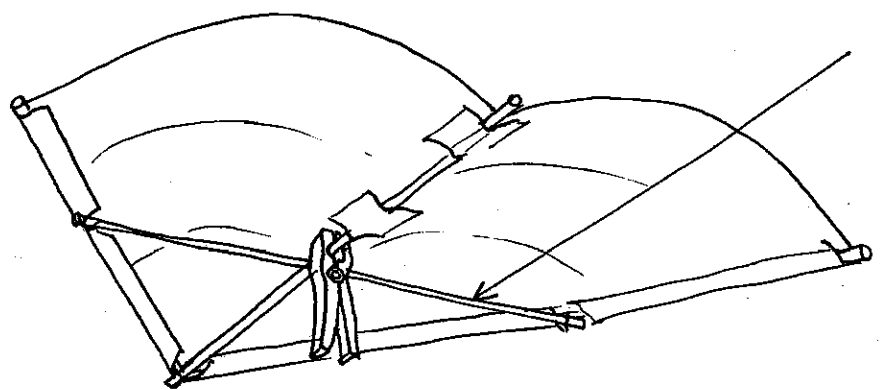


Vytvoříme kostru z laťek spojených lepicí páskou a provázkem.

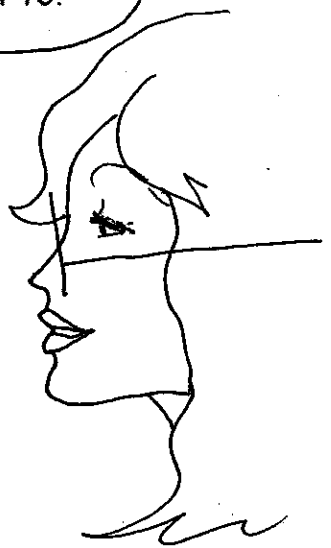
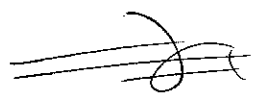
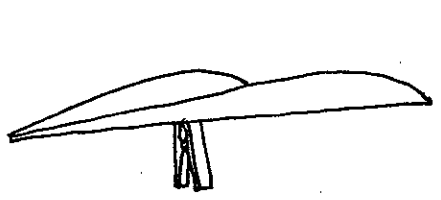




Připevnění "vrchlíku" k trubkovité kostře

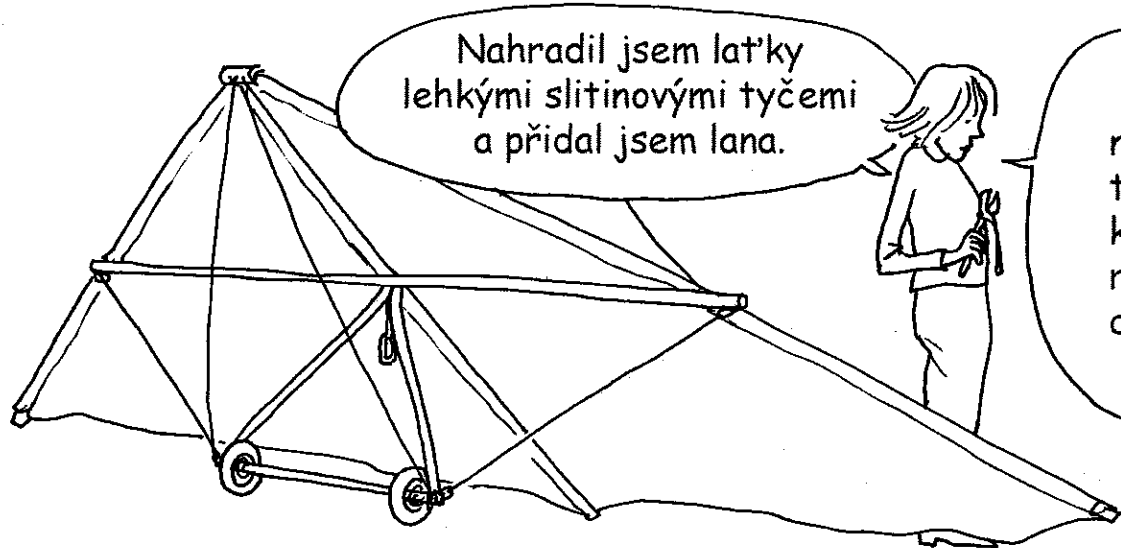


Letí to!



VYVÁŽENÍ upravíš tak, že kolíček na prádlo posuneš buď dopředu, nebo dozadu.

ZÁVĚSNÝ KLUZÁK



Nahradil jsem latky lehkými slitinovými tyčemi a přidal jsem lana.

Jelikož tahle věc létá, nezbyvá než něčím nahradit kolíček na prádlo. Vyrobil jsem trubkovitou strukturu s **LICHOBĚŽNÍKEM**, který natáhnu oběma rukama. Budu tak moci rozložit zátěž, to znamená svou vlastní hmotnost, dopředu, dozadu, vpravo, vlevo, jak budu chtít.

A nebylo by lepší... počkat, jak se k tomu vyjádří Sofie?

Panebože, on je vážně schopný se zavěsit na tuhle pekelnou věc.



Ubohý chlapec...



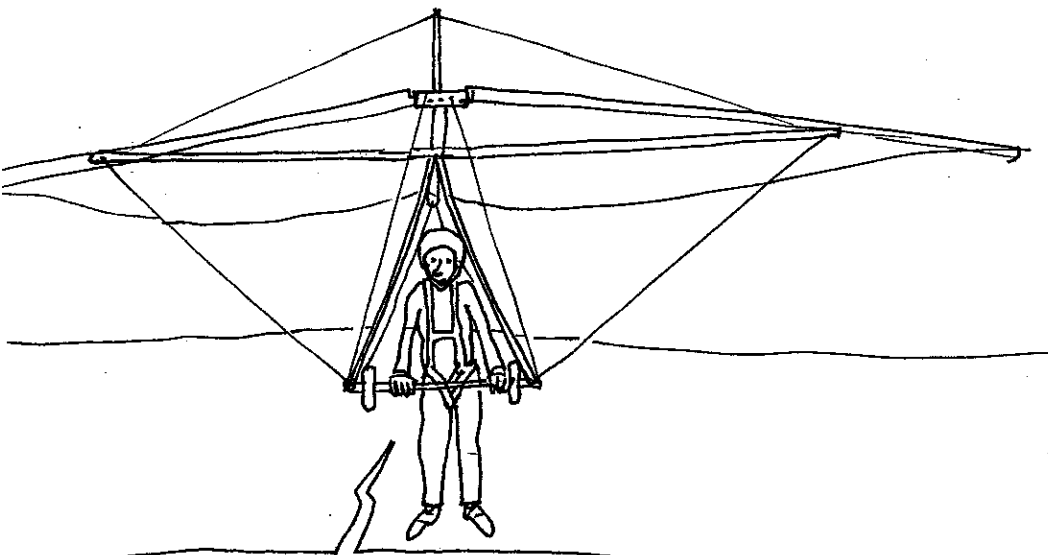
V čem je problém. Je to jako s laťkami a kolíčkem na prádlo.

Až na to, že kolíček na prádlo jsem teď já.

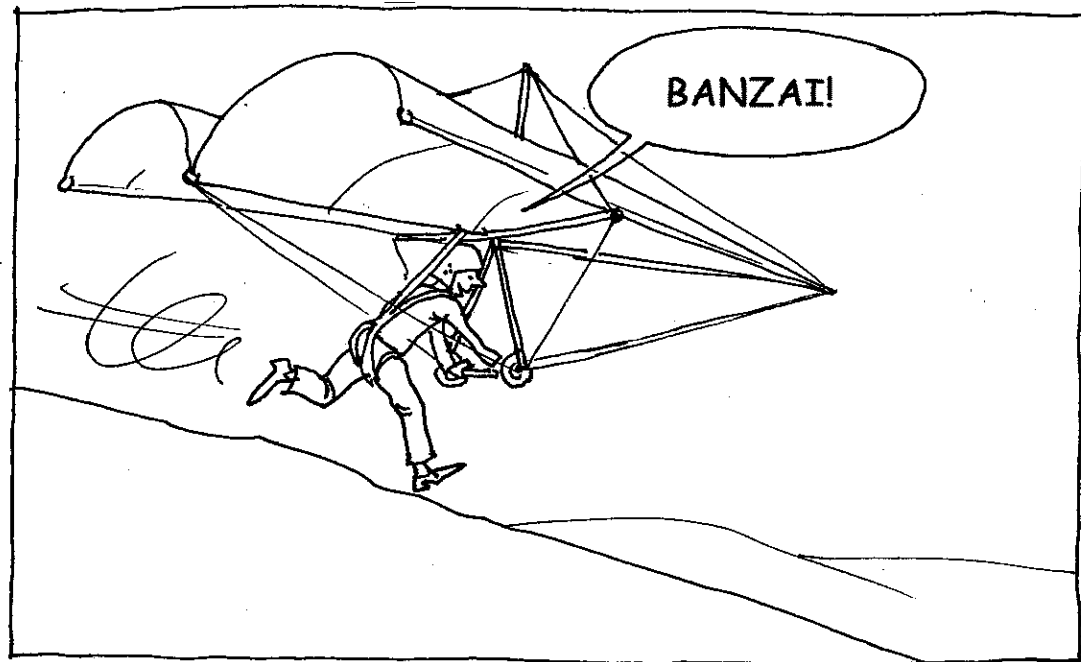


Zavěším se na kýl pomocí téhle karabiny.

Kvůli přistání jsem namontoval kolečka.

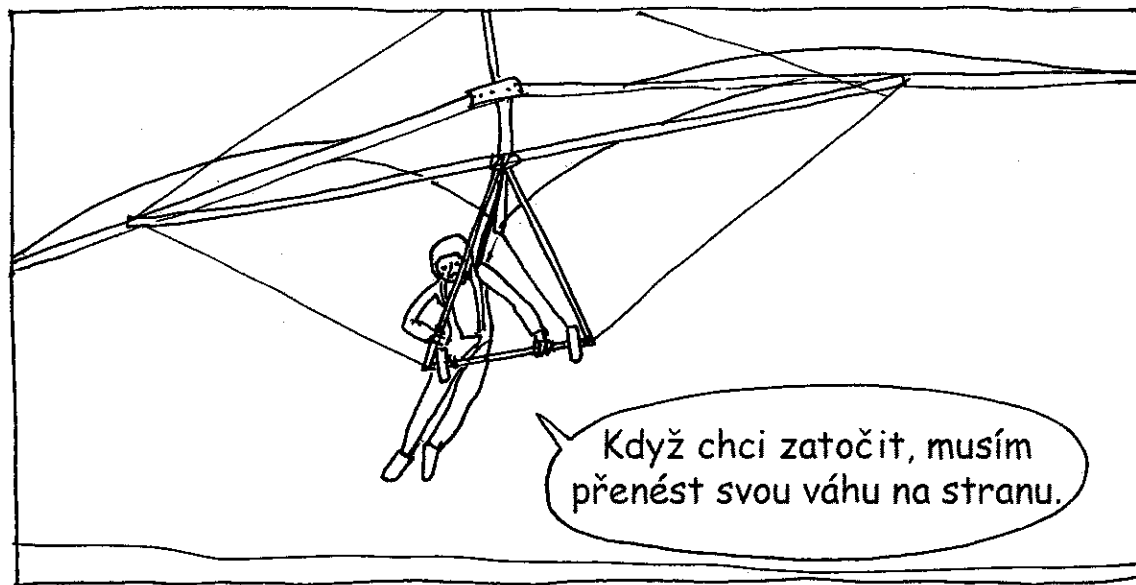


Dobrá ... tenhle svah vypadá docela sympaticky. Takže jde se na to.



BANZAI!

Funguje to!!!

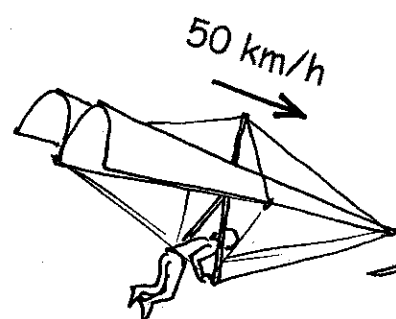


Když chci zatočit, musím přenést svou váhu na stranu.

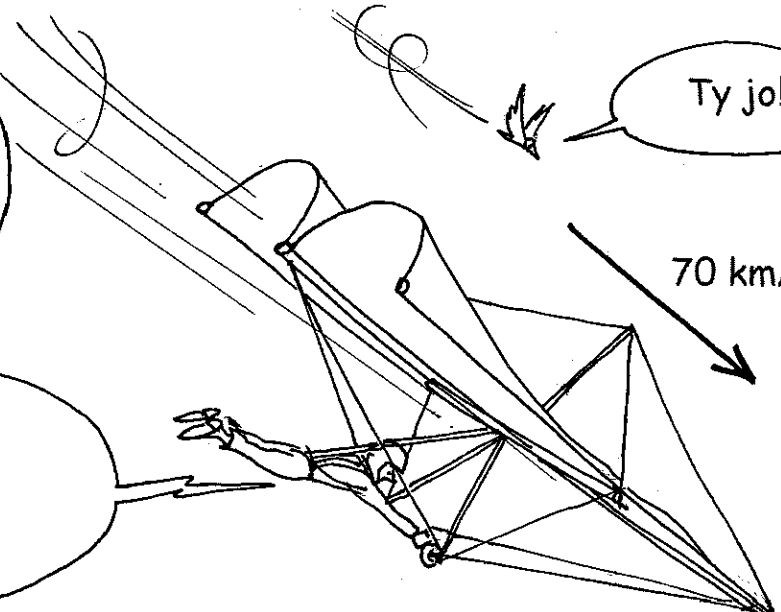
Při vodorovném letu: rychlost klesání 2,5 m/s.
V zatáčce silný skluz a rychlost klesání 3,5 m/s.

Klouzavost 3. Jen o stupínek výš než u žehličky.

AUTOSTABILITA



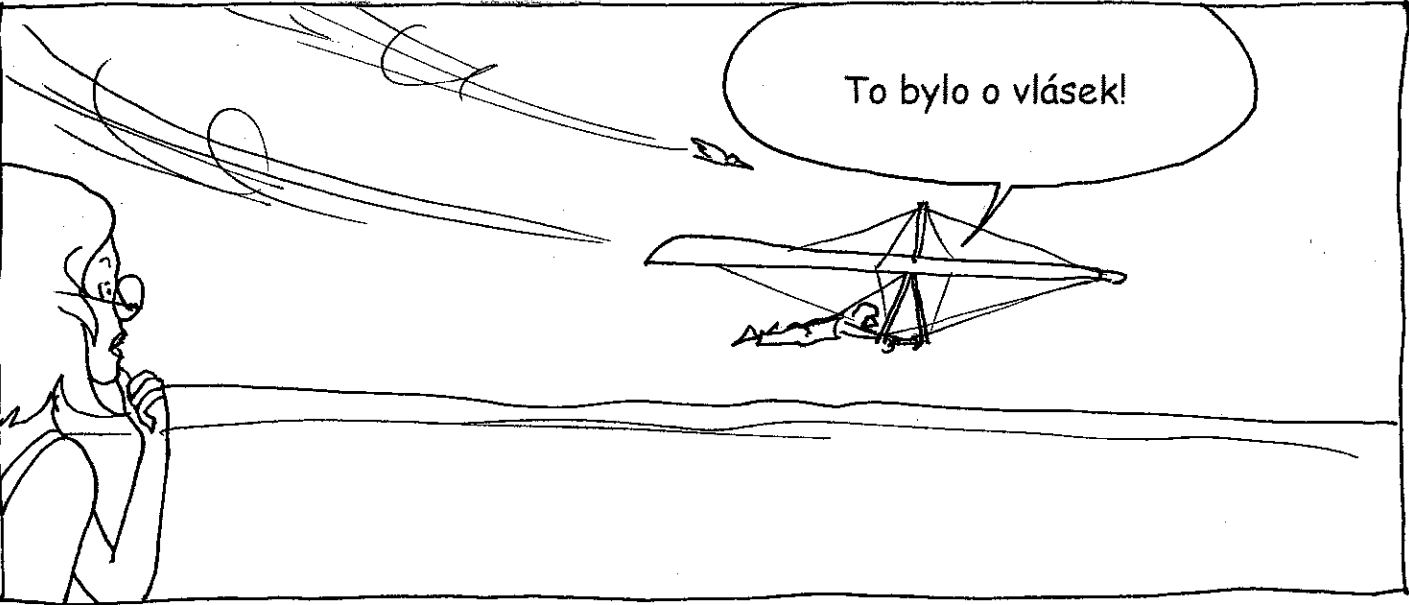
Váhu přesunout dopředu.
Nabírám rychlost. Podíváme se,
co tahle mašina umí!



Můj ty bože! Nabírám
rychlost a nejde
to zvednout!

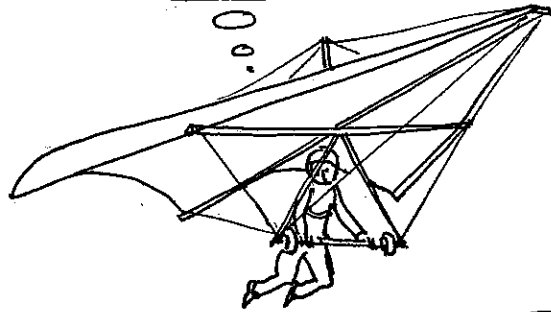


Přenesu veškerou váhu dozadu,
paže napnuté a nezvedá se to!!

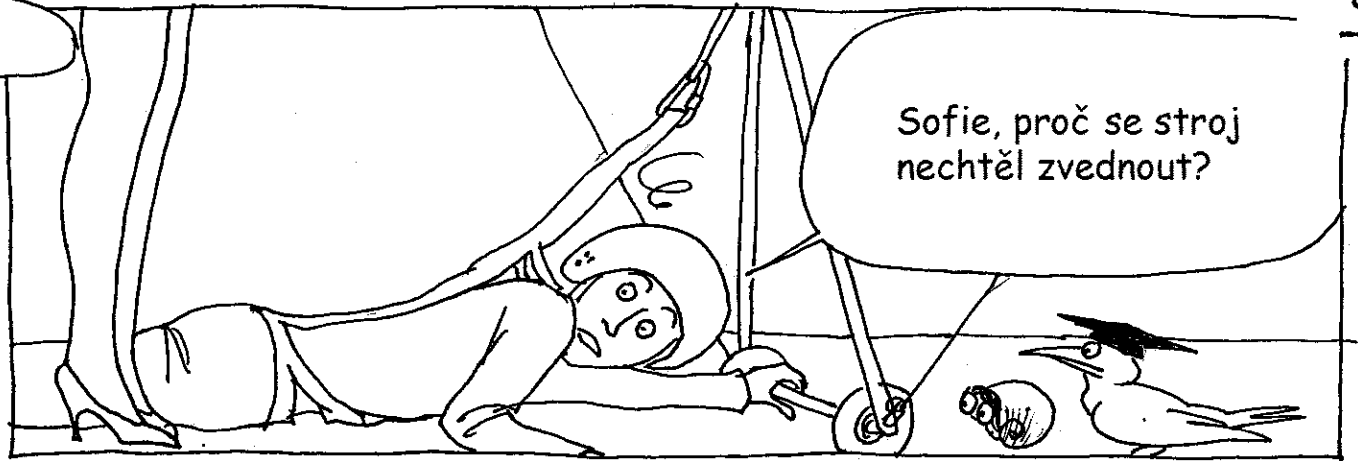


To bylo o vlásek!

Zvednout, abych ztratil rychlost.

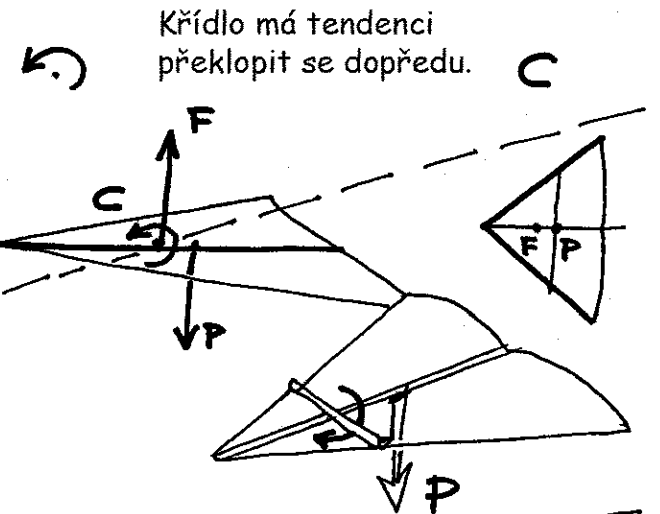


Sofie, proč se stroj nechtěl zvednout?



Vzpomeň si, Anselme, na první část tohoto komiksu: **VZTLAK** vzniká pouze za cenu určité tendence ke klopení, kterou je potřeba vyvážit tím či oním způsobem. Na **ROGALU** jsi připoutaný uprostřed kýlového nosníku. Ale výslednice aerodynamických sil se nachází ve 40% (*), takže je to tvá tíha **P**, která se nachází vzadu, co brání klopení křídla.

(*)

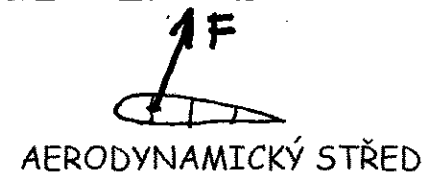
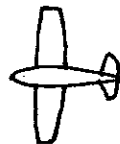


Křídlo má tendenci překloupat se dopředu.

Už jsem myslel, že je po mně.

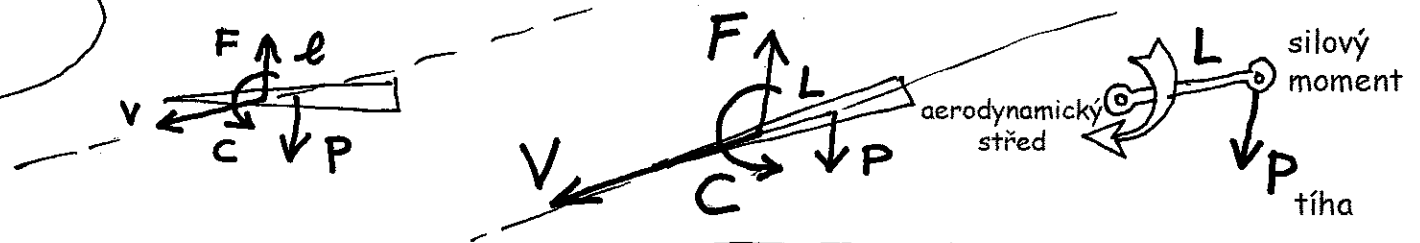
Přenos váhy **P** dozadu dá vzniknout silovému momentu, který působí proti aerodynamickým klopivým silám (momentu).

Na **ROVNÉM** křídle aerodynamická síla **F** působí na 25 % jeho profilu.



(*)

Proč se moje rogallo nechtělo zvednout?



Přemýšlej, z rozložení tvé váhy vychází **SILOVÝ MOMENT** ($P \times l$), který vrací letoun do původní polohy. Vyvažuje klopivý moment **C**, který, stejně jako všechny aerodynamické veličiny: **VZTLAK**, **ODPOR**, jejichž součet představuje **AERODYNAMICKOU SÍLU F** (*), odpovídá mocnině rychlosti V^2 . Aerodynamická síla **F** působí na **AERODYNAMICKÝ STŘED** křídla. Pokud se svým rogallem sklouzneš a nabereš rychlost, dodáš klopivému momentu **C**, jenž také odpovídá V^2 , takovou hodnotu, kterou už pomocí **SILOVÝ MOMENT** $P \times L$ nebudeš moci potlačit (**).

Stačilo málo a Anselme se ze své **LETOVÉ OBÁLKY** nemusel dostat a jeho stroj se mohl stát **NEOVLADATELNÝM**.

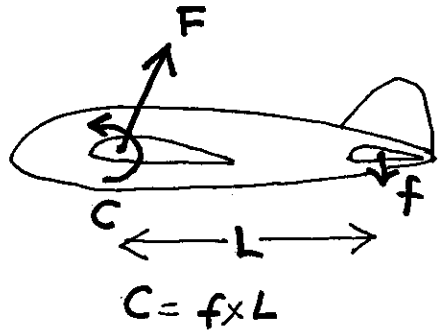
To je ale příšerné! Jak se to dá řešit?



*) V učebnicích se toto nazývá **VÝSLEDNICE AERODYNAMICKÝCH SIL**, kterou označujeme písmenem **R**.

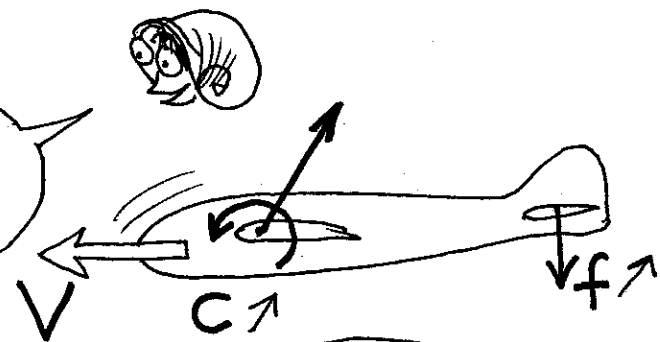
**) Neznalost tohoto jevu byla příčinou četných smrtelných nehod v 70. letech.

K aerodynamickému problému je třeba najít řešení aerodynamické povahy. To je to, co Sofie Anselmovi navrhovala na začátku a týkalo se to **OCASNÍ PLOCHY**.



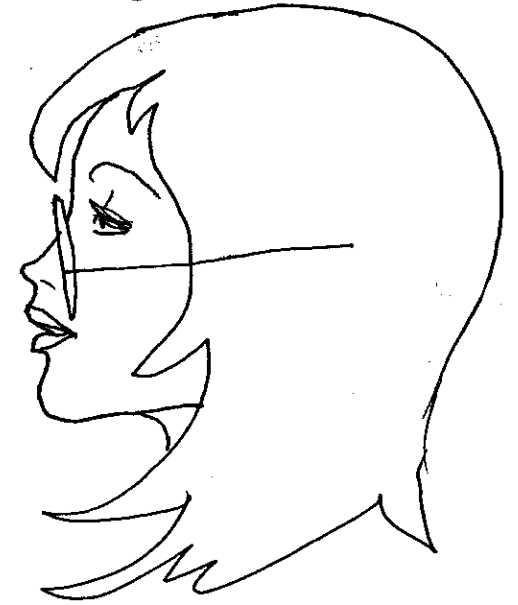
Horizontální ocasní plocha s lehce záporným vztlakem snadno vyrovnává klopivý moment křídla, a to díky dlouhé páce, která představuje trup letadla.

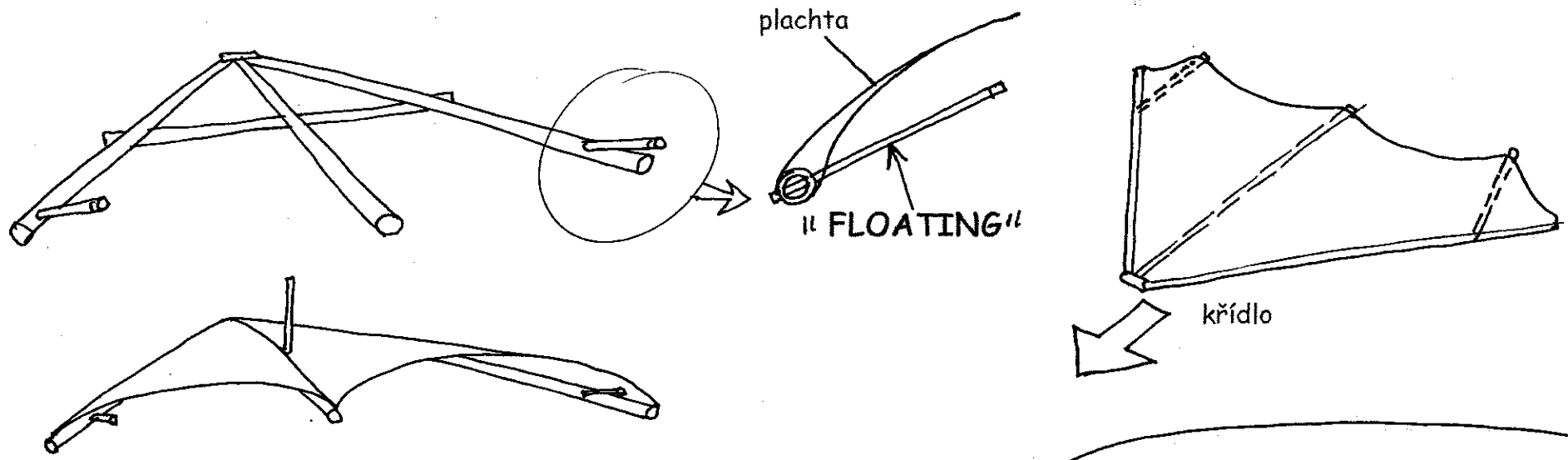
Ostatně tento systém je **AUTOSTABILNÍ**. Pokud rychlost vzroste, stroj má tendenci překloupat se dopředu v důsledku vzestupu klopivého momentu **C**, který odpovídá hodnotě V^2 . To je ale brzy vykompenzováno vzrůstem **ZÁPORNÉHO VZTLAKU f**.



Takže mi nezbývá než přidat rogalu ocasní plochu?

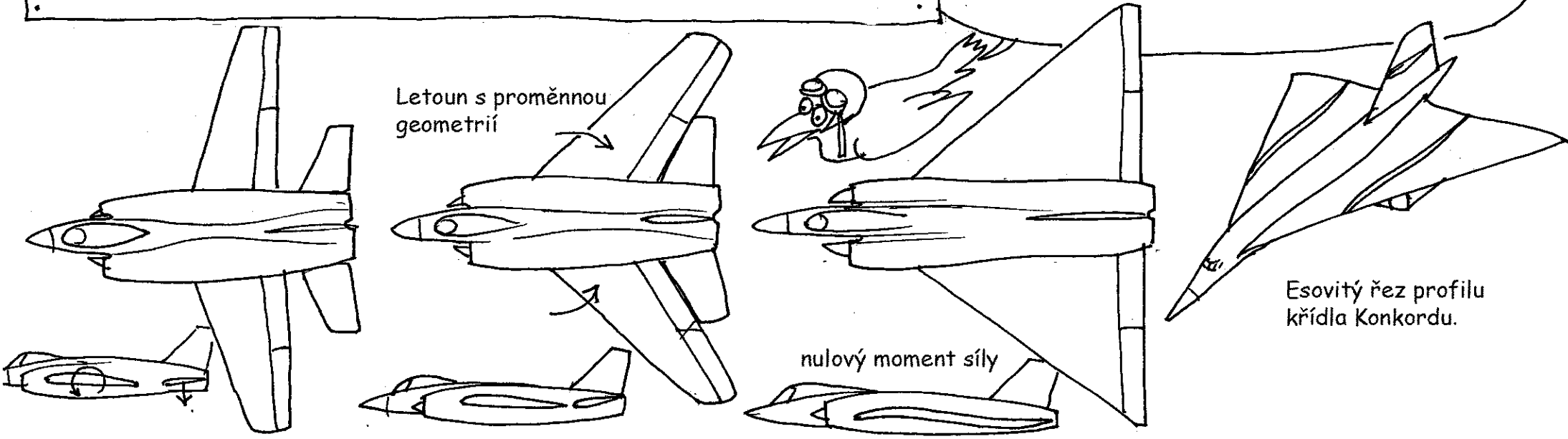
Mohl bys to takhle udělat. Ale existuje mnohem jednodušší řešení, aby sis zajistil svou bezpečnost.



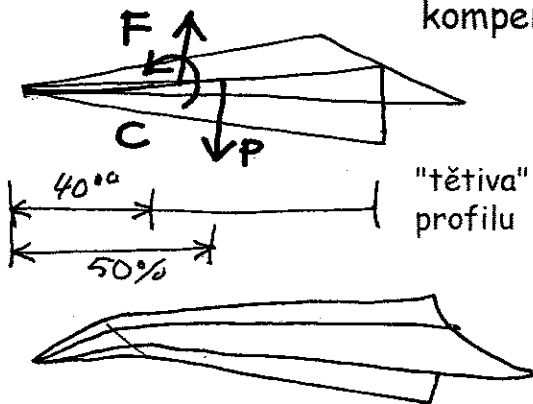


Zařízení, která se nazývají "FLOATINGS", se nedotýkají plachty při normálním letu, ale v případě nadměrné rychlosti a nebezpečného klopení udržují zadní část plachty zvednutou a díky nim dojde k automatickému narovnání (*).

Co se týče kluzáků s tuhou konstrukcí deltových křídel, uvedeme je do autostability (tj. let s nulovým momentem síly) tak, že do nosných ploch "začleníme" ocasní plochy, přičemž křídla budou mít profil ve tvaru "S".



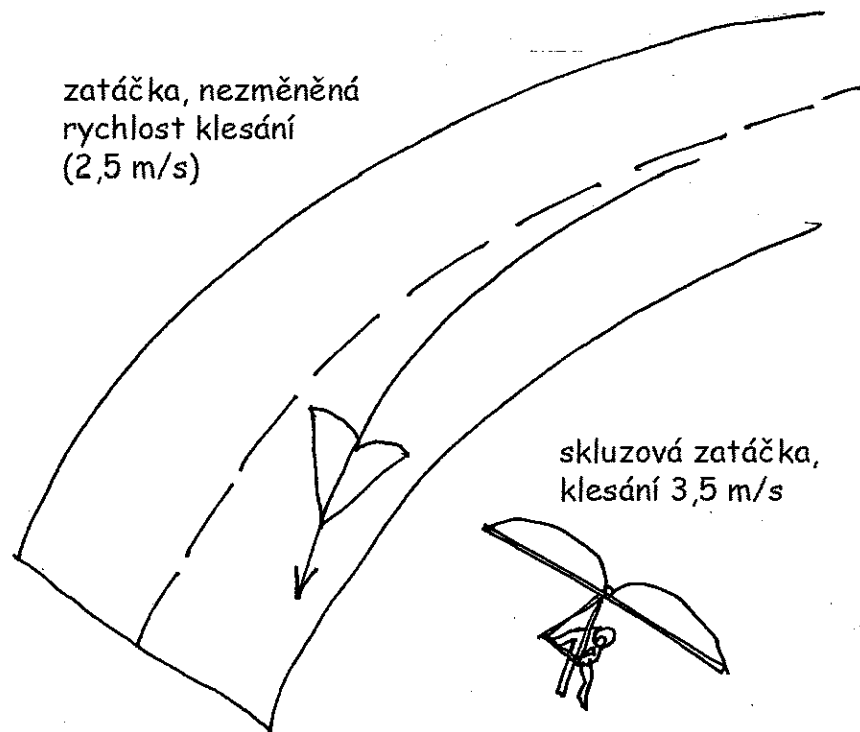
Klasická papírová vlašťovka létá jako rogallo. Těžiště je pochopitelně uprostřed, zatímco AERODYNAMICKÝ STŘED leží ve 40% TĚTIVY profilu křídla. Vyvažovací síla, která je daná tíhou, kompenzuje klopivý moment spjatý se vztlakem.



Autostabilní profil vytvoříme tak, že mírně ohneme nos směrem dolů a zvedneme (také mírně) zadní část. Vlašťovka tak získá profil ve tvaru "S", který jí dovolí mimo jiné létat pomaleji.

Ředitelství

zatáčka, nezměněná rychlost klesání (2,5 m/s)



Ten tvůj letoun má ale jeden velký nedostatek. Abys mohl zatočit, musíš přenést svou váhu dovnitř zatáčky a stroj podléhá silnému SKLUZU a rychlost klesání se zvýší na 3,5 m/s.

(*) Tahle jednoduchá zařízení se bezprostředně ukazují jako velmi účinná.

JAK TO PTÁCI DĚLAJÍ, ABY ZATOČILI?



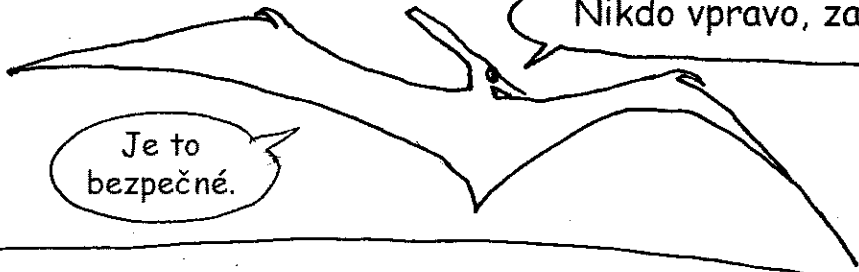
Mohli bychom přidělat vertikální ocasní plochu s pohyblivým kormidlem. Ale ptáci ani netopýři nic takového nemají. A přece dokáží velmi ostře zatočit. Jak to dělají?

Pterodaktyl, netopýr, sup ani vrabec nepotřebují vertikální ocasní plochu k tomu, aby mohli zatočit.

Když jedno křídlo natáhnou a druhé pokrčí, dojde ke dvěma jevům: Plochy křídel jsou změněny. Odtoková hrana nataženého křídla poklesne, oproti zvýšené odtokové hraně pokrčeného křídla.



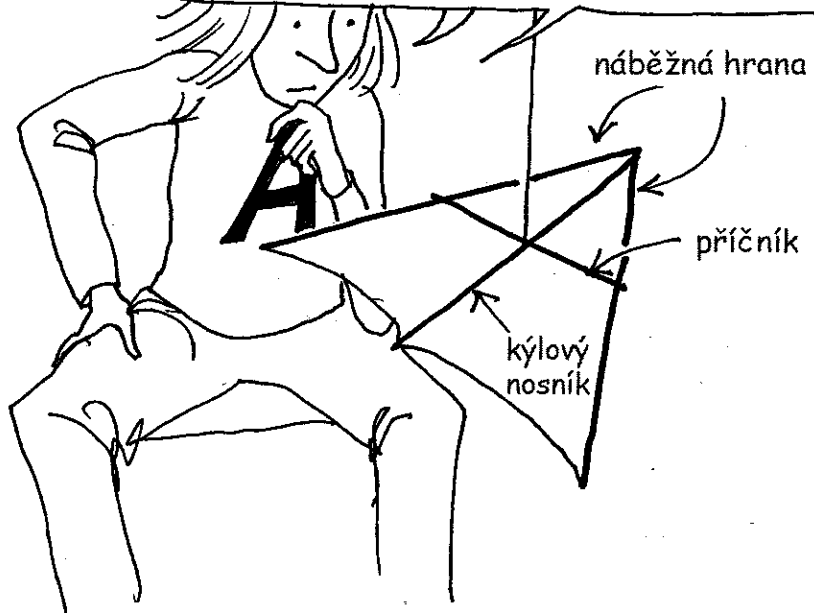
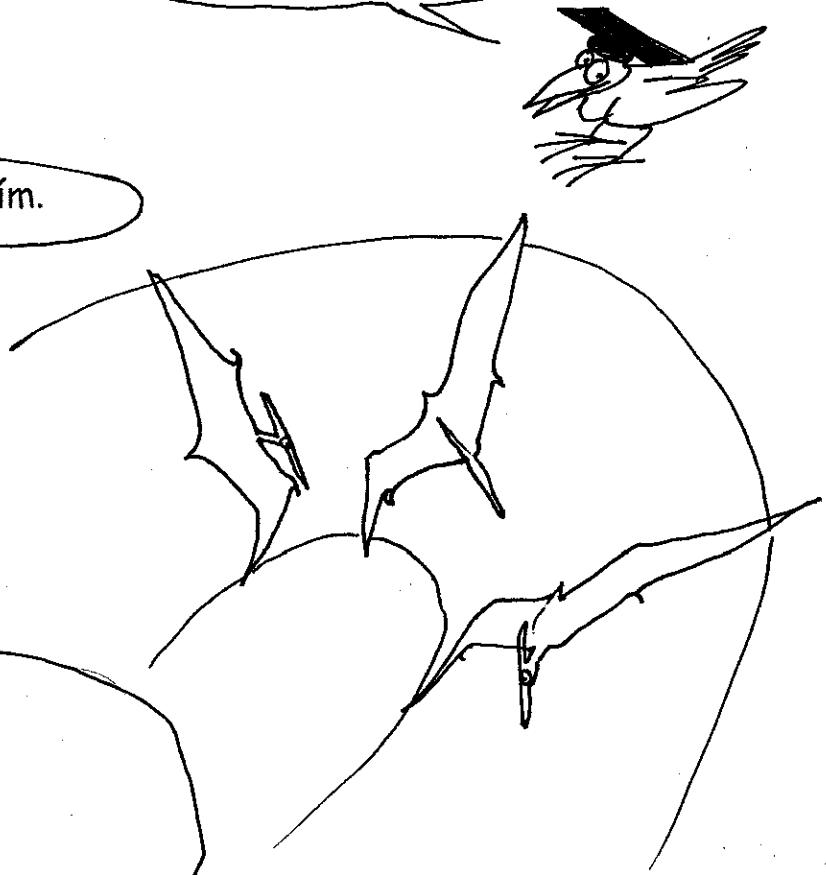
Pterodaktyl letící rovně, pohled zezadu.



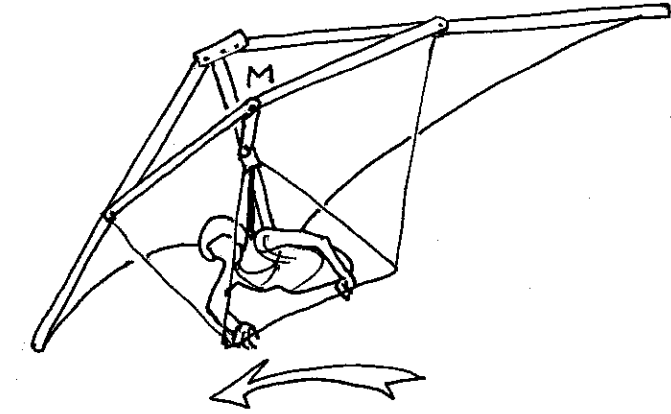
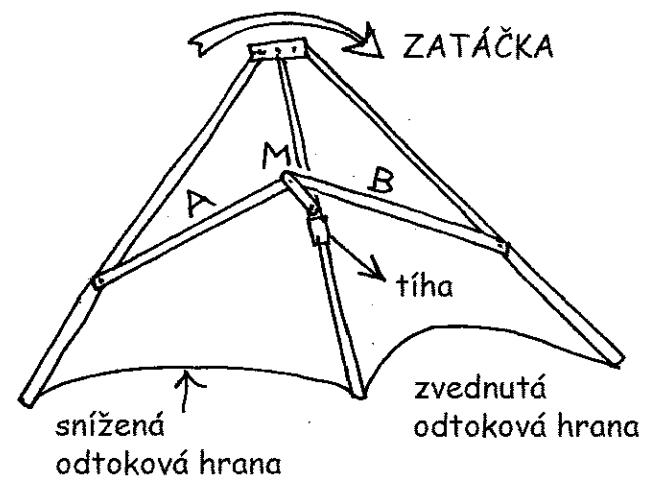
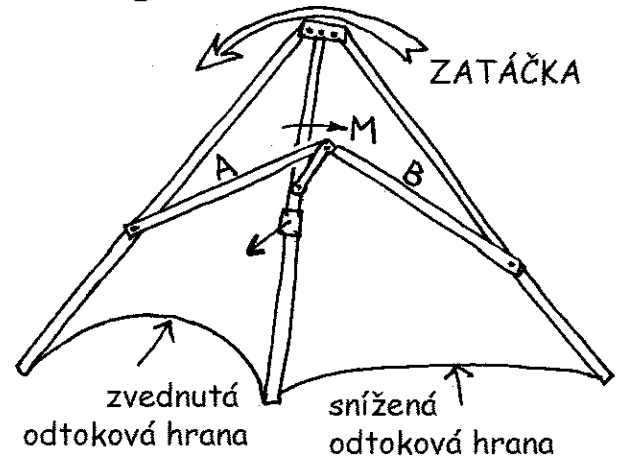
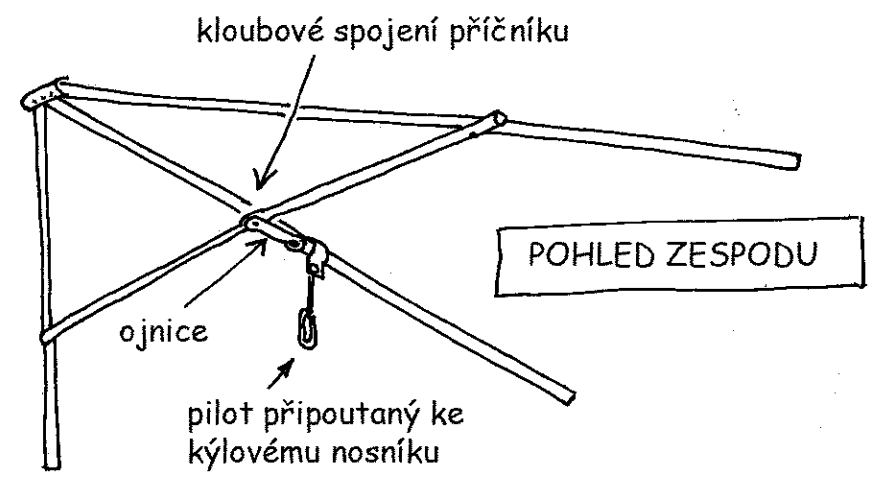
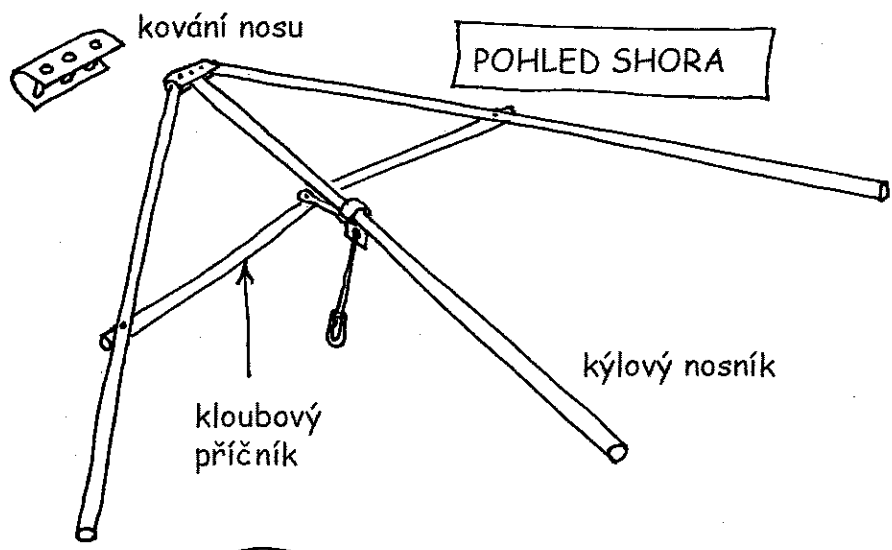
Nikdo vpravo, zatáčím.

Je to bezpečné.

Opravdu pěkné, ale jak uděláme, aby jedno křídlo bylo natažené a druhé pokrčené třeba jen lehce?

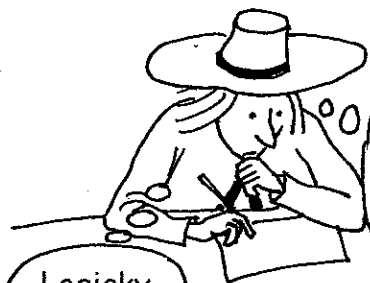


Nezbývá ti než rozbít spojení kýlového nosníku a příčníku.



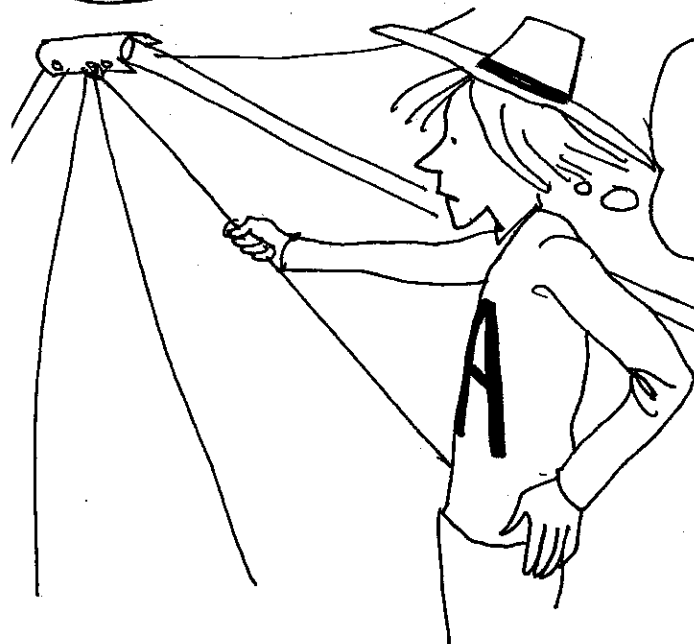
Tento velmi chytře řešený systém s "plovoucím" příčníkem dovoluje pilotovi při přenosu své váhy vysunout kýlový nosník z osy vůči kloubovému spojení M obou polovičních příčníků A a B, které jsou stejně dlouhé. Posuny o několik centimetrů umožňují provádět ostré zatáčky.

Ředitelství

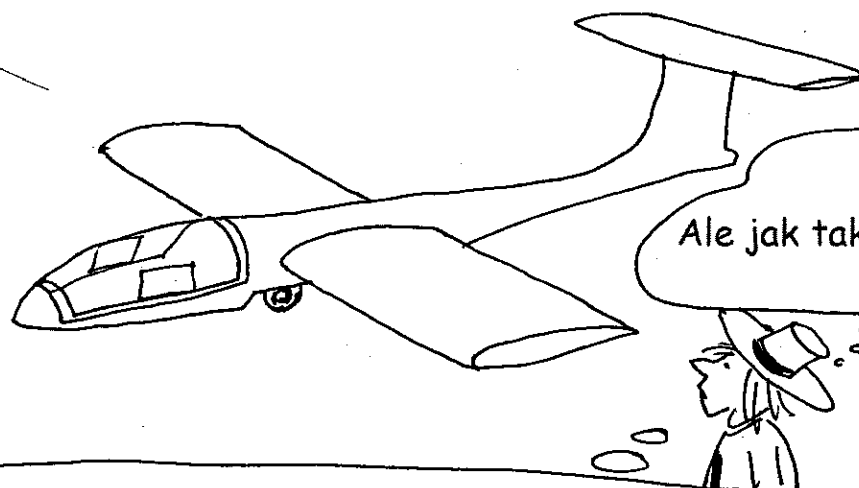


Logicky..

Když budu chtít sestavit výkonný **KLUZÁK**, budu muset odstranit všechno, co je zdrojem ztráty energie. Takže **TURBULENCE** jsou první na řadě. Pokud můj kluzák za sebou nechá kupy vzduchu, které rozpohyboval tím, že tudy proletěl, je to mrhání energií.

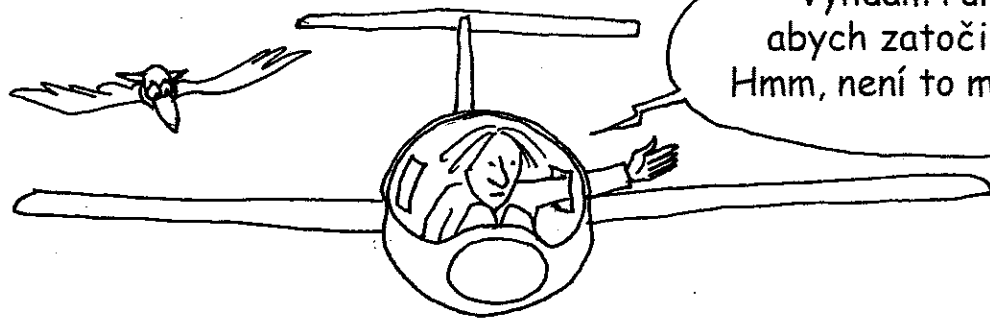


Všetchna tahle lana jsou zdrojem značného **ODPORU**: to se musí odstranit.
Pilot: uvnitř letounu. Hladké stěny bez hrbolů.
Je třeba se na tohle všechno podívat.



To není špatné.
Ale jak takový stroj řídit?

Můžu se v kokpitu pohybovat odpředu dozadu, abych letoun zvedal nebo klopil.
Po stranách jsem dal okna. Když vyndám jednu ruku, umožní mi to zatočit.
Ale to je velmi málo účinné a navíc to způsobuje turbulence, kterým se chci za každou cenu vyhnout.

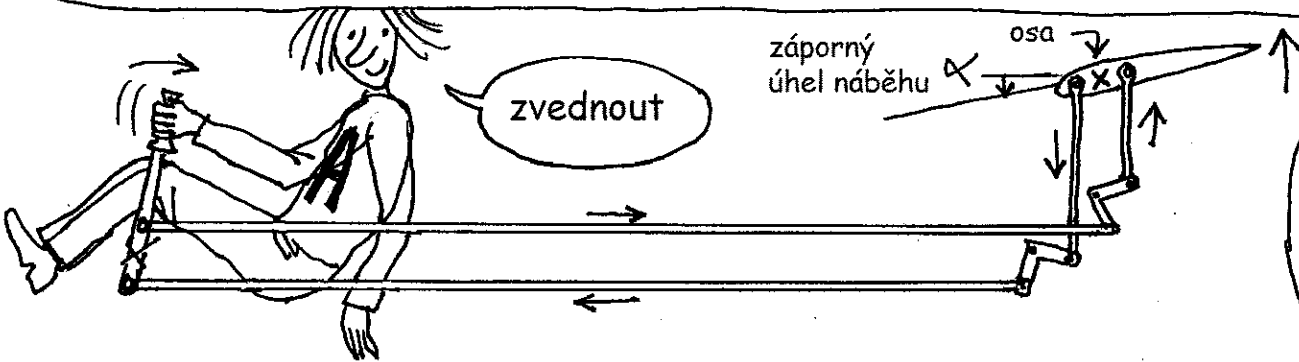


Vyndám ruku ven,
abych zatočil doleva.
Hmm, není to moc účinné!

Mimochodem ...



Hele, to je zajímavá věc. Když dám ruku takhle jako křídlo a změním **ÚHEL NÁBĚHU α** , síla bude přímo úměrná danému úhlu. Udělám horizontální ocasní plochu s libovolně proměnným úhlem náběhu α .

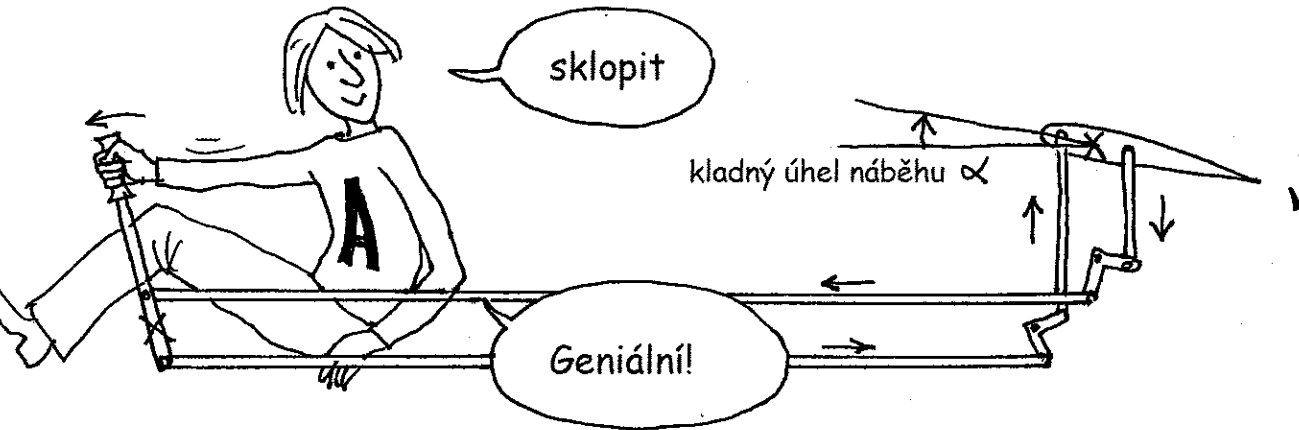


zvednout

záporný
úhel náběhu α

osa

Díky téhle **SESTAVĚ** může Anselme dálkově ovládat horizontální polohu svého stroje, který létá díky **KNIPLU**.



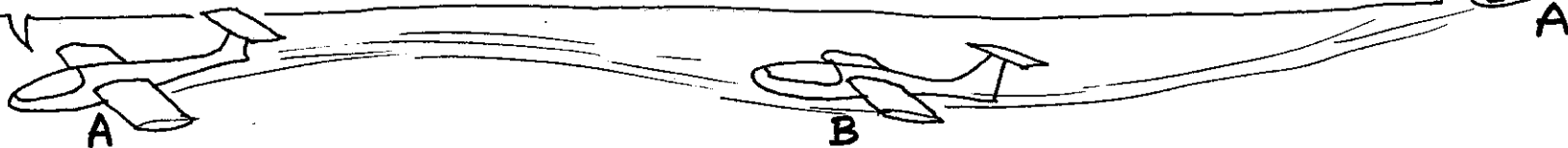
sklopit

kladný úhel náběhu α

Geniální!

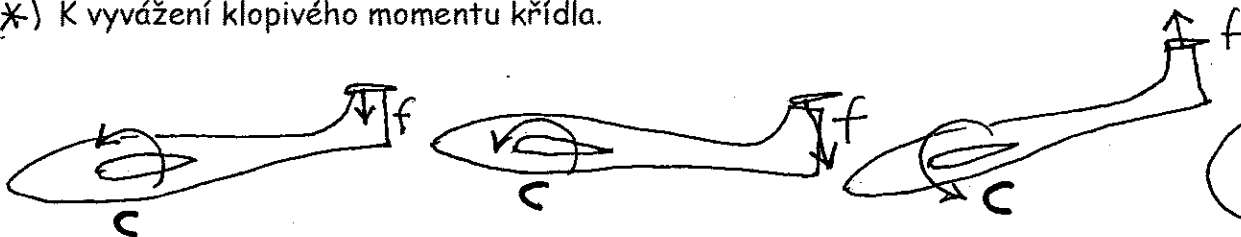


Skvělé! Pohybováním KNIPLU můžu stroj libovolně zvedat nebo klopit. Můžu tedy velmi rychle zkontrolovat ÚHEL SKLONU přídě svého kluzáku.



	A 	B
Normální klesání, knipl v neutrálu. Ocasní plocha je lehce vychýlená. (*)	Anselme klopí příd' tím, že tlačí knipl od sebe: horizont "stoupá" a rychlost narůstá.	Anselme zvedá příd' tím, že přitahuje knipl k sobě. Horizont "klesá" a rychlost se snižuje.

(*) K vyvážení klopivého momentu křídla.



Ke kontrolování ÚHLU SKLONU přídě kluzáku lze využít kapoty. Jestliže horizont stoupá, znamená to, že se snažím klopit příd' dolů. Pokud horizont klesá, příd' se zvedá nahoru. V důsledku toho se mění rychlost kluzáku.
Úhel sklonu dolů = rychlost stoupá
Úhel sklonu nahoru = rychlost klesá.

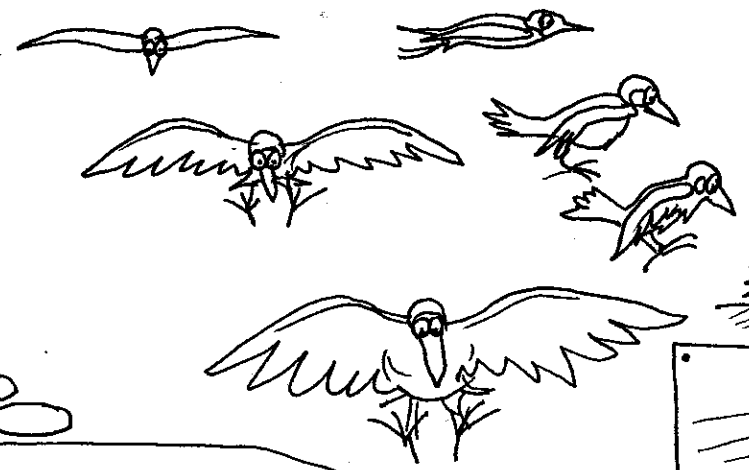


Tenhle ZNAK KAPOTY je jeden z nejužitečnějších ukazatelů.

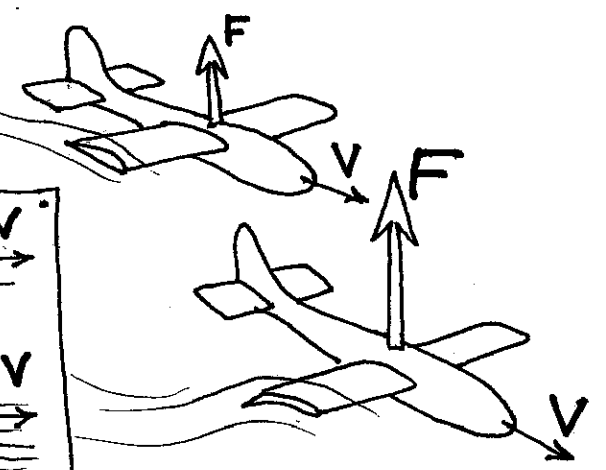
Čím rychleji kluzák letí, tím více vzniká slyšitelného hluku, který je způsobený třením křídla. Hluk se zesiluje. Ještě před vynalezením přístrojů k měření rychlosti se piloti kluzáků dokázali poznat, protože jejich uši se v důsledku přizpůsobení prodloužily.

VZTLAKOVÉ KLAPKY

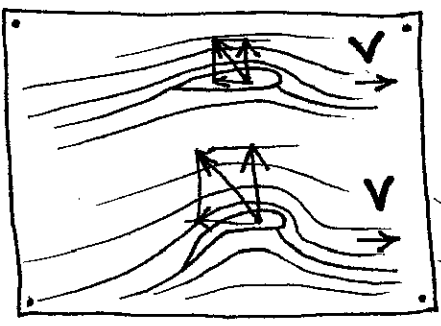
Fajn, co se týče kontroly KLOPENÍ, tak to by šlo. Ale v zatáčkách to vůbec není ono. Budu mezitím pozorovat ptáky, jak létají.



Tak!



V momentě dosedání na zem ohýbají svá křídla, a to tak, že pomocí svalů ovládají i peří.



Když zvětším zakřivení **PROFILU KŘÍDLA**, způsobí to zvětšení aerodynamické síly při stejné rychlosti V . Když ptáci dají svým křídům takový tvar, mohou **PŘEDVĚST** let o nižší rychlosti.

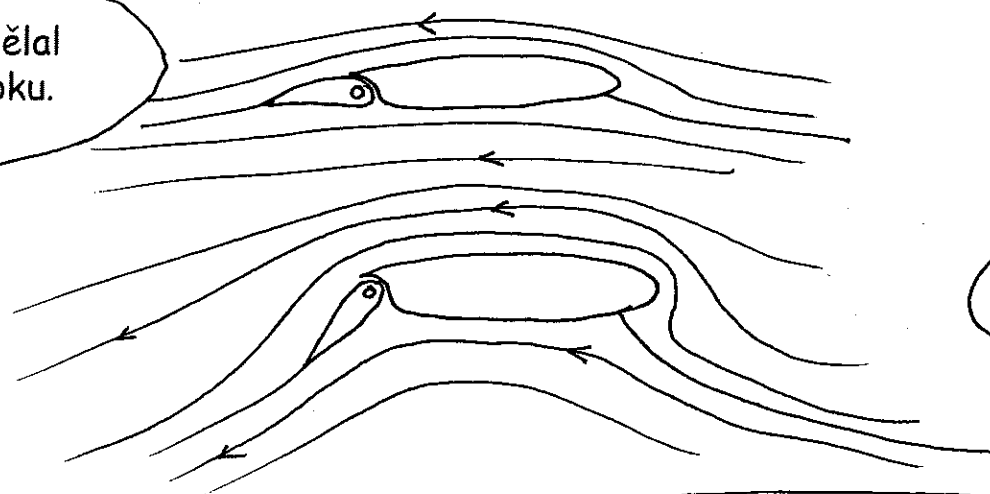


Přeložit křídla nemůžu. Ale můžu jejich zadní část vybavit pohyblivým článkem.

Článekovaná ... křídla !?!

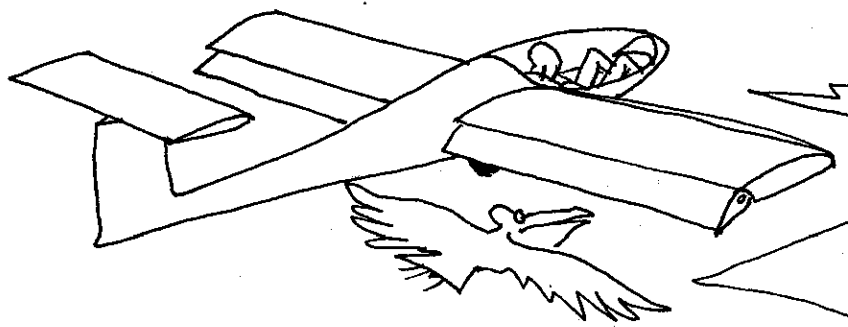


Pojďte se podívat. Místo peří přidělal Anselme na křídla pohyblivou klapku.



To je proudění vzduchu.

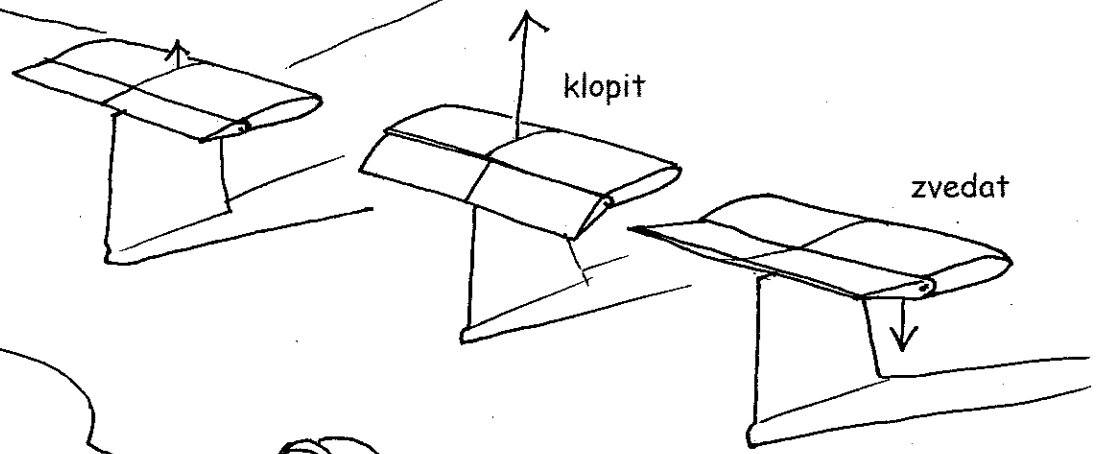
Při přistání představuje DOSEDNUTÍ NA ZEM mnohem menší držkopád.



Proč ale nezevšeobecnit tenhle systém pohyblivých klapek a nevybavit jimi i horizontální ocasní plochy?

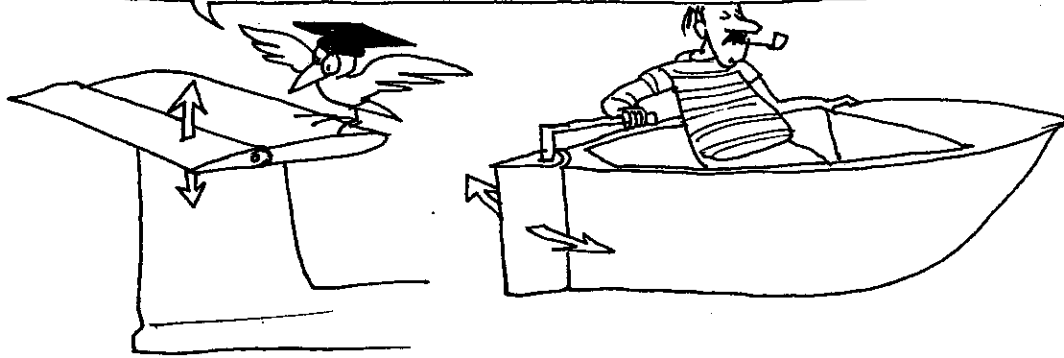


Jak řečeno, tak uděláno.

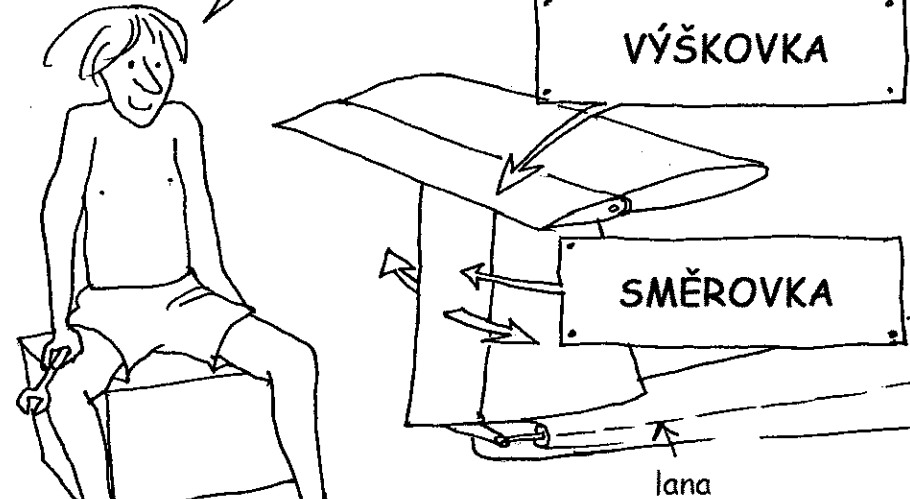


ŘÍZENÍ LETADLA

Vlastně to funguje stejně jako **KORMIDLO** lodi, až na to, že místo řízení vpravo-vlevo se řídí "nahoru-dolů".



No prosím, tady je řešení! Otravuju se tu s vyndáváním pravé nebo levé ruky ven při zatáčení a přitom stačí vybavit kluzák **SMĚROVKOU**!



... kterou budu ovládat nohama z **KOKPITU**, a to tak, že lany spojím směrovku s **PEDÁLEM SMĚROVÉHO ŘÍZENÍ**.



Jak si vede můj oblíbený
létající muž?

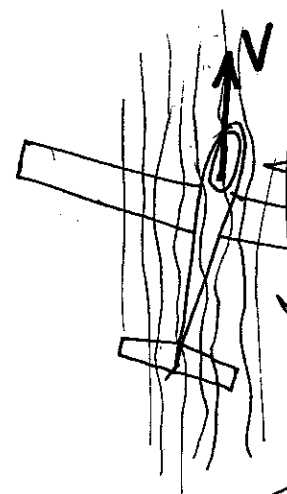
Skvěle, Sofie. **MECHANIKA LETU** už pro mě
neskrývá žádná tajemství. Stačí dát směrovku
s výškovkou na správná místa, aby se dalo stoupat,
klesat, zatáčet vpravo či vlevo.

Zkonstruoval jsem dokonce i dvouplošný
kluzák a svezu tě, jestli chceš.

Tak! Startujeme ze svahu ... Pomocí kniplu můžu libovolně
stoupat nebo klesat a díky pedálu směrového řízení
normálně ...

Sakra, šlapu naplno a nezatáčím!
Kluzák letí bokem, to je všechno !?!

Ale, jak to!



Mysli: prostě jsi kormidlem uvedl trup do šikmé polohy. A protože není žádný vítr, **LETÍME BOKEM**, to je všechno ...

Nechápu ...

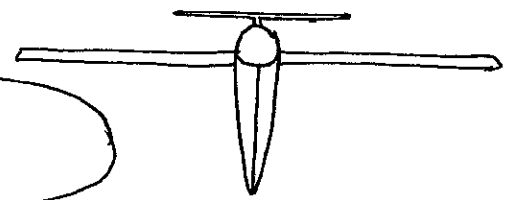


Zkuste si řídit loď s plochým dnem pomocí jednoduchého kormidla: nepůjde to.

Bude se snad muset dát trupu kluzáku tvar lodi, kocábky, aby si dal konečně říci a zatočil?



Ano, to je jedno řešení, ale existuje i jiné, jednodušší.

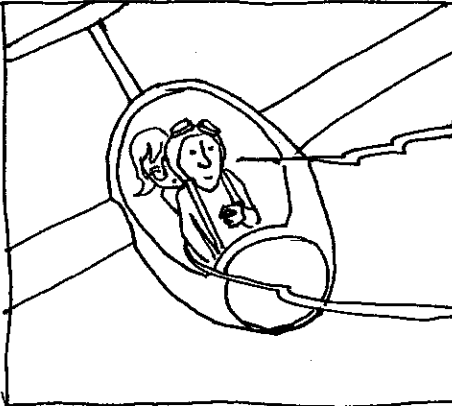


Zatlačím na kormidelní páku.

A ... nic !?



Akorát **KLOUŽU** po vodě rovně a bokem. Potřeboval bych **SMĚROVÉ KORMIDLO, KÝL**.



Olá! Silná **TURBULENCE**, stoupavý závan vzduchu, který zvedl naše levé křídlo!

No, a?

Točí nás to doprava. Zatačíme, i když je pedál směrového řízení na neutrálu?

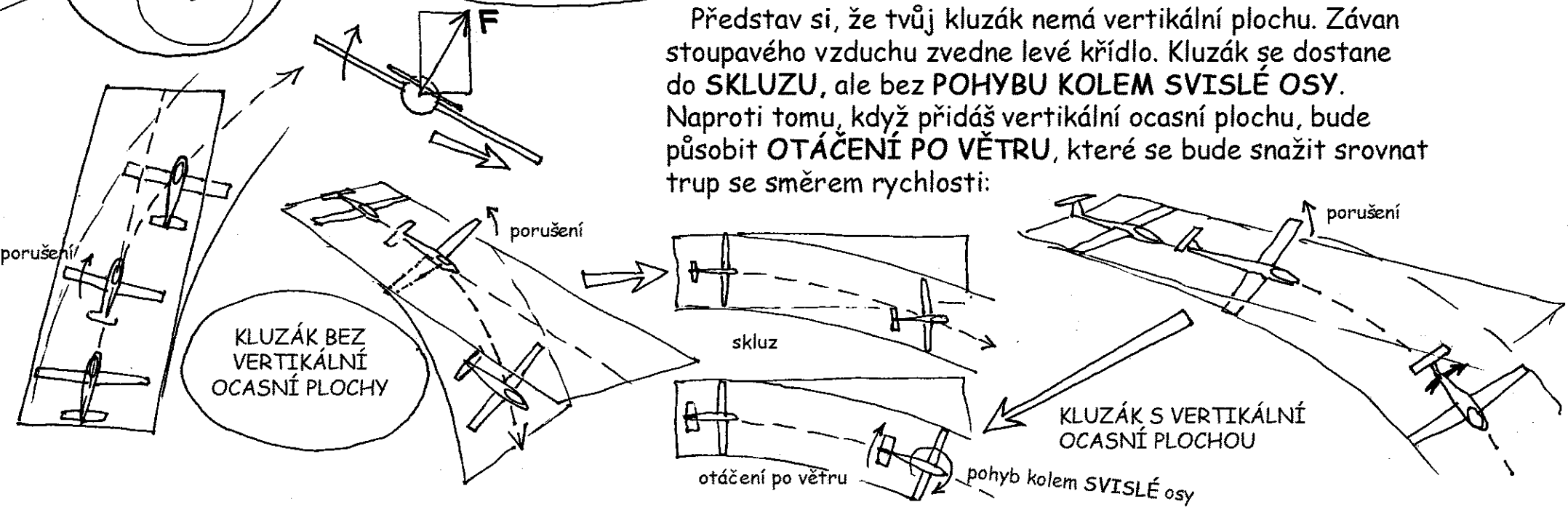
To všechno si zaslouží vysvětlení. Začni ale lehce tahat za knipl. Zabráníme tak sklopení nosu.

Zatáčíš díky vertikální ocasní ploše.

Nerozumím tomu, protože je v symetrické rovině se strojem.

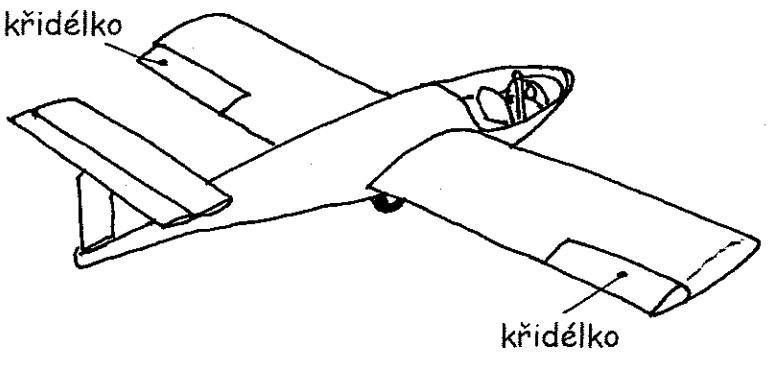
NÁKLON

Představ si, že tvůj kluzák nemá vertikální plochu. Závan stoupavého vzduchu zvedne levé křídlo. Kluzák se dostane do **SKLUZU**, ale bez **POHYBU KOLEM SVISLÉ OSY**. Naproti tomu, když přidáš vertikální ocasní plochu, bude působit **OTÁČENÍ PO VĚTRU**, které se bude snažit srovnat trup se směrem rychlosti:

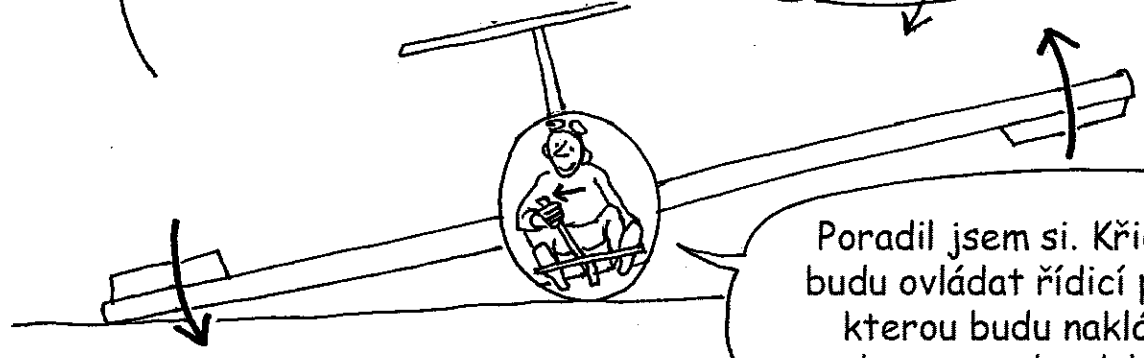
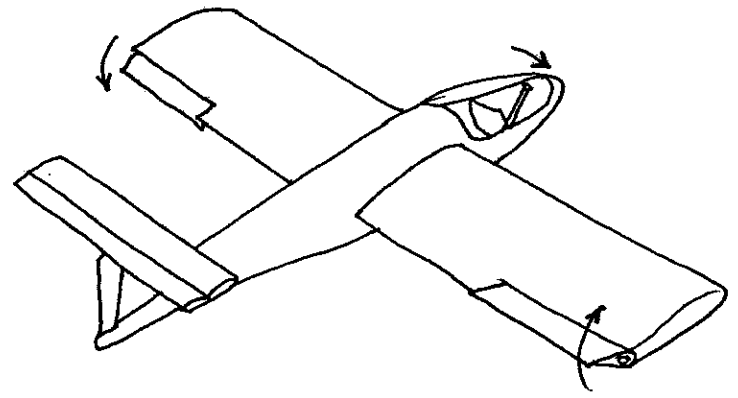
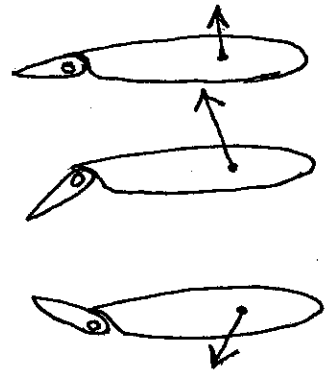


KŘIDÉLKA

Pokud kluzák zatáčí díky **NÁKLONU**, můžu ho vyvolat tím, že změním zakřivení profilu křídla, které je vybavené klapkami: **KŘIDÉLKY**, vychýlenými různým způsobem.



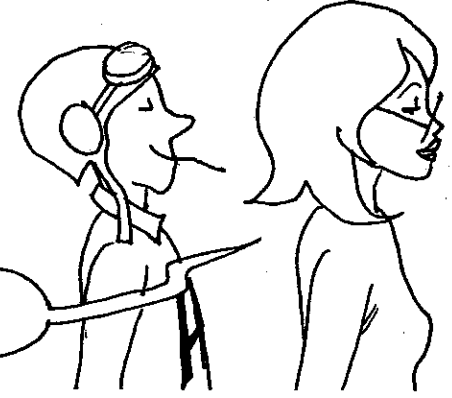
- Vztlak, křidélko nevychýlené
- Nárůst vztlaku, kladné vychýlení
- Záporný vztlak, záporné vychýlení



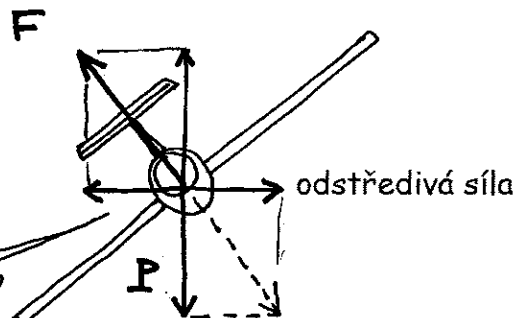
Poradil jsem si. Křidélka budu ovládat řídicí pákou, kterou budu naklánět doprava nebo doleva.

Dobrá, takže budu moci naklánět křídla pomocí křidélek, která budu ovládat kniplem. Potom díky vlivu otáčení po větru vertikální plocha zajistí let do zatáčky. Zatáhnu za knipl, abych udržel svůj **ÚHEL SKLONU**, čímž zabráním kluzáku strmě klesat, klopit nos.


Nezbývá než to zkusit. Sešlápní pedál, ať můžeme začít zatáčet.




A hoplá! Funguje to. Zatáčíme.



No vidíš, tvůj kluzák zatáčí skoro úplně sám. K vyrovnání zatáčky ti stačí tvoje ovládací zařízení.



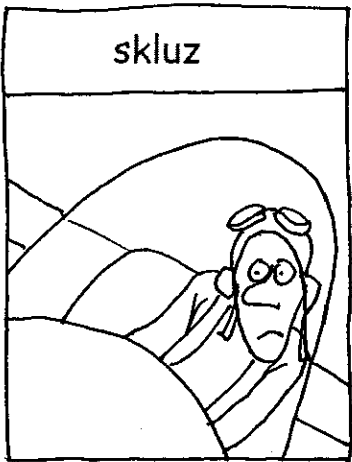
Je-li zatáčka správně vyvážená, bude kluzák klouzat jako kulička, která se koulí dolů zatočeným spirálovitým žlabem, nebo jako sáňky, které uhánějí po ledu, ale nesmyknou se ani doprava, ani doleva.



Jak mám ale poznat, jestli to je skluz nebo výkluz, když se pohybuju v něčem, co není vidět = ve vzduchu.

KONTROLA ZATÁČENÍ

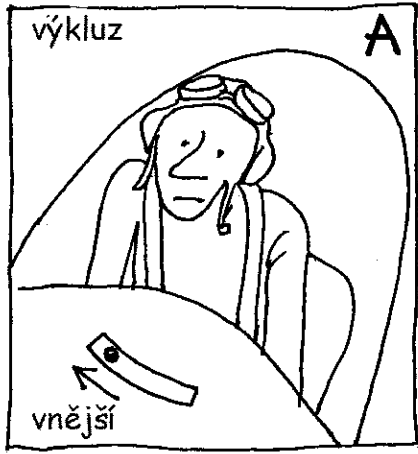
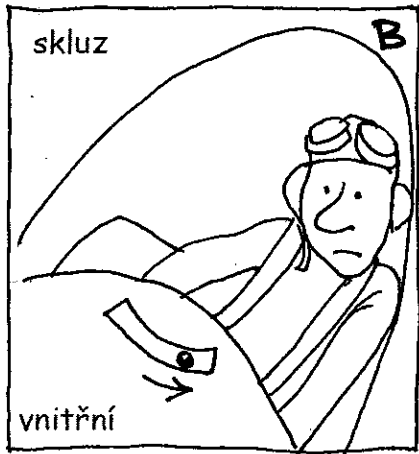
Prvním nástrojem, který vnímá pohyb SKLUZU, je TĚLO.



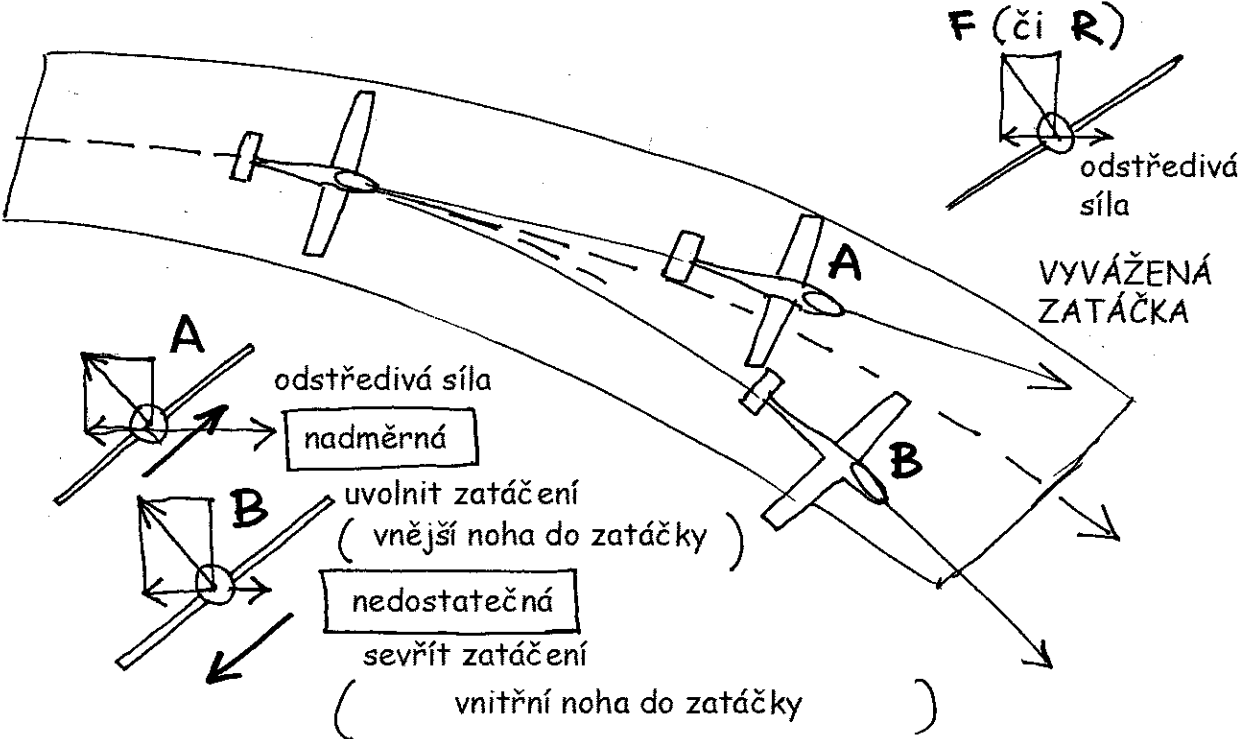
Ve skutečnosti je to mnohem lehčí a jde o to si na ŘÍZENÍ TĚLEM zvyknout.



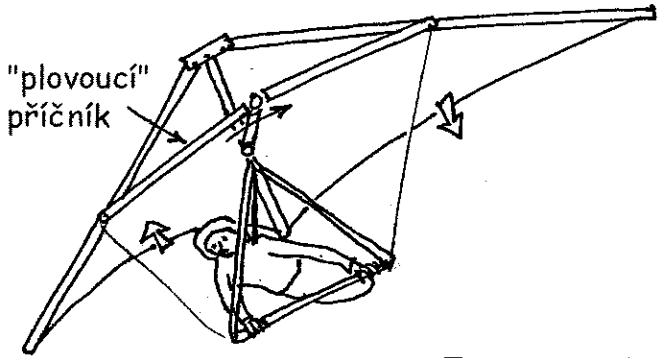
Jedná se o zakřivenou skleněnou trubici naplněnou olejem. Dovnitř umístíme kuličku.



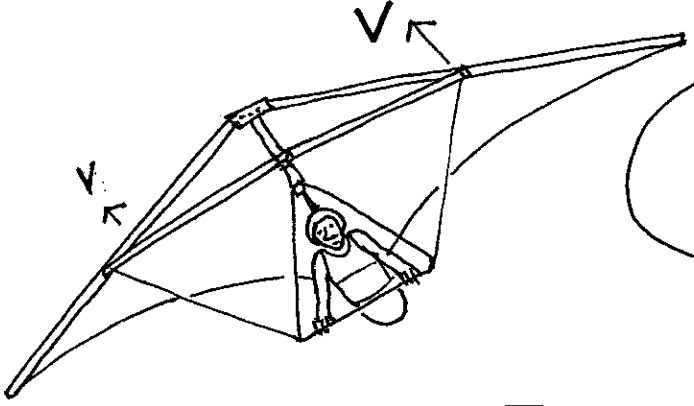
Kulička klouže ve směru, v kterém se uskutečňuje SKLUZ.



MALÉ ODBOČENÍ TÝKAJÍCÍ SE DELTOVÝCH KŘÍDEL (viz strana 16)



Aby se pilot deltového rogalu dostal do zatáčky, musí přenášet svou váhu.

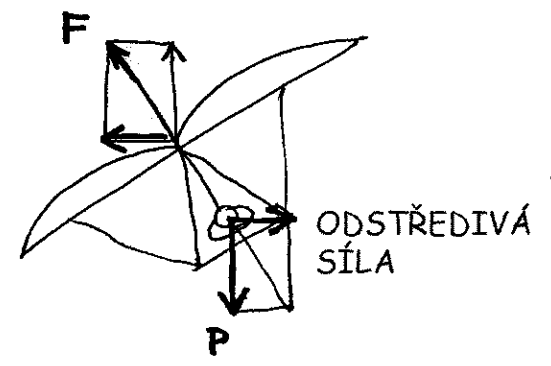


Jakmile je zatáčení zahájené, začne svou roli hrát sklon. Ten se udrží, protože vnější křídlo se pohybuje o něco rychleji.

Jakým způsobem má pod kontrolou zatáčení? Že by měl ... kuličku?

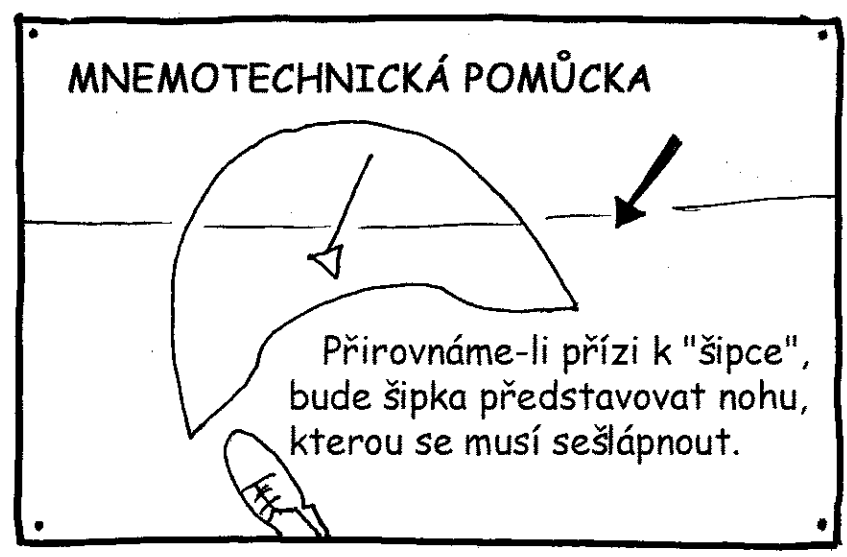
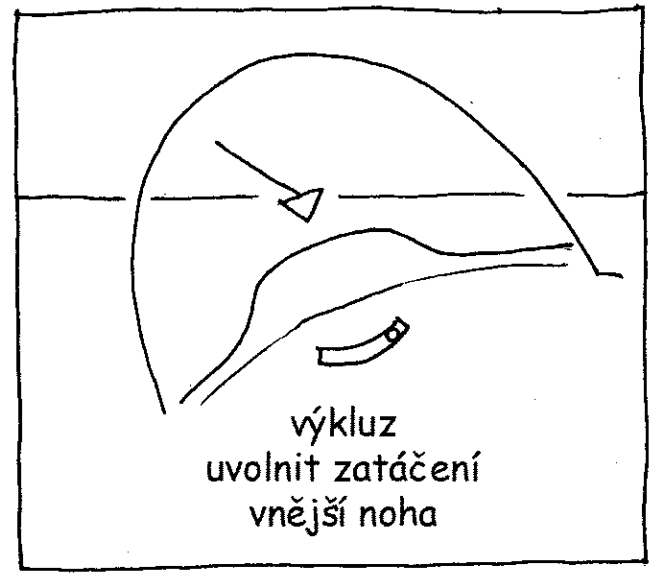
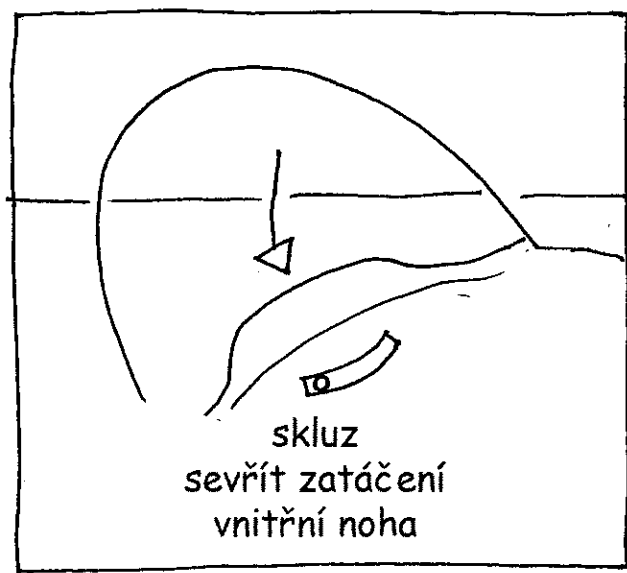



Pilot rogalu nepotřebuje kuličku, **NEBOŽ KULIČKA ... JE ON SÁM!** ... Zatáčka se zvětšuje, dokud odstředivá síla neuvede tělo pilota do symetrické roviny se strojem, přičemž "plovoucí" příčník ho automaticky drží v této poloze.



Odstředivá síla vyrovnává radiální složku aerodynamické síly.

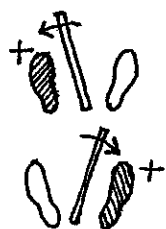
UKAZATEL SMĚRU VĚTRU



SDRUŽENÉ OVLÁDÁNÍ

Když zatáčíme, ať už se vracíme do rovné polohy, svíráme či uvolňujeme zatáčení, je třeba současně ovládat páku i pedál.

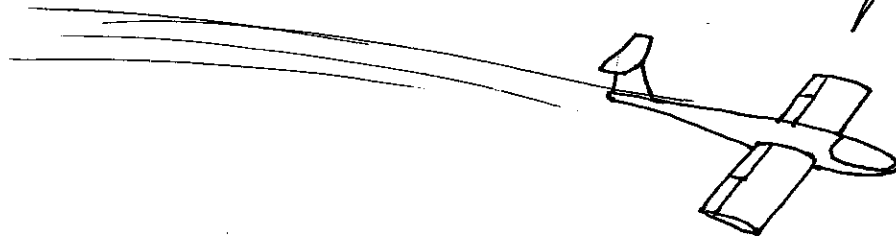
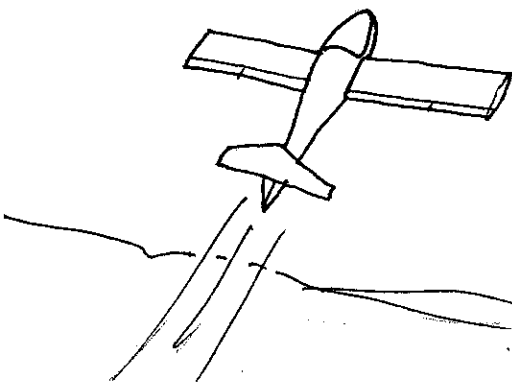
- * páka vlevo, levá noha
- * páka vpravo, pravá noha



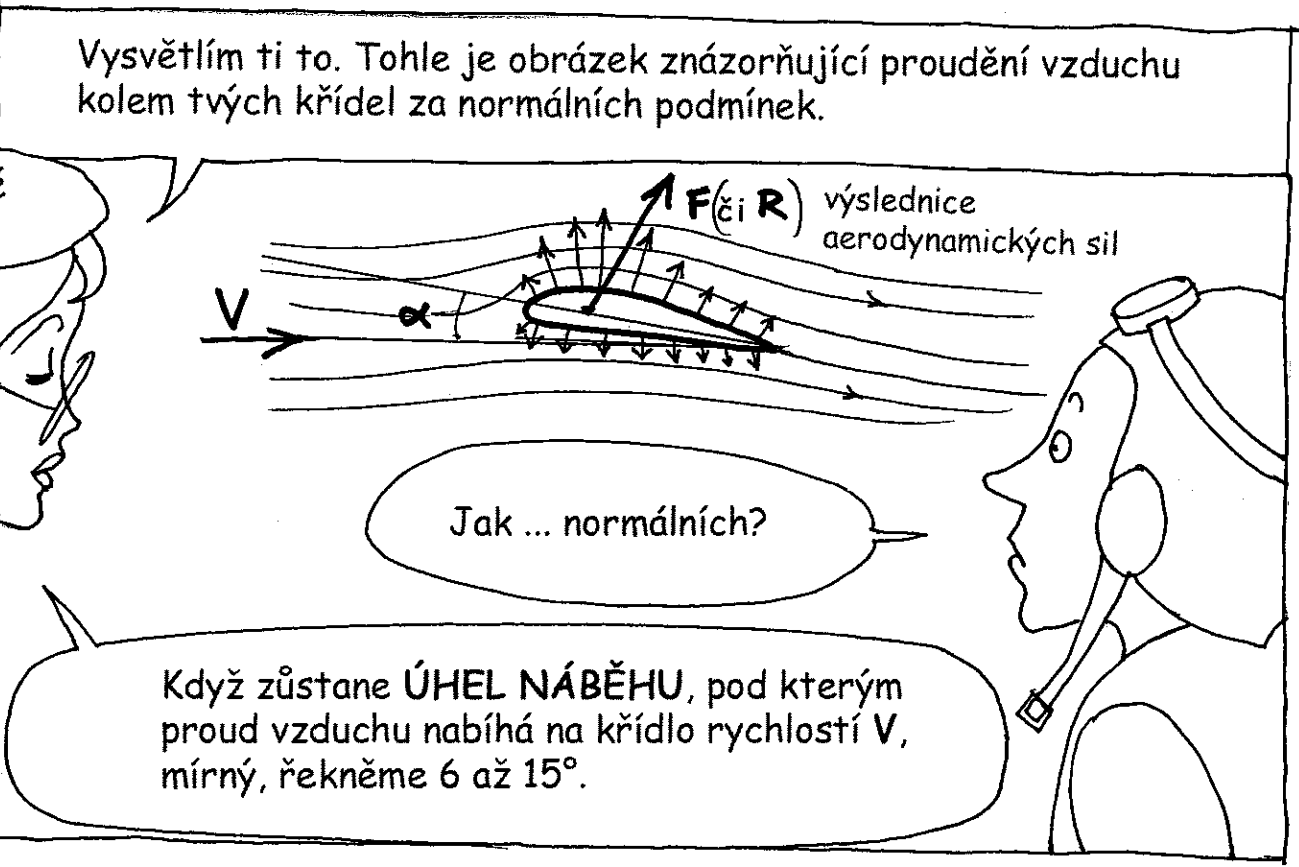
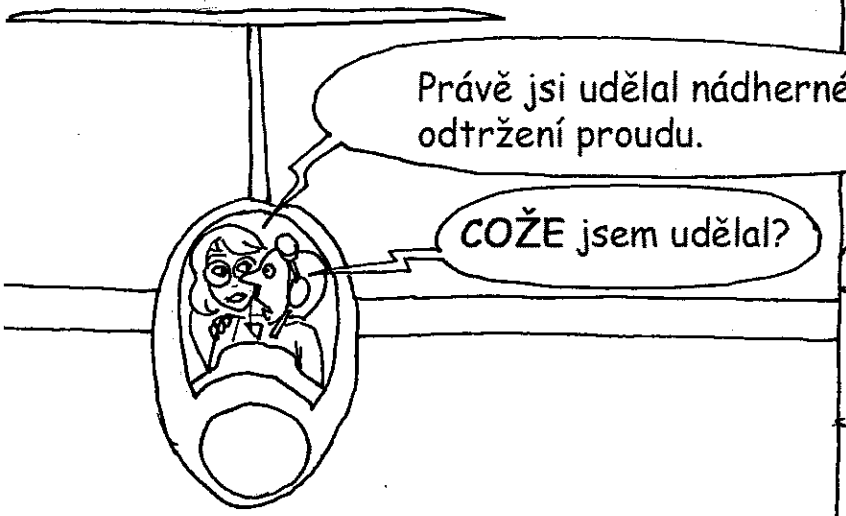
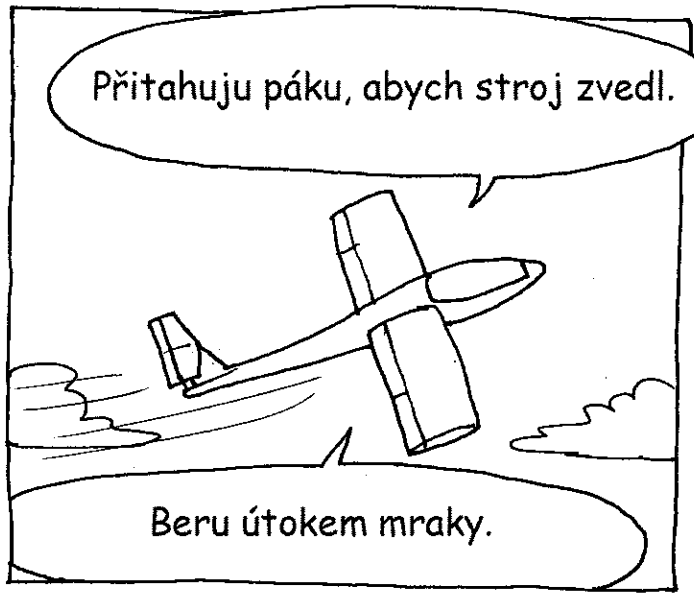
Říká se tomu sdrúžené ovládání.

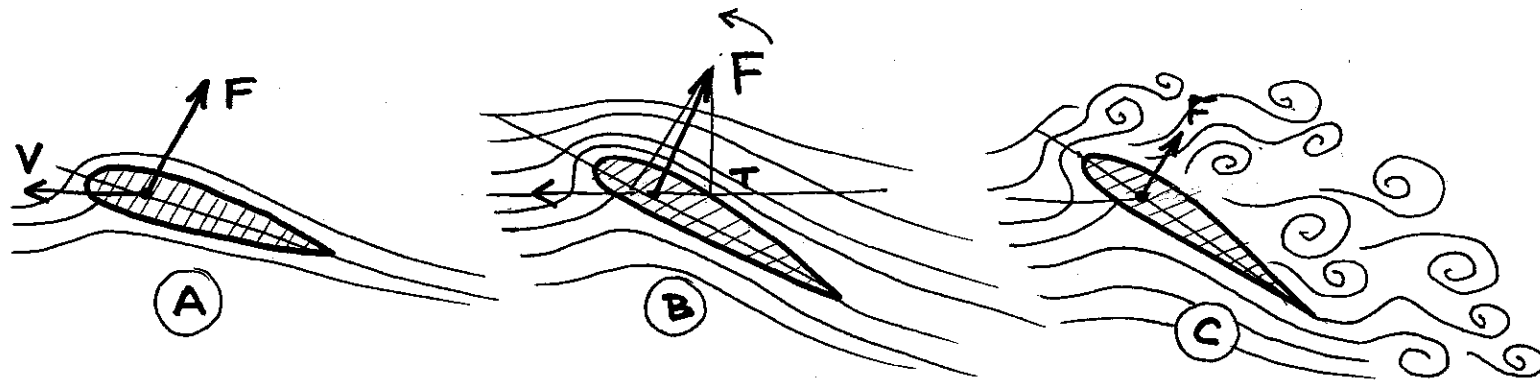
Díky tomuhle ovládání mě kluzák poslechne na to tata.

Tlačím na páku, nabírám rychlost.

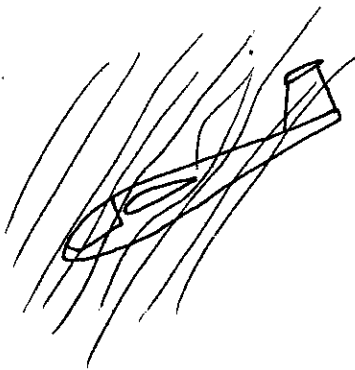


ODTRŽENÍ PROUDU



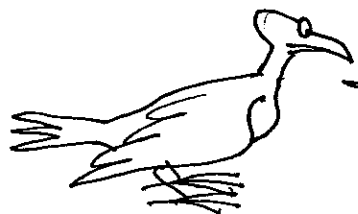


- Obrázek A, konfigurace normálního letu (mírný úhel náběhu).
- Obrázek B, let s velkými úhly náběhu. Aerodynamická síla se vždy promítá do směru rychlosti V , přičemž vzniká odpor T . Avšak překlopení této síly F dopředu způsobí, že se promítne dopředu roviny křídla.
- Obrázek C, vzduch už nedokáže obtékat zadní část profilu křídla. Za působení odstředivé síly se proud vzduchu **ODTRHNE**. Vztlak se zhroutlí. A "nazdar", kluzáku. Padá nosem dolů.

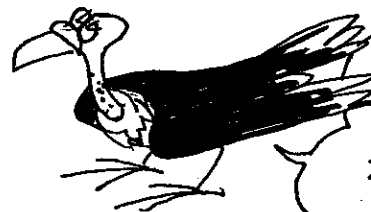


Po **ZTRÁTĚ ROVNOVÁHY** kluzák přirozeně nabere rychlost. Proudění vzduchu znovu **PŘILNE** k jeho profilu. Znovu se prudce vytvoří vztlak, v důsledku nabytí rychlosti V . Když pilot cítí, že dochází k odtržení proudění a kluzák padá, může návrat do normální konfigurace urychlit tím, že kniplem lehce sklopí nos, **POTLAČÍ ŘÍDICÍ PÁKU NA MAX. VÝCHYLKU**.

Ředitelství



Už se ti to někdy stalo, odtržení proudění?



Euh, no! Nad Andami. Dostal mě závan stoupajícího vzduchu, který způsobil **DYNAMICKÉ ODTRŽENÍ**.

AUTOROTACE

Klidně jsem si plachtil, spiráloval, hledal jsem něco k snědku, nějakou tu mršinu. Když tu najednou ... No, co ti budu vyprávět!!

Došlo k odtržení proudění, protože se změnil **RELATIVNÍ VÍTR**, a tím se zvětšil úhel náběhu?

Euh, jo. Jelikož je ale vnitřní křídlo v zatáčce pomalejší, proudění se odtrhlo právě u něj. Takže se to všechno převrátilo, točilo, hrozný malér!

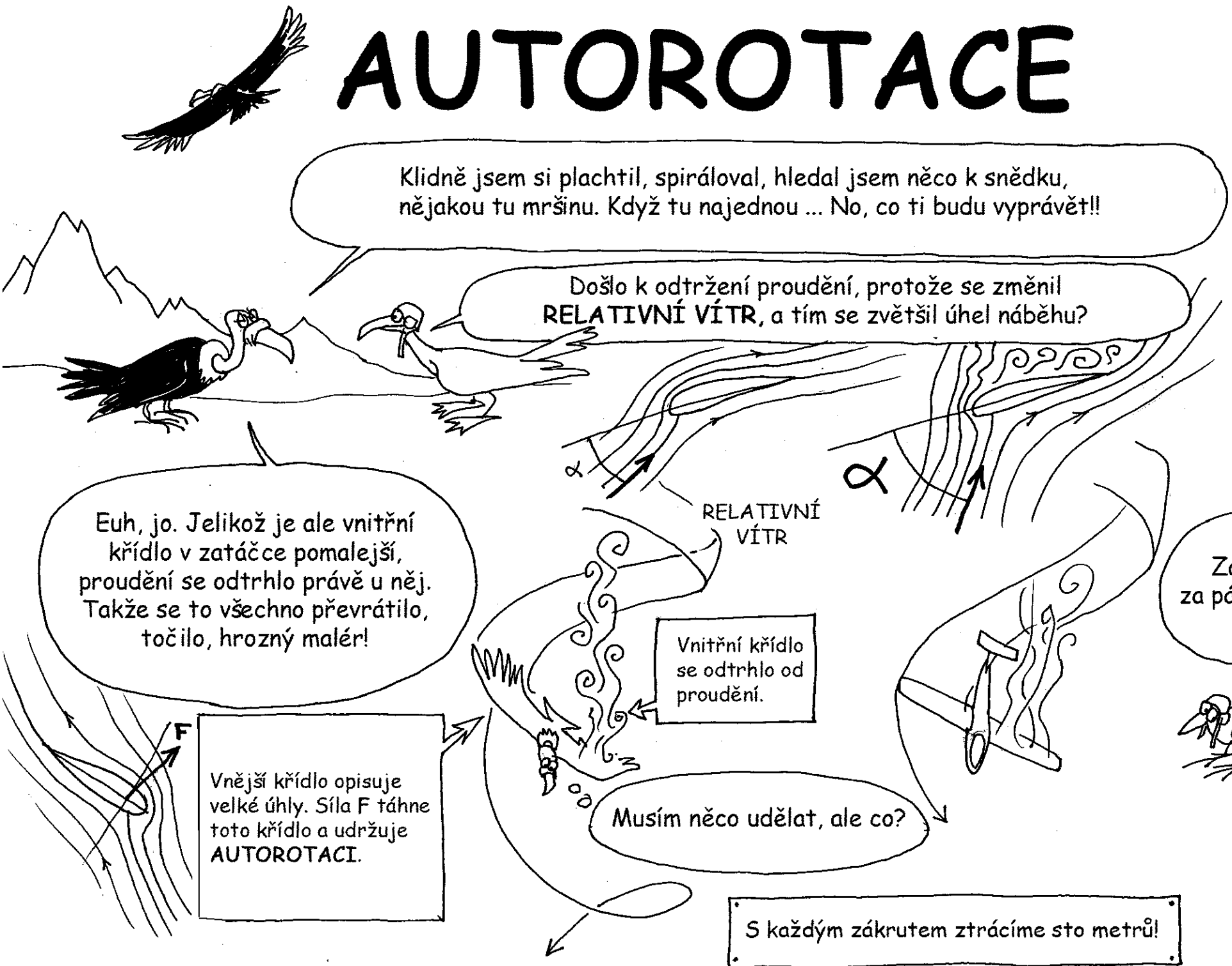
Vnější křídlo opisuje velké úhly. Síla **F** táhne toto křídlo a udržuje **AUTOROTACI**.

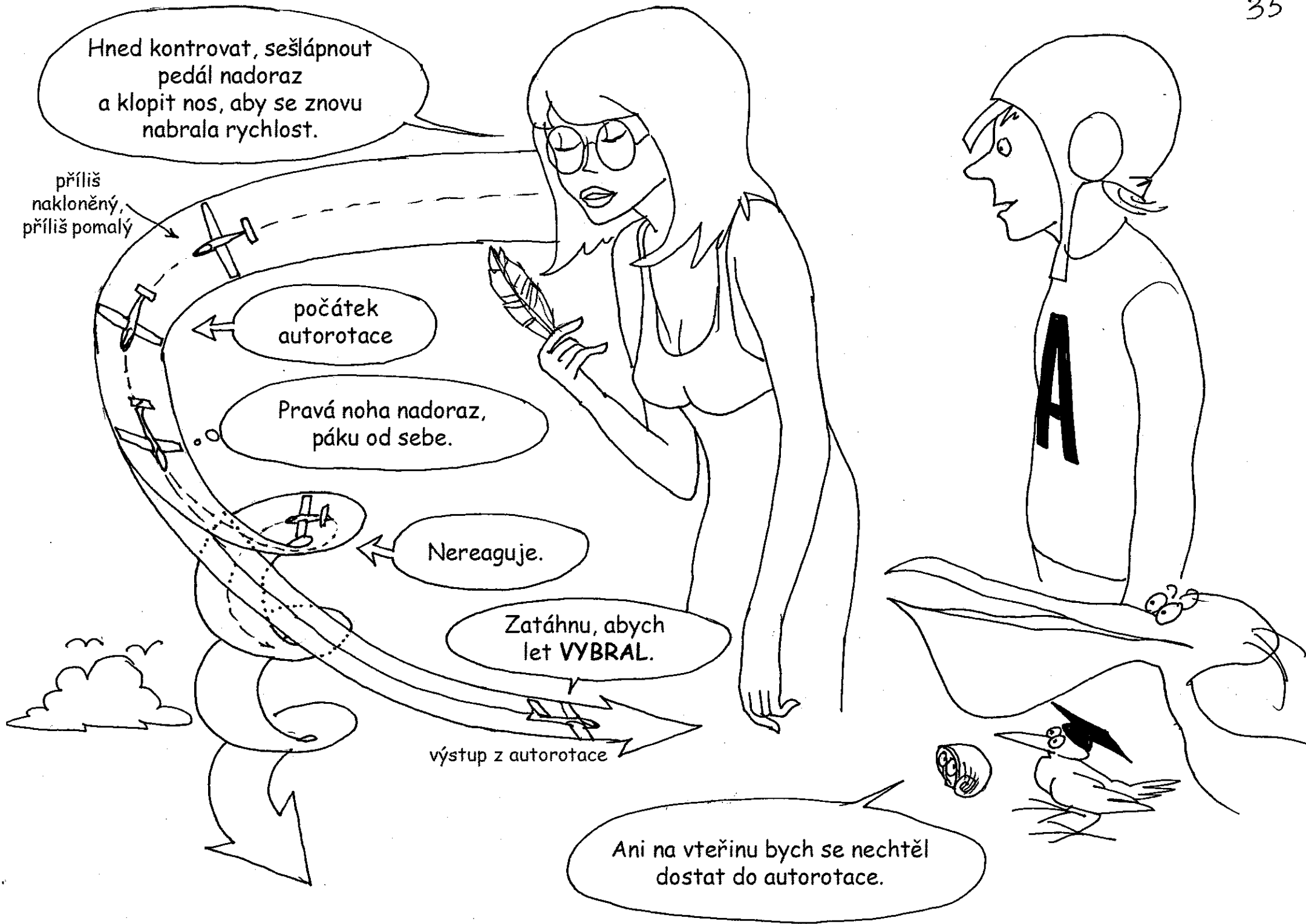
Vnitřní křídlo se odtrhlo od proudění.

Musím něco udělat, ale co?

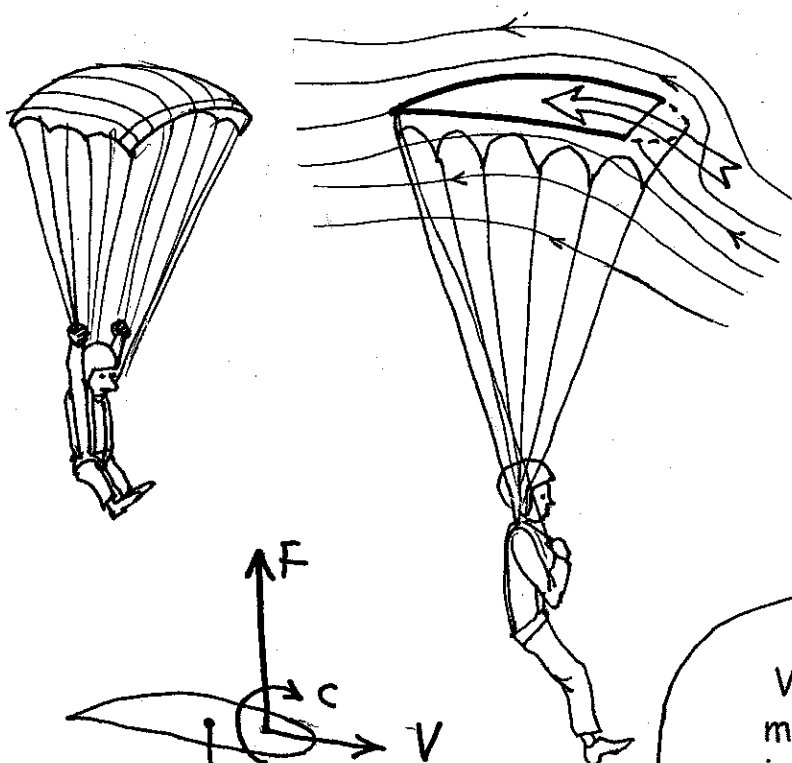
Zatáhnout za páku? **Hlavně to ne!**

S každým zákrutem ztrácíme sto metrů!



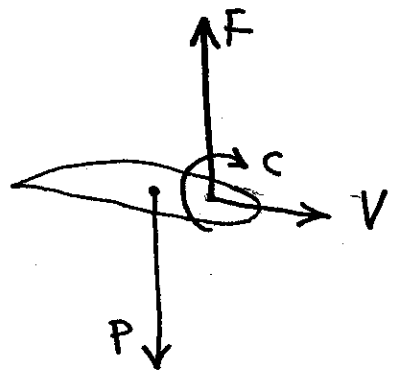


PARAGLIDING: KDYŽ SE Z VRCHLÍKU STANE RUBÁŠ



Paragliding se velmi podobá PADÁKU TYPU KŘÍDLO, který nahradil kruhový padák (*). Ten se dnes používá už jenom jako záchranný padák.

Výbava padáku je v kluzácích povinná. Srážka kluzáků:

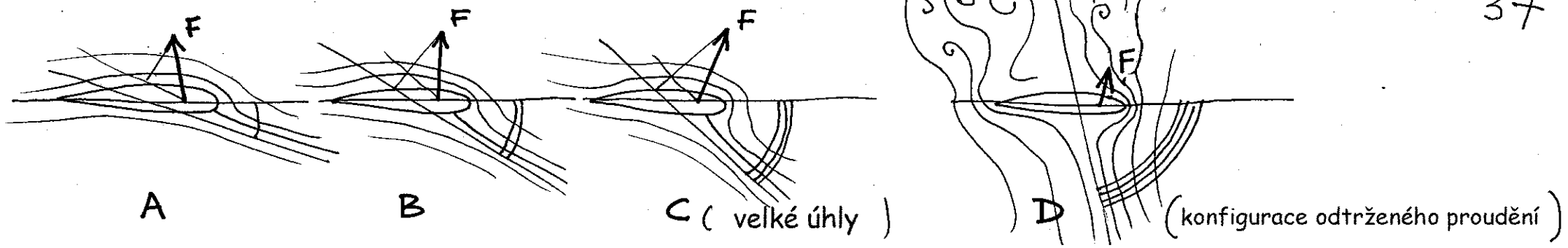


Vyvážení pilota vyrovnává klopivý moment křídla. Nafouknutí profilu je zajištěno díky přetlaku v přední části křídla, která je vyrobená z tkaniny se širokými oky.



(*) Vertikálně klesá rychlostí 6 m/s.

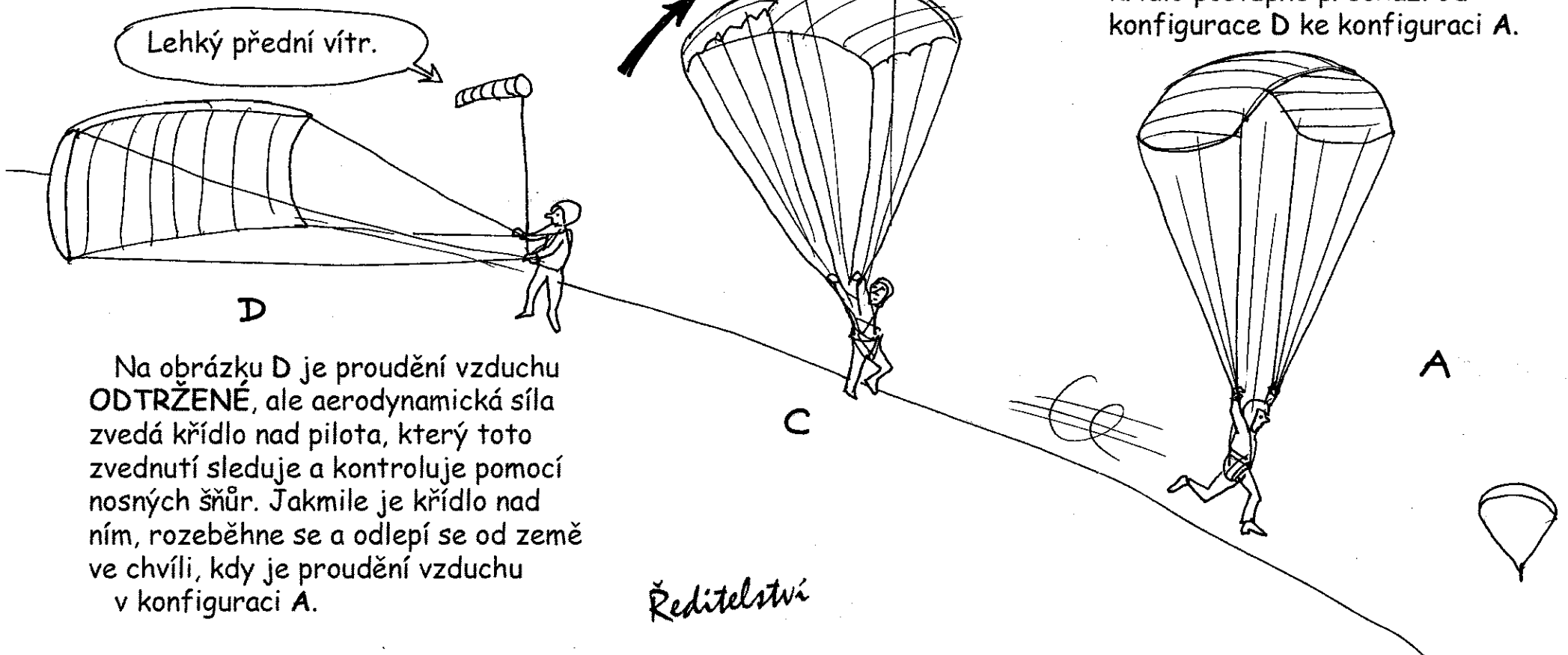
Rychlost klesání padáku typu křídlo: 2,5 m/s.



Víme, že aerodynamická síla působí na **AERODYNAMICKÝ STŘED** křídla ve 25% **TĚTIVY** a převrací se postupně dopředu, když úhel náběhu (směr **RELATIVNÍHO VĚTRU**) vzrůstá. Proudění vzduchu se nakonec **ODTRHNE**. Síla klesá, ale **ZŮSTÁVÁ NAMÍŘENÁ DOPŘEDU PROFILU**.

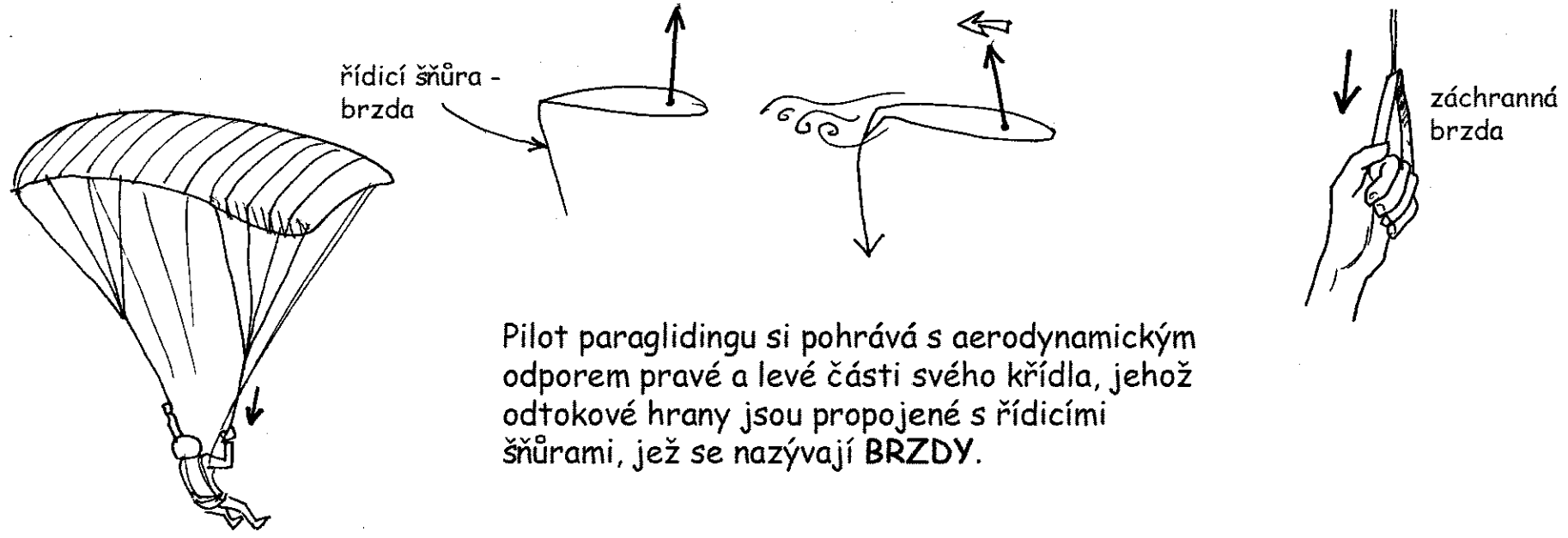
STARTOVÁNÍ PARAGLIDINGU

Křídlo postupně přechází od konfigurace D ke konfiguraci A.

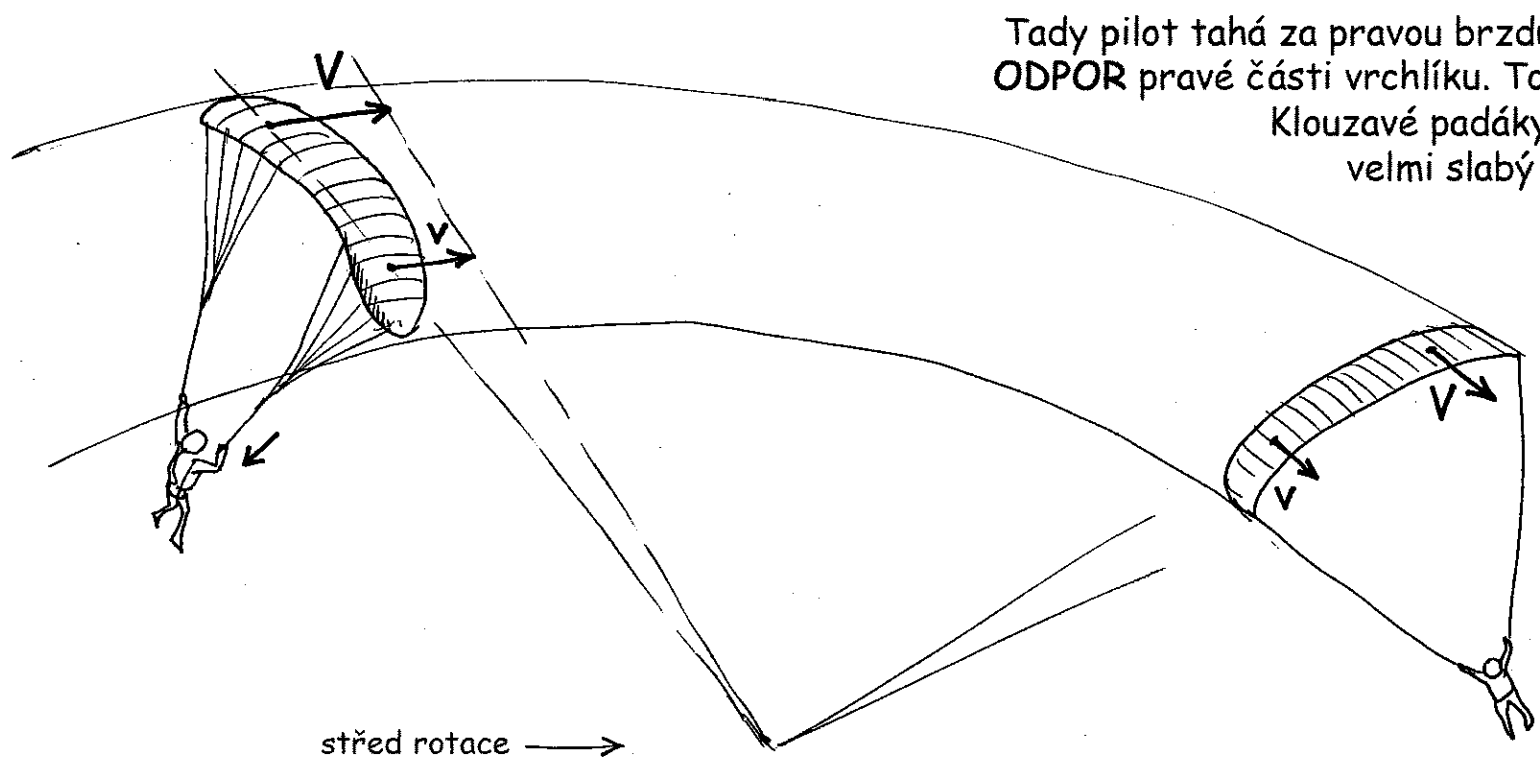


Na obrázku D je proudění vzduchu **ODTRŽENÉ**, ale aerodynamická síla zvedá křídlo nad pilota, který toto zvednutí sleduje a kontroluje pomocí nosných šňůr. Jakmile je křídlo nad ním, rozeběhne se a odlepí se od země ve chvíli, kdy je proudění vzduchu v konfiguraci A.

Ředitelství

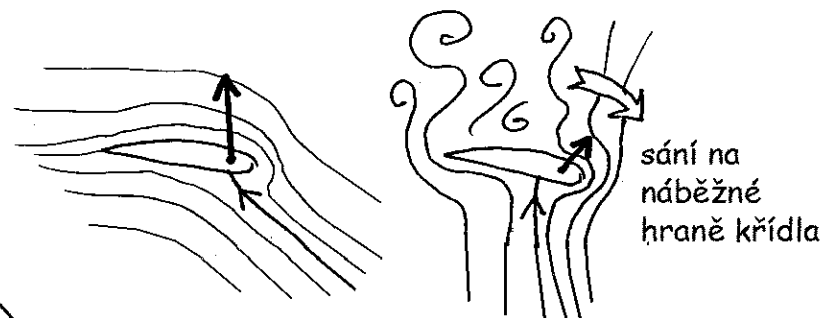
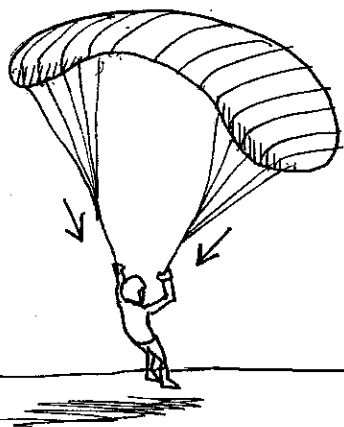


Pilot paraglidingu si pohrává s aerodynamickým odporem pravé a levé části svého křídla, jehož odtokové hrany jsou propojené s řídicími šňůrami, jež se nazývají **BRZDY**.



Tady pilot tahá za pravou brzdu. Zvětší se **AERODYNAMICKÝ ODPOR** pravé části vrchlíku. To způsobí velmi účinné zatočení. Klouzavé padáky létají pomalu a lehce přebírají velmi slabý poloměr zatáčky. Vnější strana křídla je rychlejší a zvedne se (**NAKLON NEZBYTNÝ PRO ZATOČENÍ**).

Když zatáhne za obě brzdy najednou, bude moci své křídlo zpomalit až na **RYCHLOST ODTRŽENÍ PROUDĚNÍ**. To je manévr, který se dělá těsně před dosednutím na zem, před **PŘISTÁNÍM**, aby se vyrušila jeho rychlost.



Ale kromě toho je tento manévr **VELMI NEBEZPEČNÝ**. Může také mimo jiné nastat pod vlivem **NÁRAZU PRUDKÉHO STOUPAJÍCÍHO VĚTRU**, který vyvolá **DYNAMICKÉ ODTRŽENÍ PROUDĚNÍ** vzduchu.



Dynamické odtržení proudění během letu uprostřed dne a s **TURBULENCEMI** v **ATMOSFÉŘE**.

pilot na
začátku
volného
pádu

Křídlo se prudce
převrátí dopředu.

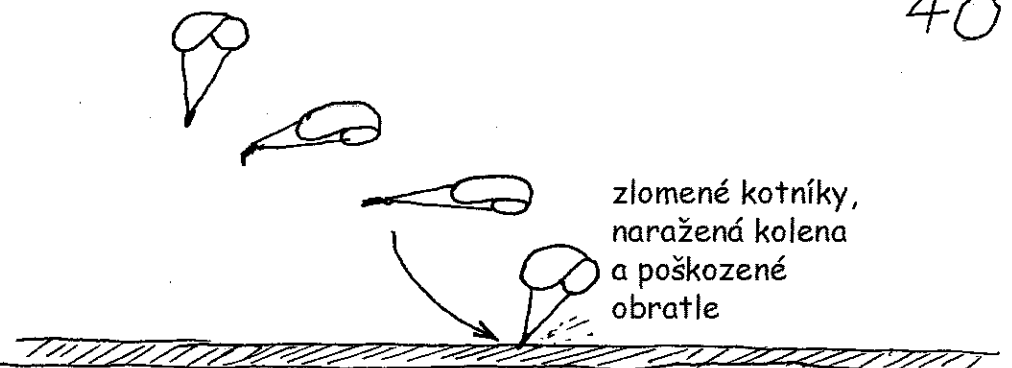
Překlopení aerodynamické síly dopředu profilu
pohání křídlo velmi rychle při skoro nulové
setrvačnosti směrem dopředu.

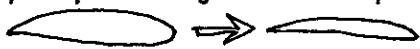
Pokud pilot tento pohyb nekontruje (*)
okamžitým zabrzděním vrchlíku, dostane
se vrchlík pod něj.

SPADNE DOVNITŘ A ZABIJE SE.

(*) Neupozorněný začátečník má naopak
tendenci ... všeho se pustit!

Jestliže k incidentu dojde při zemi a paraglidista má to štěstí, že se neocitl ve svém vrchlíku, může být jeho dosednutí na zem velice prudké.

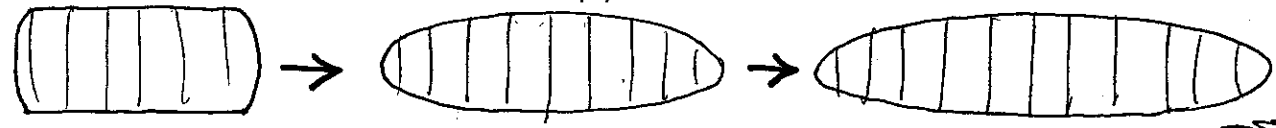


V leteckých sportech musí být vyřešen jeden kompromis mezi **VÝKONNOSTÍ** a **BEZPEČNOSTÍ**. Plochý profil  křídla umožňuje dosáhnout větších rychlostí, což budeme vyhledávat při létání z jednoho vzestupu do druhého. Čím je ale profil plošší ... tím je odtržení proudění vzduchu prudší. Výrobci se rovněž snaží najít způsob, jak zvýšit **KLOUZAVOST** (*) /ta se stane předmětem vyprávění později/. Aby toho dosáhli, snaží se zvětšit **ŠTIHLOST** klouzavých padáků, učinit je citlivými na **SLOŽENÍ VRCHLÍKU** v **TURBULENCÍCH**, které se projevuje ztrátou výšky minimálně o 50 m před jeho **ZNOVUOTEVŘENÍM**.



padák typu křídlo

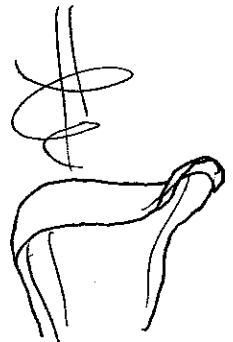
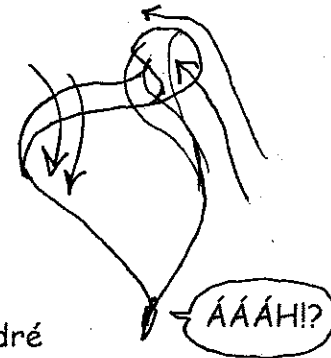
klouzavý padák se zvětšenou štihlostí



Moje klouzavost? Euh...

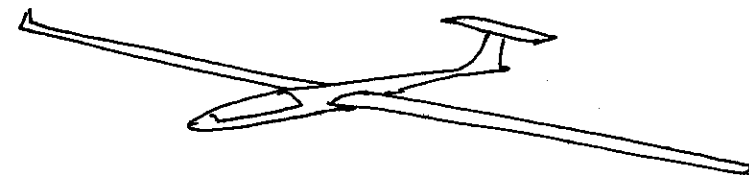
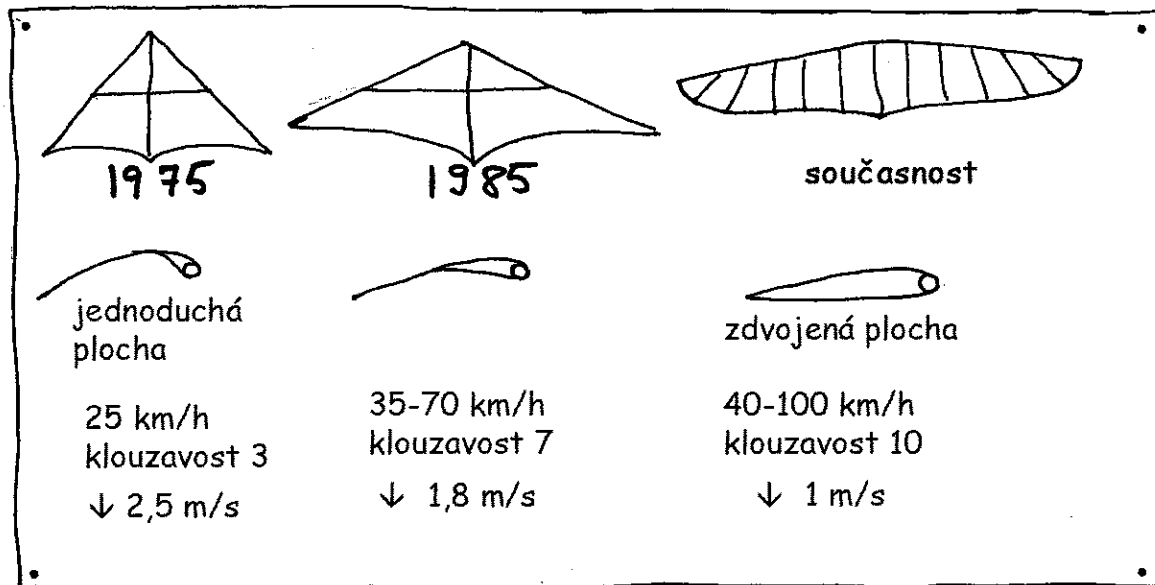


Krásný den, modré nebe, modré, nelze tušit ...



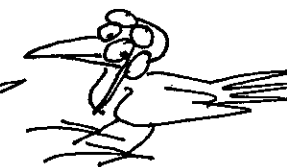
(*)
Od určité výšky h lze dosáhnout vzdálenosti: $d = fh$, kdy f představuje **KLOUZAVOST**.

Tento závod ve výkonnosti zasáhl rovněž i svět "deltových" křídel.



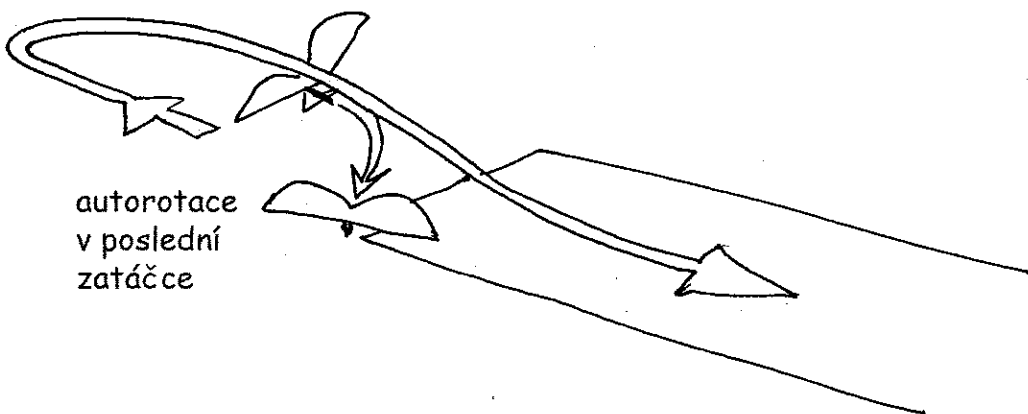
moderní větroně
65-90-170 km/h
klouzavost 20 až 60
↓ 0,5 m/s štíhlost 20 až 35

Musí být nalezen vhodný kompromis mezi výkonností a bezpečností.
U prvních rogal nemohlo dojít k nesouměrnému odtržení proudění vzduchu.
Moderní rogal s velkou štíhlostí a bikonvexním profilem se chovají jako běžná křídla a během odtržení proudění vzduchu při zatáčení se tedy mohou dostat do **AUTOROTACE**.

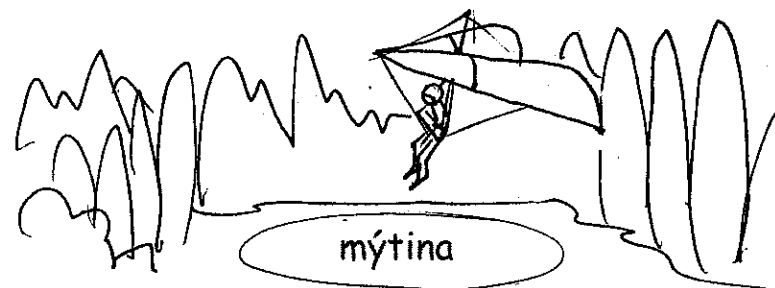


konečná zatáčka

autorotace
v poslední
zatáčce



6 m/s
padákový
sestup



První rogal mohla plachtit,
sestupovat vertikálně.

LETOVÁ OBÁLKA



Máme tři prvky:
 1 - aerologické podmínky
 2 - stroj
 3 - pilot

Existují určité aerologické podmínky, které vylučují vzletnutí některých létajících strojů.

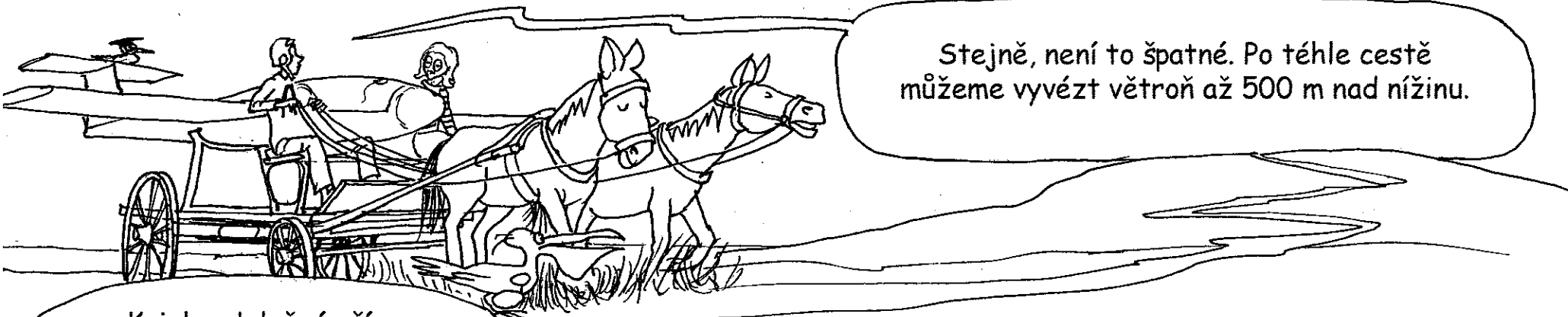
Nevím, co si o tom myslíš, ale já půjdu radši pěšky.

Paragliding je příjemný sport, kterým se člověk bez problému uvolní za klidného počasí, například brzy ráno, kdy je bezvětří a nehrozí žádné turbulence. Při turbulencích vzduchu je risk jistý.

Stroje, které si jsou zdánlivě podobné, mohou mít velmi odlišné letové obálky. Některé "se promíjejí", jiné nikoli. Závod ve výkonnosti, nemoc dnešního světa, dal vzniknout mnoha rizikům.

Ve světě letectví platí jedno klasické přísloví:
DOBŘÝ PILOT JE STARÝ PILOT.





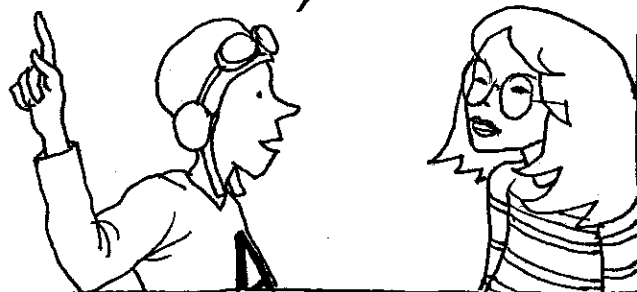
Stejně, není to špatné. Po téhle cestě můžeme vyvézt větroň až 500 m nad nížinu.

Knipl, pak Iněná příze (ukazatel směru větru), ta je dobré možná pro ženské.

Tak a jsme nahoře. Ale z jaké strany bychom měli odstartovat?

Podle síly větru. To je to, co u větroně vyhrává, aby nabral rychlost.

A směr větru? Je tu stará známá věc s nasliněným prstem.



Počkej, mám nápad. V tomhle horku mi bude lépe s krátkými rukávy. Najdi mi kus dřeva.



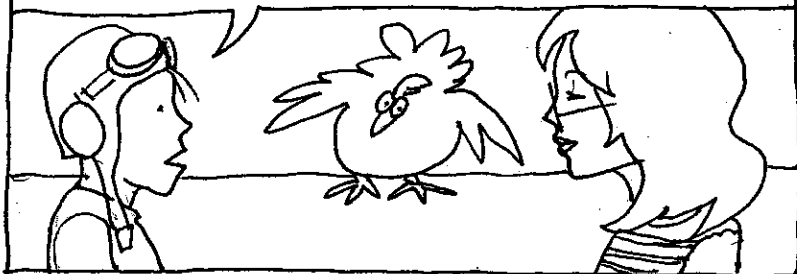
Leone, nezdá se vám, že trochu přeháníte?



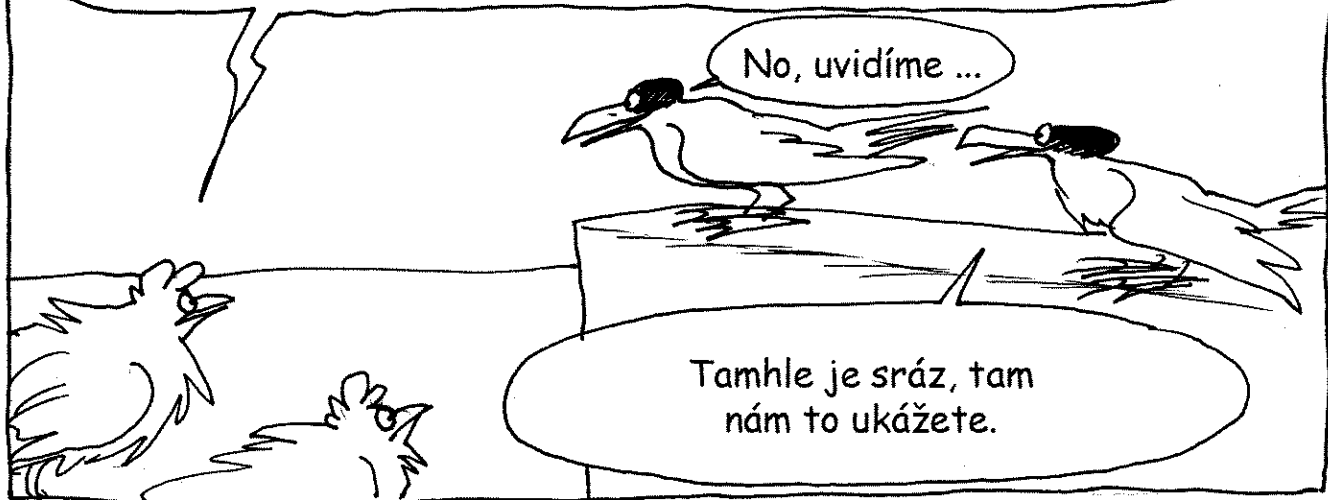
VĚTRNÝ RUKÁV



Všichni ptáci nejsou uděláni podle stejného modelu. Jsou i takoví, kteří budí dojem, že létají skoro bez mávání křídel. Naproti tomu jiní, jako třeba slepice ...



Neznamená, že když máte velká křídla, že se musíte vytahovat. Kdybychom měly pod křídly víc místa, taky bychom to uměly jako vy.



Tamhle je sráz, tam nám to ukážete.

Tak dělej, ukaž jim, co umíme, těmhle opelichaným rackům.

Kdybych byl o deset let mladší, nandal bych jim to!

Čest slepic je ve hře.

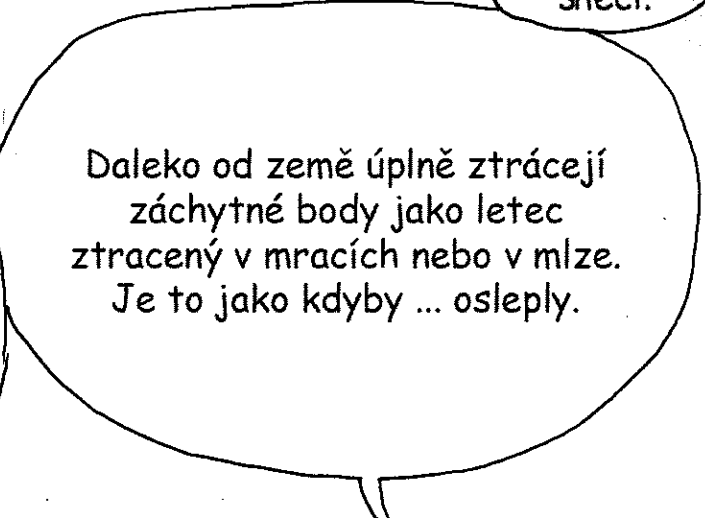
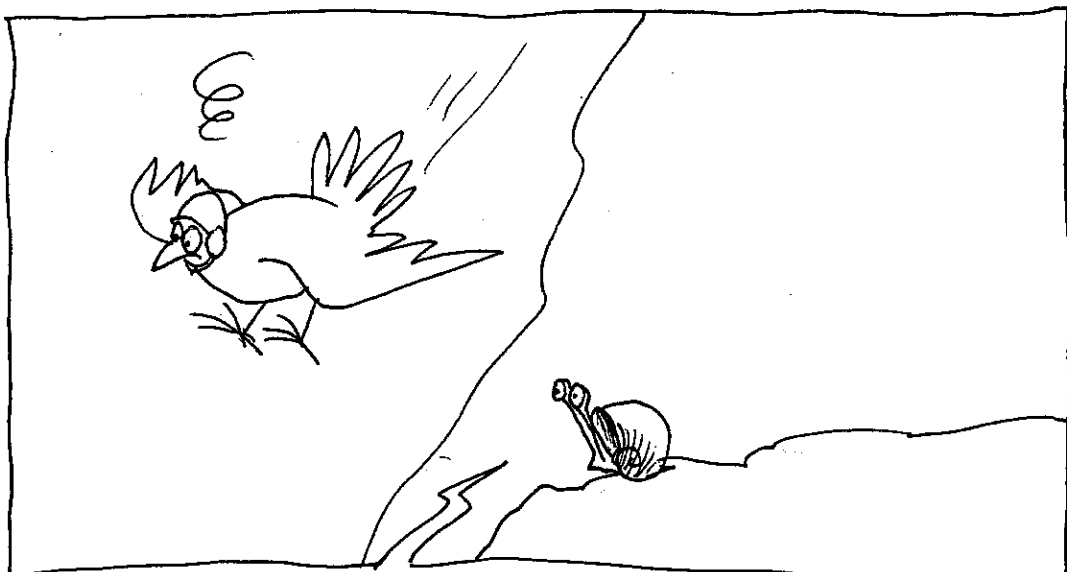
Bohužel slepice odhadují vzdálenost binokulárním viděním.

Jako šneci.

Daleko od země úplně ztrácejí záchytné body jako letec ztracený v mracích nebo v mlze. Je to jako kdyby ... osleply.

U tučňáka! Kde je nahoře a kde dole? Vůbec nic nepoznávám! ...

Jakmile se vzdálí od RELIÉFU, nebude schopna odhadovat vzdálenosti.



VÝVRTKA

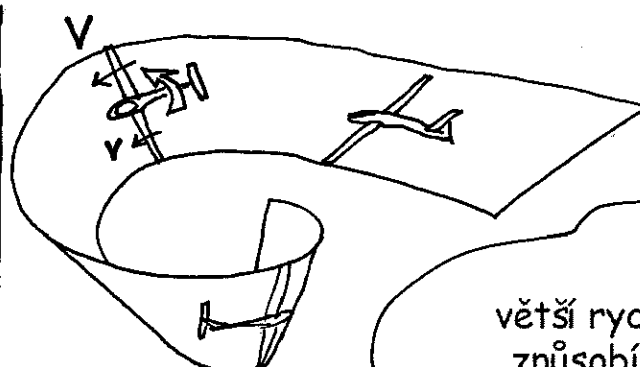
Nechápu to, můj ukazatel směru větru je uprostřed, kulička je vystředěná, řídicí páky jsou na neutrálu (...) a rychlost nepřestává stoupat.

V mracích si Anselme nevšimne, že už neletí rovně. Vlastně bez **UMĚLÉHO HORIZONTU**, který je stabilizovaný gyroskopem, nemá žádnou možnost odhadnout úhel náběhu a úhel sklonu. Může se tak ocitnout v nebezpečné situaci: ve vývrtce.

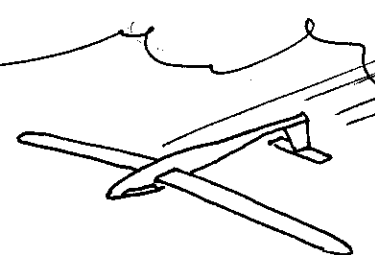
Slepice padá z výšky 200 metrů a ukazuje se, že není schopná zpracovat své vizuální informace, aby si vytvořila mentální trojrozměrnou představu o světě, v němž žije. Dostává se tedy do vývrtky, z které už nedokáže vylétnout (*).



Mayday!



Vnější křídlo vedené větší rychlostí oproti mase vzduchu způsobí **NÁKLON A ZATOČENÍ**.



Cože! Jsem na zádech?!?



Neuvěřitelné!



Stačí, když poletíš dvě minuty se zavřenýma očima a pak uvidíš.

(*) zaručené

(*) zaručené

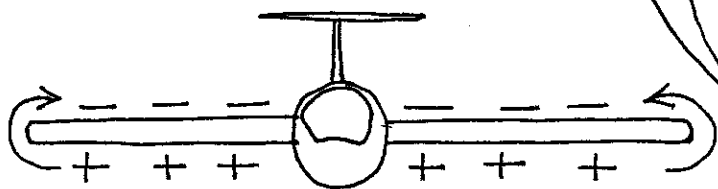
Ptáci, kteří vypadají, že létají bez toho, aniž by se příliš unavili, mají stále hodně natažená křídla - dravci, albatrosi.

Přešel jsi od rogala ke kluzáku s kokpitem, jenž má jedny z nehladších ploch. Ty slouží k maximálnímu omezení ztrát energie, které jsou spjaty s turbulencí. Ta vzniká přeletem tvého stroje. Ale je tu něco, na co jsi zapomněl.

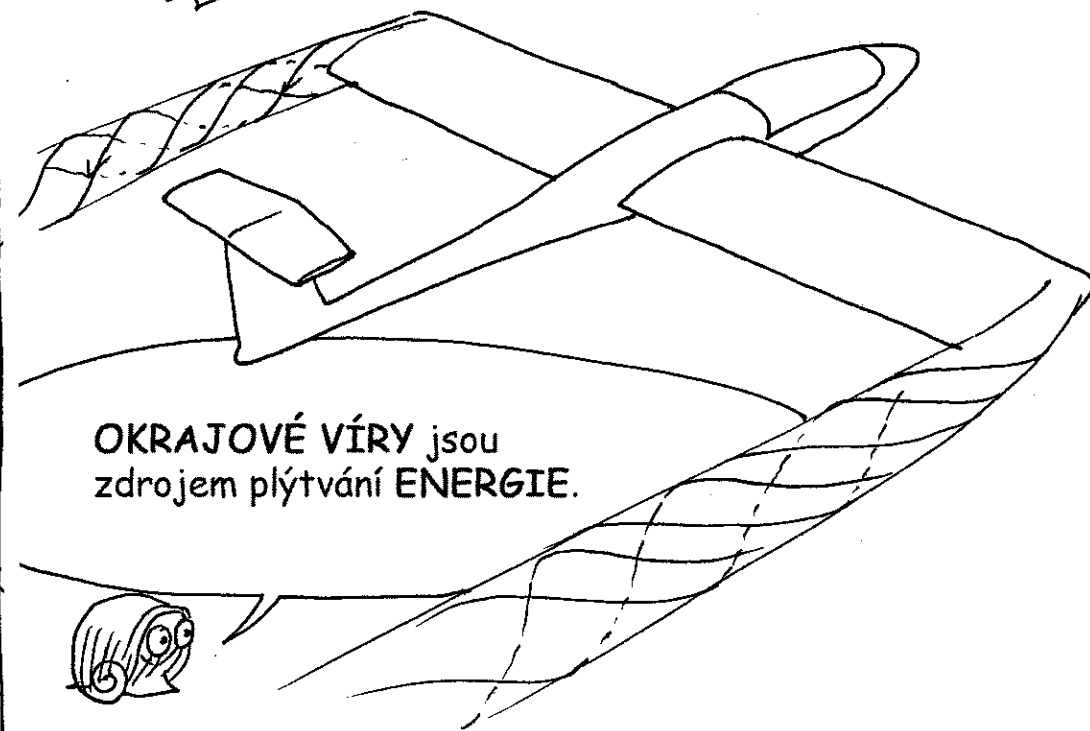
Proč?

Na co?

Fungování tvého křídla vyžaduje, abys vytvořil přetlak vespod, na **SPODNÍ STRANĚ PROFILU KŘÍDLA**, a podtlak nvrchu, na **HORNÍ STRANĚ PROFILU KŘÍDLA**. Takže se stane tohle:

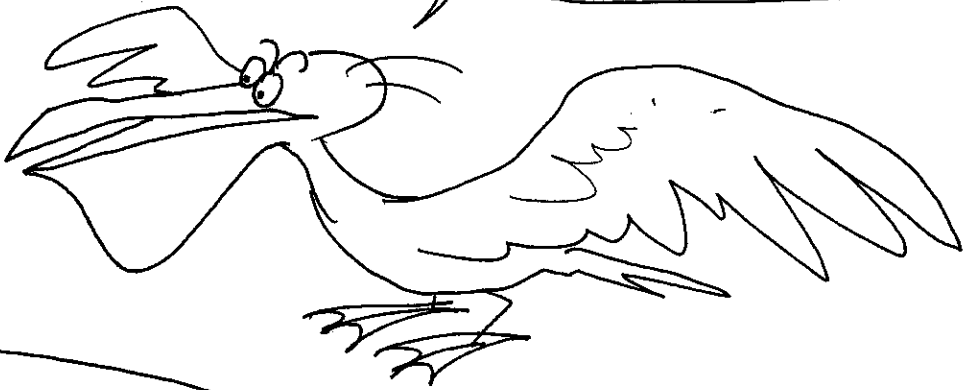


OKRAJOVÉ VÍRY jsou zdrojem plynutí **ENERGIE**.



Protože jsou hrany zdrojem ztráty energie, stačí je dát pryč, udělat křídlo bez hran.

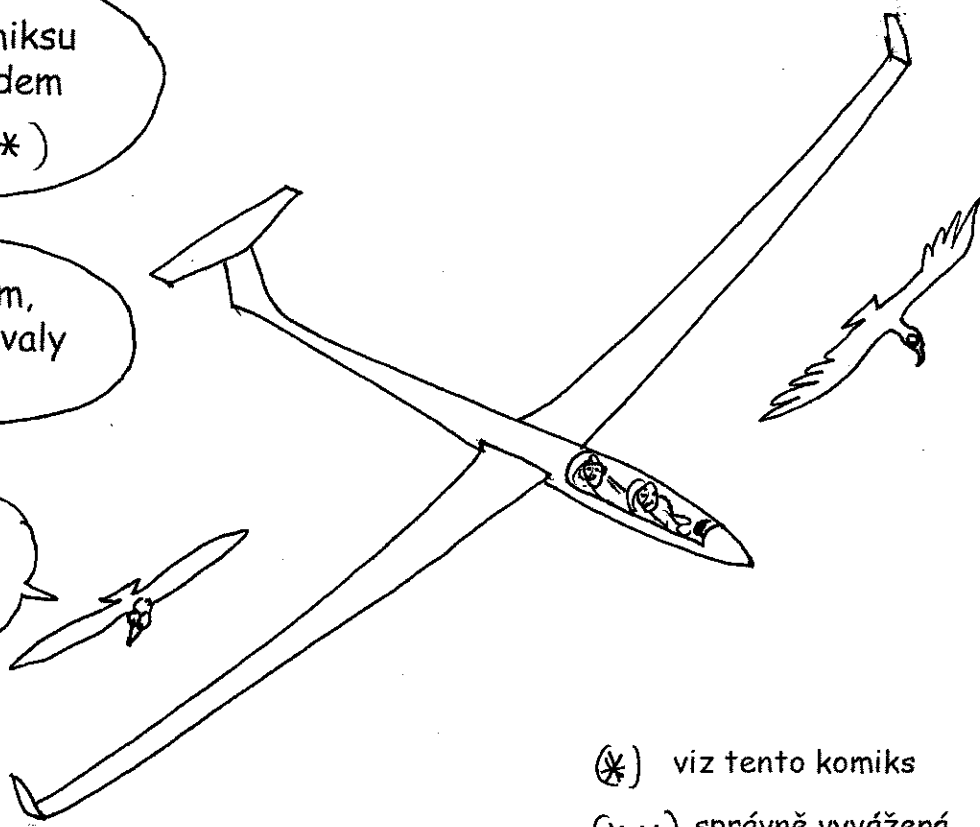
Tirésie, neříkejte hlouposti. Křídlo bez hran, to neexistuje !!!



Ale ano, existuje. Čaroděj Merlin ho popisuje v komiksu POPELKA 2000 na straně 33 a 34 (*). A mimochodem tahle křídla létají velmi dobře. (**)

Jiné řešení spočívá v prodloužení křídel na maximum, aby se tyto ztráty energie na konci křídel minimalizovaly na téměř žádné ztráty.

Proč jsou konce křídel zahnuté nahoru ?!?

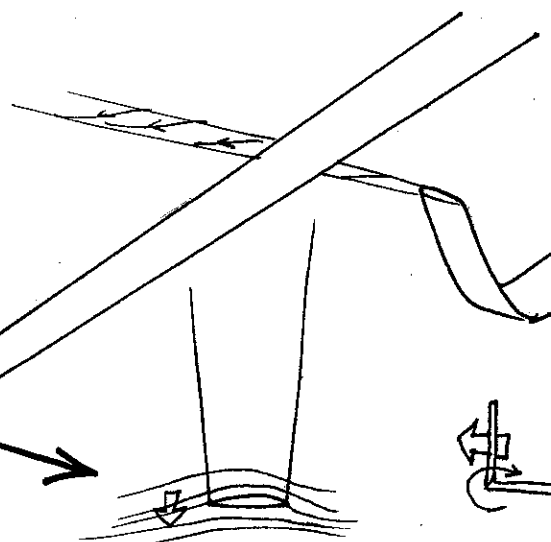
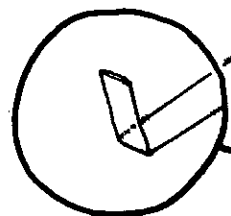


(*) viz tento komiks

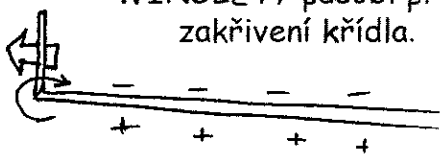
(**) správně vyvážená

WINGLETY

schematicky

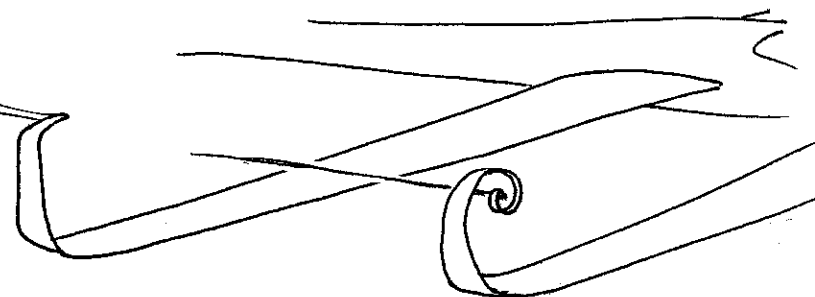


Rychlost indukovaná
WINGLETY působí proti
zakřivení křídla.



Schematicky jsou **WINGLETY** minikřídla umístěná kolmo k hlavnímu křídlu. Jejich profil vytváří (slabou) **INDUKOVANOU RYCHLOST OBTÉKÁNÍ**, která působí proti zakřivení konců křídel. To vychází z rozdílu tlaku, který vládne mezi spodní stranou profilu křídla a horní stranou profilu křídla: winglet tvoří svůj vlastní okrajový vír, ale zisk je tak zřejmý, že tento nápad, který se mohl objevit už před sto lety, dnes postupně ovládl celý letecký svět.

Já jsem vynalezl (WINGLET)?



Podle pokusů, které jsem prováděl na maketách, by nám měl tento nový kluzák při výškovém rozdílu $h = 500$ metrů dovolit doplachtit až tamhle k tomu širokému poli, které vidíme v dálce na horizontu a které je vzdálené $d = 20$ kilometrů (*).



Kupředu! Ukazatel směru větru pěkně doprostřed, optimální rychlost, abych dosáhl **MAXIMÁLNÍ KLOUZAVOSTI**.



Jak to skvěle klouže rychlostí 95 km/h!



Všechno jsem to zoptimalizoval: tloušťku profilu, ten je plochý pro menší odpor vzduchu. Přidal jsem také podvozek vtahující kola. Tentokrát jsem myslel na **VŠECHNO**. Nic jsem nenechal náhodě.



(* Což odpovídá KLOUZAVOSTI $\frac{d}{h} = 40$. Ale některé kluzáky dosahují hodnoty 60 (sklon klesání: 1 stupeň).

Skvělé přiblížení. Vytahuju podvozek. Při vstupu na dráhu jsem se obratným pohybem křídla vyhnul stromům.

Z dálky jsou sotva vidět.

Sofie, co se to děje? Úplně zahladíme terén!

Ty stromy měřily asi deset metrů, to prodlužuje tvůj let o 400 metrů.

A jo, máš pravdu. Snad nikdy nepřistaneme.

Moc tedy nechybělo!

No, tak přeci!
Brzdím jak šílený.

Ne zas moc, jestli nechceš,
abychom se převrátili.

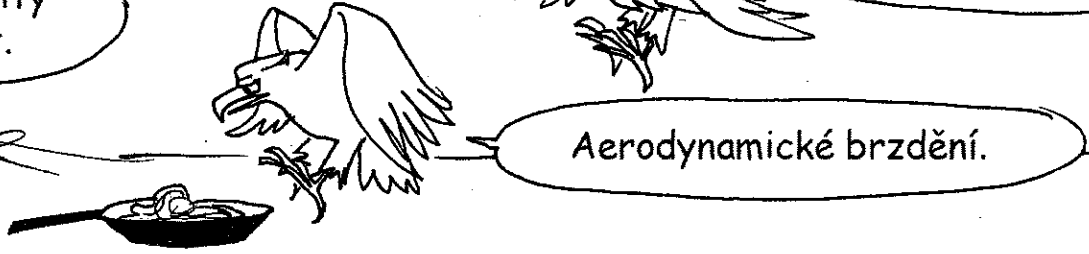
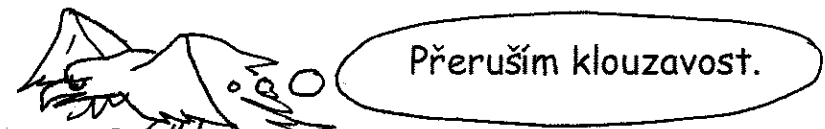
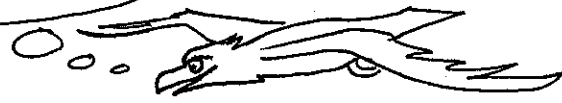
BÚÚÚ!

Myslel jsem, že tu krávu nabereme na čumák.

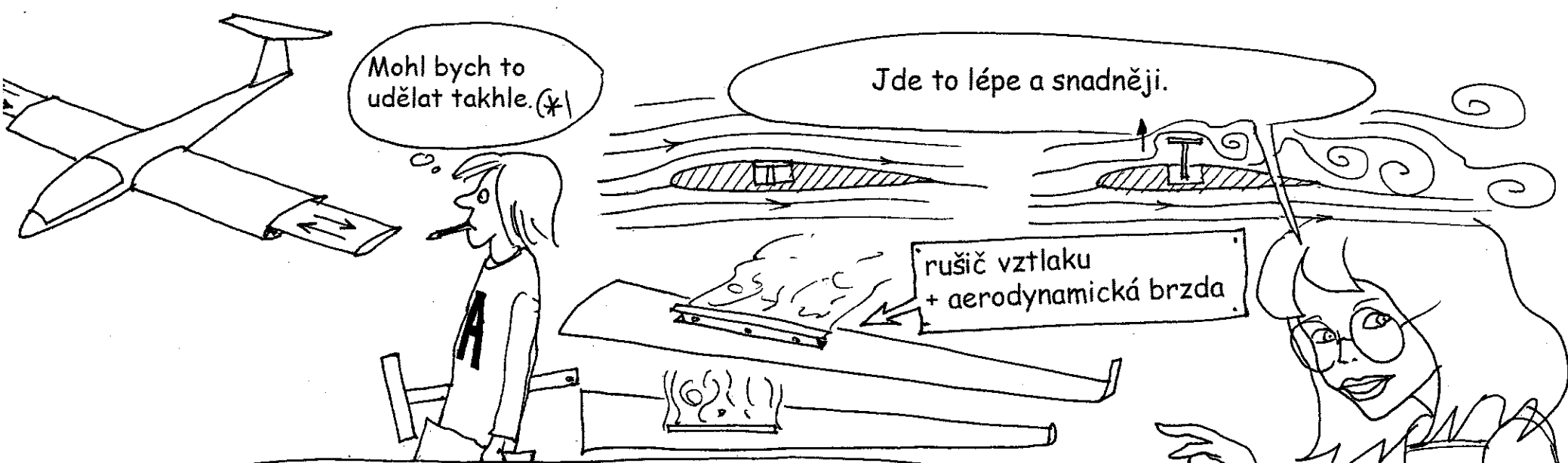
AERODYNAMICKÉ BRZDY



Hele, krvavé zbytky.



(*) Tuto zkušenost zažil autor v Simba Campu u kráteru Ngoro Ngoro v Tanzánii, když byl průvodcem Safari v Africe.



Mohl bych to udělat takhle. (*)

Jde to lépe a snadněji.

rušič vztlaku
+ aerodynamická brzda

Můžeš přidělat zařízení, které vyjede z křídla, zruší vztlak (SPOILER) v důležité části nosné plochy a vytvoří velmi silný odpor, kterým se stroj zbrzdí. Tedy při rychlosti 100 km/h můžeš klesat 4 m/s, což zmenší tvou klouzavost na hodnotu $\frac{28 \text{ m/s}}{4 \text{ m/s}} = 7$.

(**)

(**) Místo 0,5 na 1 m/s při normálním letu (ve vztahu k mase vzduchu).

Jedná se o rychlosti vůči mase vzduchu. S předním větrem je klesání větší.

Můžu kontrolovat klesání tím, že je více či méně vytáhnu, a na konci letu to bude působit jako brzda.

(**) Čísla jsou blízka výkonnosti současného "kluzáku průměrné školy", zbaveného klapek, jejichž klouzavost je ≈ 30 .

(*) Toto bylo vyzkoušeno pro letadla ve třicátých letech, bez většího úspěchu.