

Békési Bertold¹

FORGÓSZÁRNYAS LÉGIJÁRMŰVEK TÖRTÉNETE 1907-IG²

A repülés utáni vágyakozás olyan ősrégi, mint maga az emberiség. Az ember évezredek óta vágyakozik, hogy meghódítsa a levegő birodalmát, hogy úgy repüljön, mint a madarak, ennek eszközei pedig a légi járművek. Sokan megpróbálkoztak vele, sikertelenül. A repülés sajátosságos módjának tűnik a függőleges fel- és leszállás, sőt a lebegés ég és föld között. Az írásmű célja a forgószárnyas légi járművek történeti áttekintése a kezdetektől egészen 1907-ig, amikor is a francia Paul Cornu pár pillanatra felemelkedik a levegőbe kétrotoros helikopterével.

HISTORY OF ROTARY-WING VEHICLES UNTIL 1907

After the flight I'm so old as humanity itself. Man yearns for centuries to conquer the realm of air. Many people have tried it, without success. This means the aircraft. Flying is one of the most typical way of vertical take-off and landing. The paper will review the historical purpose of rotorcraft from the beginning until 1907, when the French Paul Cornu lifted into the air for a few moments twin-rotor helicopter.

„Ha egyszer megízlelted a repülést, utána úgy fogsz járni a földön, hogy szemed az eget fürkészi, mert ott voltál fent és oda vágysz vissza.”

Leonardo da Vinci³

MONDÁK ÉS LEGENDÁK

A repülés gondolata több ezer évvel ezelőtt született meg az emberek fejében. A madarak szabadrepülése az ember szemében olyan kihívás, amely egyre újabb és újabb kísérletekre ösztönzi.

Rajzok és szobrok formájában gyakran ábrázolták az emberi alakokat szárnyakkal az ókori egyiptomiak (i.e. 2000–3000 évvel). Hasonló motívumok találhatóak más nemzetek ősi műemlékein, mint például az asszír-babiloni, majd később a görögöknél és a rómaiaknál. Az első történelmileg hiteles repülési kísérletet a mondák hosszú sora előzi meg. A legrégebbi ezek közül az ókori kínából származik. **Sun** császár (i.e. 2258–2208) a monda szerint fiatal korban fogságba esik, ahonnan úgy szabadul, hogy a börtön tornyából két nagy ernyővel ugrik le. Olyan lassan ereszkedik, hogy sértetlenül ér földet, így elmenekül.

Másik ilyen legenda i.e. 852-ben **Bladud** (mondabeli angol király) szárnyakat kötöz magára és palotájának egyik magas tornyából a mélybe ugrik. A király Apollo templomára zuhan és szörnyethal.

A görög mitológiából jól ismert az a történet, amelyben **Daidalosz** és fia **Ikarosz**, úgy próbáltak megszabadulni Kréta királyának, Minósznak a fogságából, hogy az ezermester Daidalosz viaszból

¹ egyetemi docens, PhD, katonai műszaki tudományok, Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Üzemeltető Intézet Katonai Repülő Tanszék, bekesi.bertold@uni-nke.hu

² Lektorálta: Prof. Dr. Makkay Imre ny. ezredes, egyetemi tanár, Nemzeti Közszerológiai Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Katonai Repülő Tanszék, drmi48@gmail.com

³ Leonardo da Vinci: http://www.citatum.hu/szerzo/Leonardo_da_Vinci/2 (2014.03.14)

és madártollakból szárnyakat készített a maga és fia számára. Ovidius római költő az Átváltozások című művében a következőket írja Muraközi György fordításában: ... És oktatta fiát, így szólva: Repülj a középben, Icarus, intlek, mert tollad, ha nagyon leereszkedsz, elnehezíti a víz, túl fent meg a Nap tüze éri ... Az intelem azonban nem használt. Ikaroszt magával ragadta a repülés má-mora, feljebb, egyre feljebb vágyott, mígnem bekövetkezett a végzet: a Nap heve megoldvasztotta a viaszt, és a becsvágyó ifjú a tengerbe zuhant.

Wissmann: A repülés története Ikarosztól napjainkig könyvében egy germán mondáról ír. Ebben egy Wieland nevű kovácsról szól, amely az ún. Thidrek-monda része. Welent (Wieland) a jütlandi király udvarának híres kovácsa, aki urának a legendás Mímung-kardot kovácsolta. Viszály tör ki közte és Nidung király közt. A király Welent lábán az inakat elvágatja, hogy örök rabságban tarthassa őt. A kovács segítségül testvérét Egilt kéri meg, hogy gyűjtsön neki sok-sok madártollat. Ezekből sas-forma szárnyakat készít és testvérét megkéri, hogy próbálja ki azokat, tanácsokkal ellátva: „Széllel szembe szállj fel, magasra is meg messzire is repülj, de széliránt szállj le a földre.” A repülés olyan jól sikerül, hogy közben azon töpreng hogyan tarthatná meg a szárnyakat, de leszálláskor nagyot esik, majdnem elájul. Ezután Welent köti magára a szárnyakat, és a magasból így szól vissza testvéreinek: Félrevezettelek, amikor azt mondtam széliránt szállj le, nem bíztam benned, féltem nem adod vissza a szárnyat. Tudhattad volna, hogy a madarak széllle szembe szállnak fel is meg le is és hazarepült.

A monda azt bizonyítja, hogy már ilyen régi korokban is pontosan megfigyelték az emberek a madarak röptét.

REPÜLÉSI KISÉRLETEK

Az ókorban és a középkorban még kevés írástudó ember akad, így a kísérletek történeteit a szóhagyomány adja tovább. Wiessmann könyvében eképpen írja [68]:

Az első évszázadban (i.sz. 75–150) Suetonius történetíró Nero római császár élettörténetében a következő megjegyzést teszi: „Egy Ikarosz alighogy repülni kezdett ... a magasból máris Nero sátra mellé hullott és vérével öntözte a császárt.”

Ugyanakkor Galántai: A csapkodószárnyas repülőgépek története [12] című könyvében pedig a következőket írja:

„Simon mágus a hagyományok szerint Kr. u. 67-ben Nero (Kr. u. 54–68) szeme láttára zúzta volna halálra magát: “Az egyik műsorszám Icarusa, mihelyt felszállt – írja Suetonius (Kr. u. 69–122) kb. 50 (!) évvel az események után –, nyomban lezuhant Nero heverője mellett, még a vére is ráfröccsent a császárra.” Egy keresztény forrás (az Acta Petri et Pauli) azt véli tudni, hogy Simon egy fa tetejéről elrugaszkodva és szárnyaival csapkodva haladt előre, ám amikor a Nero villája melletti szent úthoz ért, a nyakát szegte (talán az út szentsége volt rá ilyen hatással).”

Tehát mintha csak a Daidalossal kapcsolatos hagyományok elevenednének meg ezekben a leírásokban.

Bödök [7] könyvében a következő eseményt említi meg: *Az arab krónikákban Abu Kvázim Abbasz ben Firnász repülési kísérletéről maradtak leírások, aki 880 körül Córdobában „testét tollakkal fedte be, hátára két szárnyat kötött, azután egy magaslatra ment, és leugrott on-*

*nét”. Az esemény végkifejletéről ugyan hallgat a krónika, annyit azonban megkockáztathatunk, ha a derék arabunknál nem volt tartalékban egy repülő szőnyeg is, akkor kísérlete szó szerint út-törő lehetett. Valamikor az első évezred fordulóján a perzsiai **Nisapurban Al Gabari**, karjaira deszkalapokat erősítve, próbált meg egy mecset tetejéről alászállni; életével fizetett vakmerőségéért. **1120-ban Oliver of Malmesbury** Benedek-rendi szerzetesnek állítólag már sikerült karjára-lábára kötözött szárnyakkal néhányszor tíz métert odébblibbennie, de ő is lezuhant és combját törte. Néhány évtizeddel később Konstantinápolyban egy **Agarenius** nevű szaracén törte magát össze egy hasonló meggondolatlan próbálkozás során.*

Ezen történetek is és Galántai [12] írásai megerősítik, hogy azokban az időkben az emberek foglalkoztak a repülés gondolatával. Azonban ezen történetek és más forrásokból lehet megítélni, hogy az embereknek akkoriban még meglehetősen ismeretlen volt a repülőeszközök építése és semmilyen komolyabb kísérletet ebben az irányban nem tudtak felmutatni. A legendában és a képi ábrázolásokban is mindig találkozunk a madár szárnyainak utánzásával, de a leginkább technikailag is korrekt kivitelek az ókori egyiptomiakhoz fűzhető. Évszázadok teltek el anélkül, hogy valami új történt volna a fejlődés területén.

„A jármű ötlete, amely képes függőlegesen felemelkedni a földről és mozdulatlanul lebegni a levegőben, valószínűleg akkor született, amikor az ember először álmodott a repülésről.”

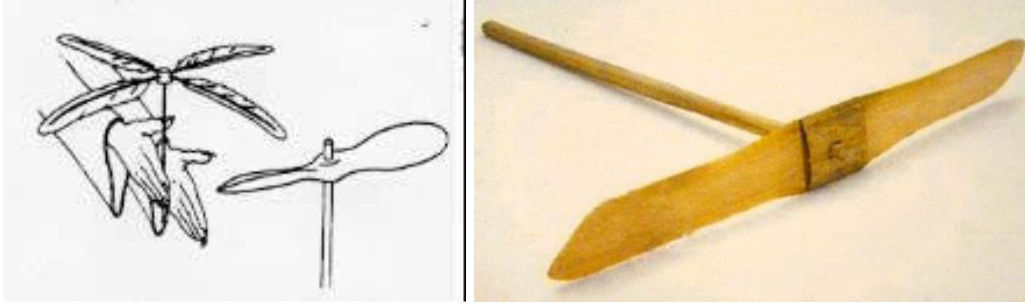
Igor Ivanovics Sikorsky

KORAI HELIKOPTER TÖRTÉNELEM – KORAI KONCEPCIÓK

A forgószárnyas repülés első koncepciója a kínaiak nevéhez fűződik, amely az i.e. negyedik századra tehető.⁴ A helikopter alapötlete – repülés a forgó vízszintes szárnyakkal vagy „rotorok” segítségével – egy egyszerű találmány, melynek legkorábbi változata az úgynevezett „kínai pörgettyű” (Chinese top), amely állt egy botból végén egy rotorlapát (lásd 1.ábra), melyet gyorsan a kezeink között fel kellett pörgetni, így létrejött a felvonó erő, majd ennek eredményeként a levegőbe emelkedett és megjelent a repülés, amely még mindig él a mai különböző formákban [2][15][42].

Ezen játékokat valószínűleg természeti megfigyelések ihlették, mint például Kínában a fügefá, hazánkban a hársfa termése, mely örvénylő, autorotáló mozgást végez a szélben [22][24]. A helikopter alapelve tehát a természetben is megfigyelhető volt, a jelenséget ma autorotációnak nevezzük.

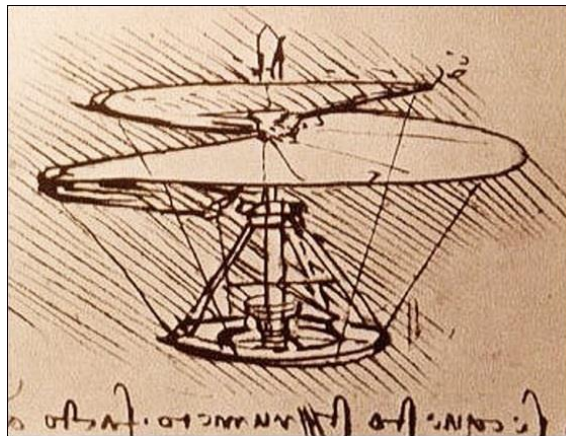
⁴ A "Pao Phu Tau" könyvben a "Mester" leírja, hogy egy "repülő autó" (Fei chhe) fából a belső részén a jujuba fa a visszatérő lapátok ökör bőr pántokkal rögzítve, hogy a gépet mozgásba állítsa be (Huan Chien i yih chhi chi). Ez az első rögzített írásos minta, a helikopterről [49].



1. ábra Chinese top⁵

A játék végül eljutott Kínából Európába festményeken, amely visszanyúlik egészen 1463-ig. Időben eljutottunk a reneszánsz korához, az egyetemes művészet egyik legnagyobb alakjához, Leonardo da Vincihez (1452–1519). Az itáliai festő, szobrász, építész, mérnök és feltaláló foglalkozott matematikával, fizikával, anatómiával, optikával, mechanikával és nem utolsósorban gépek konstruálásával is. A repülés kérdése is érdekelte, tanulmányozta a madarak röptének mechanizmusát, és számtalan rajz maradt utána különféle repülő szerkezetek terveiről [7].

Az akkori idők általános felfogásával összhangban Leonardo is úgy gondolja, hogy legegyszerűbben a madarak utánzásával lehet a levegőbe emelkedni. Leonardo a repülésről rengeteg vázlatot hagyott hátra, amelyek összesen kb. 160 lap terjedelemben különféle kézírataiban található, melyeket tükörírással írt. Ezek nagytöbbségét az 1505-ben írt a madarak röptével foglalkozó kódex ‘Codex Atlanticus’ tartalmazza. Ezt a tanulmányt négy könyvre osztja: 1. madárrepülés-sel; 2. siklórepüléssel; 3. rovarok, állatok és halak röptével; 4. a repülőszerkezetek építésével foglalkozik [68]. Vázlatai között találni izomerővel működtetett helikoptert, ejtőernyőt és merev szárnyú siklórepülőt is, jóllehet ezek sohasem készültek el. Érdekes módon a helikopter típusú légcsavaros szerkezet ötlete régebbi a klasszikus, szárnyas repülőgépekénél, ugyanis már Leonardo da Vinci fennmaradt rajzai közt is találunk egy hasonló légi járműre utaló vázlatot [7].



2. ábra. Leonardo da Vinci kézírata⁶

⁵http://4.bp.blogspot.com/-CPIhUPIzXCk/Ua-hRRRfnaI/AAAAAAAAA-M/fF2fZeg8o-w/s1600/propeller_web.jpg (2014.03.09)

Pedro Castillo, Rogelio Lozano and Alejandro E. Dzul: Modelling and Control of Mini-Flying Machines. Springer-Verlag London Limited 2005. http://api.ning.com/files/G1ksd8afs89keSgcy3fYDWtjKd9Y-Y*j0aqP3cpvmFMa9AvPi8ZWRLKwikam9-Ok4N2X7sTTBEeh75SaWpaFA_/ModellingandControlofMiniFlyingMachines1.pdf (2014.03.09)

1483-ban Leonardo da Vinci egy olyan szerkezetet tervezett (lásd 2. ábra), amely forgásba hozva a levegőbe emelkedik. Egyes szakértők úgy azonosították a légi járművet, mint a helikopter őst.

A helikopter (pontosabban a légcsavar), amelynek átmérője 8 m véleménye szerint működött is volna, a gyakorlatban azonban nem sok eredményt érünk el ezzel a konstrukcióval. A fő gondolat az volt, hogy ha egy csavaralakú szerkezetet gyorsan forgatnak az a levegőbe emelkedik (3. ábra). Leonardo da Vinci sokak által ismert helikopter elképzelése az első függőlegesen felszálló repülőeszközt ábrázolja. Ellentétben a modern helikopter forgószárny lapátjaitól, a szerkezetnek a levegőbe kellett volna emelkednie a XV. században a jól ismert Arkhimédeszi csavar segítségével. Annak ellenére, hogy a légcsavart kézzel kellett feltekerni, Leonardo da Vinci hitt a terve megvalósíthatóságában és így írja le: „... Azt tapasztaltam, hogyha ezt a csavar alakú szerkezetet jól készítjük el, vagyis olyan vászonból csináljuk, amelynek pórusait keményítőcsirizzel eltömítettük, akkor az gyors forgatásra a levegőbe csavarodik és fölemelkedik.” [2][14][15][16][21][26][44][45][46][49][59][63][68].



3. ábra. Leonardo da Vinci légcsavar makettje⁷

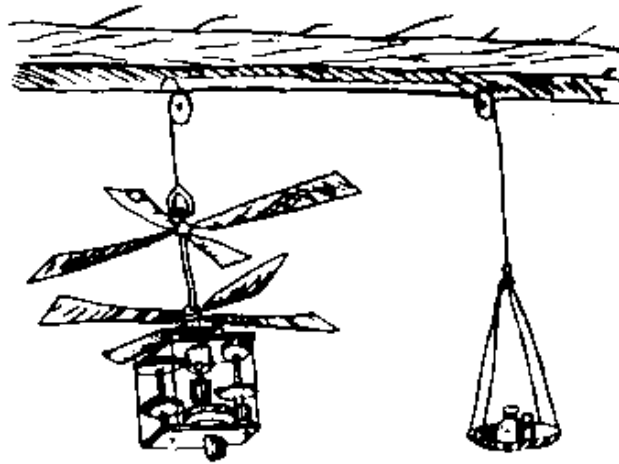
Ezek a tervek még nem voltak tökéletesek, mint minden első javaslat. Az ernyőn nem volt speciális nyílás a kupola tetején, amely biztosította volna a stabil süllyedést, továbbá a helikopter tervezésekor figyelmen kívül hagyták a reaktív nyomatékok hatását a légcsavar forgásától, amely forgatta volna a szerkezet alján elhelyezett konstrukciót. A légcsavar alakja sem volt a legjobb. Ennek ellenére mindkettő kiemelkedő műszaki előrelátásról tanúskodott. Leonardo da Vinci nagyszerű ötletei sokáig ismeretlenek maradtak, mivel a kutatásai eredményeit nem publikálta. Végeredményül, amire rájött Leonardo néhány évtizeden belül, az elhúzódt egy egész évszázadra [63].

⁶ http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/37/Leonardo_da_Vinci_helicopter.jpg (2014.03.14)

⁷ Leonardo da Vinci megépített találmányai Budapesten

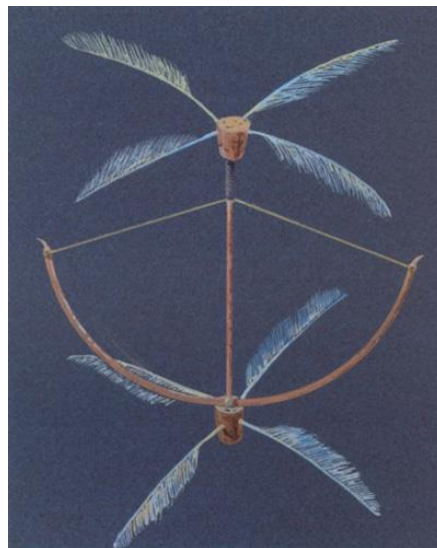
<http://archiv.magyarso.com/arhiva/2005/04/18/kepek/vincilegcsavar.jpg> (2014.03.09)

1754-ben Mihail Lomonoszov épített egy mechanikus rugó-alapú eszközt (óramű meghajtású helikoptert lásd 4. ábra), amely csigákon átvetett kötélén függő ellensúly segítségével képes a függőleges felemelkedésre és néhány pillanatra a lebegésre [17][22][33][48].



4. ábra Lomonoszov helikoptere⁸

1783-ban két francia a természettudós Christian de Launoy és a gépész Bienvenu segítségével egy koaxiális változatú szerkezetet hozott létre (lásd 5. ábra). Ezt a modellt a célszerűség és az egyszerűség jellemzi, a „kínai pörgettyű” („chinese top”) alapelve inspirálta [59]. Légszavarral négy-négy nagy madártoll szolgál, amelyet kissé rézsútosan egy dugóba tűznek. A hajtóerőt egy feszesre húzott íjjal állítják elő. Ha az emelőcsavarokat egymással ellentétes irányban forgatják, úgy ez a „helikopter” egészen addig emelkedik egyre feljebb a levegőbe, amíg az íj meg nem ereszkedik. Ezután a szerkezet lassan visszalibeg a földre [68]. Ez a tudományos kísérlet, két kis légszavarból állt egy rúd végén és egy íj feszülése adta mozgatóerőt, ami bámulatba ejtette a Francia Tudományos Akadémia tagjait 1784-ben.



5. ábra Launoy és Bienvenu szerkezete⁹

⁸ <http://ram-home.com/ram-old/ma-03.gif> (2014.03.12)

⁹ <http://www.helicopassion.com/images/Livres/HLG01t.jpg> (2014.03.12)

1786-ban, a francia matematikus Paucron kiadott egy könyvet „Theorie de la vis D'Archimedes”, amelyben javasol egy ember-szállító repülő gépezetet, és két légcsavart az egyiket a felvonóerőhöz másikat a meghajtáshoz. [21][46]

Az első ember, aki tudományos szintre emelte a repüléssel való foglalkozást egy angol kutató volt – Sir George Cayley (1773. dec. 27–1857. dec. 15). Számos aerodinamikai kísérlettel a háta mögött, rájött, mi a levegőbe emelkedés titka. Megfogalmazta a felhajtóerő, az ellenállás és a tolóerő alaptörvényszerűségeit. A 18. század végére Cayley több sikeres függőleges repülésen alapuló modellt készített. Ő tervezte és épített egy örvénylő-kar eszközt 1804-ben, ami valószínűleg az egyik első tudományos kísérlet, hogy tanulmányozza a szárnyakat emelő aerodinamikai erőket. Cayley (1809–1810) közzétett egy három részből álló tanulmányt, amelyben meghatározta az aerodinamika alapjait.

További sikeres helikoptermodelleket épít 1816-ban Jakob Degen, aki óraműmeghajtású szerkezetét ejtőernyővel párosítja (6. ábra), 1823-ban Sarti és 1834-ben Dubochet is [18][43][45][60][68].



6. ábra J. Degen (1816)¹⁰

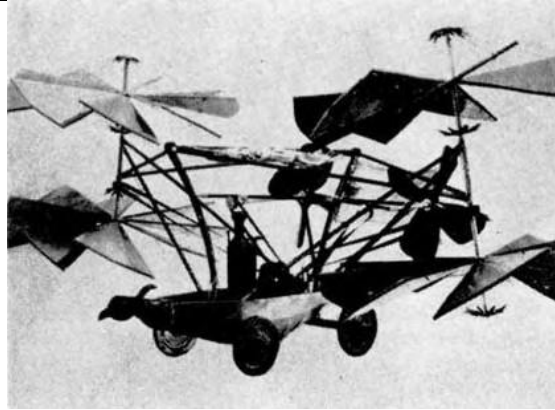
1842-ben¹¹ az angol Horatio Philipps a Heron-féle reakciókerekeket és az emelőcsavart házasítja össze egy helikopter szerkesztéséhez. A visszaható erőt kiáramló gőz szolgáltatja. Az így megszerkesztett repülőképes modell mindössze 9 kg-ot nyom [15, 67]. Bár nem praktikus, Phillips gépe jelentős volt, mivel ez az első repülőszerkezet, amely a gőz erejével emelkedik a magasba. A modellt 1868-ban Londonban a Crystal Palace-ban állították ki [11][22].

1843-ban Mr. Bourne angol mérnök Launoy rendszerét felhasználva egy helikoptert épített amelyhez íj helyett egy óraművet alkalmazott [45][60][68].

Az egyik első áttörés a helikopter fejlesztésben 1843 volt, amikor Sir George Cayley (a brit légiközlekedés atyja) tervezett egy repülőgépet, amely képes lebegni („Aerial Carriage”- „lebegő jármű”), aminek 4 rotorja volt páros koaxiális elrendezésben (lásd 7.ábra). Ez a furcsa jármű tökéletesített változata volt más korabeli elképzeléseknek. Azonban az egész csak egy ötlet maradt, mert az egyetlen erőművek, amik rendelkezésreáltak akkoriban a gőzgépek és ezek túl nehezek voltak a sikeres motoros repüléshez [13][16][21][22][24][25][26][46][59][68].

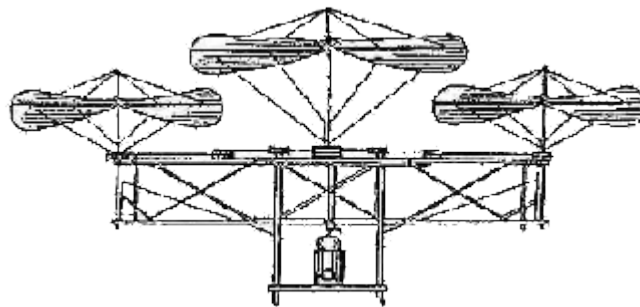
¹⁰ <http://alain.vassel.pagesperso-orange.fr/images/siecle19/degenn.gif> (2014.03.12)

¹¹ Egyes források szerint 1840-ben.



7. ábra Cayley „lebedő jármű” terve¹²

Cossus 1845-ben Elméleti gőzgépes helikoptert készített (8. ábra). A szerkezetnek három emelőcsavarja van, amelyből a két szélső csavar tengelye állítható. Ezzel a megoldással ezt a szerkezetet tetszés szerint bármely irányba lehet kormányozni. *Cossus* terve is azon hiúsul meg, hogy könnyű motorok akkoriban még nem állnak rendelkezésre. [13][14][16][25][26][45][46][49][60][68].



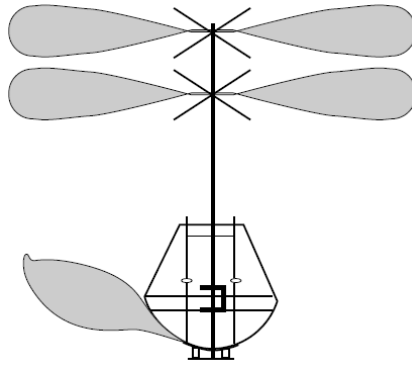
8. ábra. *Cossus* gőzgépes helikoptere (1845)¹³

A francia *Aubaud* sárkányrepülőgépből és helikopterből konstruált egy repülőszerkezetet 1851-ben. A gépet merev szárnyfelületek alkották, ezek felett a felszálláshoz két emelőcsavart helyezett el. Ugyanebben az évben *Le Bris* föleleveníti az egymással ellentétes irányban forgatható csavarpár gondolatát. Ezzel a megoldással ugyanis a készüléknek a csavaréval ellentétes, nem kívánatos forgása kiküszöbölhetővé válik [44][68].

Az angol *Bright* 1859-ben ellentétes irányban forgó légcsavarpárral ellátott helikoptert tervez, amelyet a pilótának izomerővel kellene működtetnie. Ezt a szerkezetet azonban *Bright* csupán léggömböknél kívánja alkalmazni, azt reméli ugyanis, hogy segítségével a ballont a függésben – ballaszt használata nélkül – bizonyos mértékig kormányozhatóvá tudja tenni. [9][30][44][45][68].

¹² <http://www.century-of-flight.net/Aviation%20history/helicopter%20history/images/5.jpg> (2014.03.29)

¹³ <http://www.century-of-flight.net/new%20site/images16/4.gif> (2014.03.29)

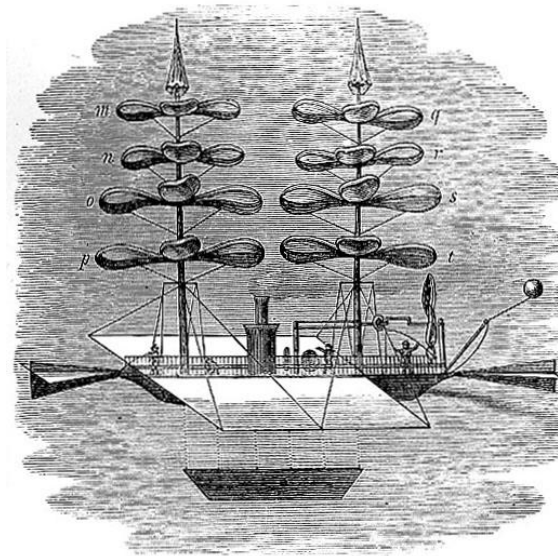


9. ábra Henry Bright 1859-es koaxiális szerkezetű szabadalma [35]

A helikopter iránti általános érdeklődés az 1860-as években jelentősen fokozódik, mert Guillaume Joseph Gabriel de la Landelle és *Félix Tournachon Nadar* hátat fordít a léghajózásnak és az aviatika lelkes szószólójává válik [68].

Hozzájuk csatlakozik *Ponton d'Amécourt*, és közzé teszi ezen trió megbízásából Nadar lelkesítő szövegét a *Manifeste de Vautolocomotion aérienne* (Kialtvány az önerejű légi közlekedésről) címmel. „A repülő” (*Aéronaute*) című folyóiratot és az „Aviatikai Társaságot” („*Société d'Aviation*”) hárman megalapítják, melyet később Francia Légiközlekedési Társaság („*Société Francaise de Navigation Aérienne*”) névre változtatják át. Így az aviatikusok olyan fórumra találnak a folyóiratban és az egyesületben, ahol már komolyan veszik őket. Victor Hugo, George Sand, idősebb és ifjabb Dumas, Jules Verne és sokan mások belépnek a Légiközlekedési Társaságba, amelynek tagjai kizárólag helikopterekkel foglalkoznak [45][68].

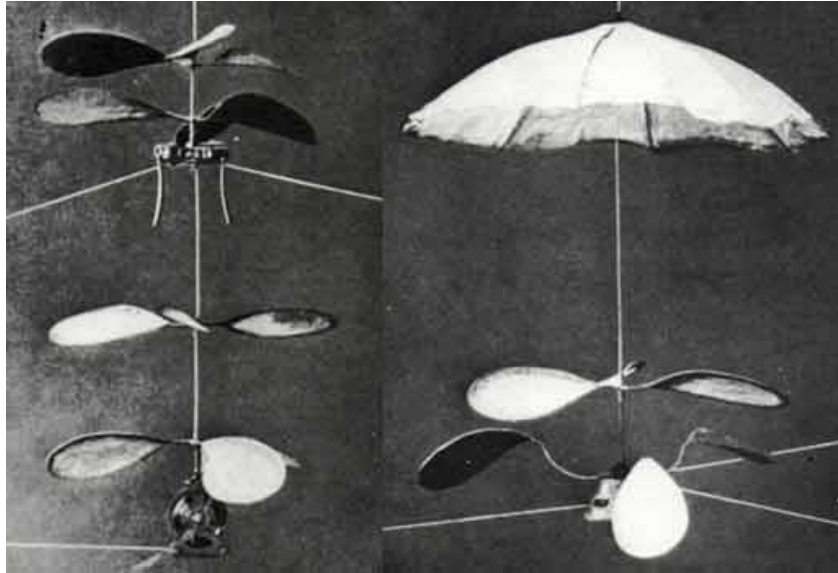
La Landelle például az Aviatika, vagy a ballon nélküli légiközlekedés (*Aviation, ou Navigation Aérienne Sans Ballon*) című könyvében egy utópisztikus helikopterhajó tervet tesz közzé (10. ábra). Többen is kemény kritikával illetik a nyilvánosság előtt. 1861-ben gyakorlati kísérletek során izomerő hajtotta helikopterrel mindössze 10 kg felhajtóerőt tudnak előállítani.



10. ábra La Landelle utópisztikus helikopter hajója (1863)¹⁴

¹⁴ <http://www.1902encyclopedia.com/F/FLI/flight-fig37.jpg> (2014.03.31)

A korai 1860-as években Viscount Gustave de Ponton d'Amecourt Franciaországban kísérletezett kis repülő koaxiális forgószárnyas repülőgép modellekkel (11. ábra). Ő nevezte el a gépet „HELICOPTERES”, amely a görög melléknévből „elikoeioas” származik, azaz spirál és a főnév „pteron,” ami azt jelenti, toll vagy szárny [22][24][52].



11. ábra Gustave Ponton d'Amecourt helikopter modelljei¹⁵

A helikopterelv helyességének igazolására egy *Joseph* nevű mechanikus Ponton d'Amécourt megbízásából 1865-ben egy gőzgéppel hajtott helikopter-modellt készített (12. ábra). A modell összmagassága 62 cm, tömege pedig 2,7 kg (víz és fűtőanyag nélkül). A gondosan megépített szerkezetet egy ellenirányban forgó légsavarpárnának kellene a levegőbe emelnie, de a gőzgép teljesítménye erre nem volt elegendő [30][68].

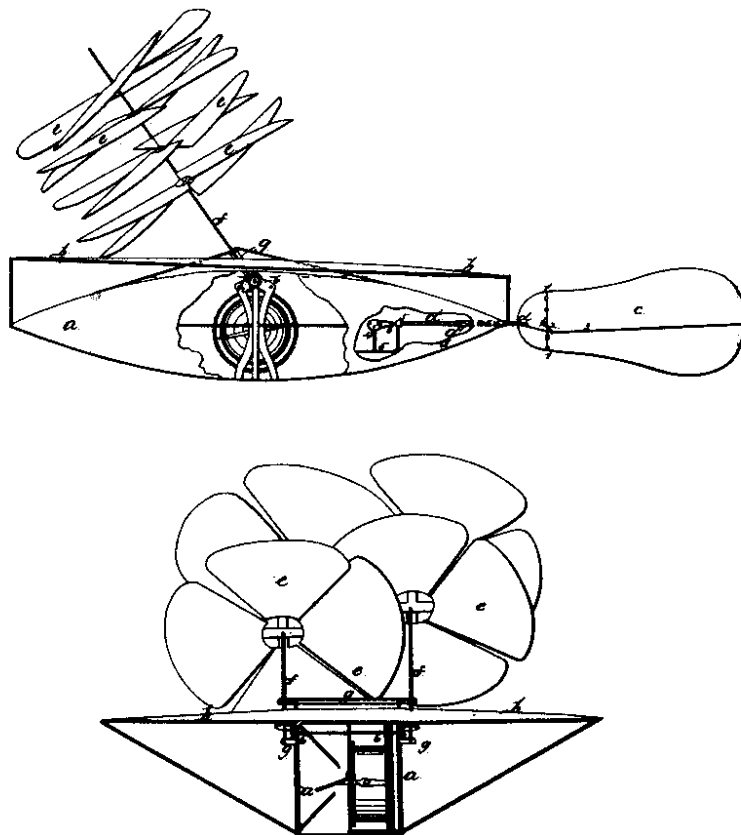


12. ábra de Ponton d'Amecourt helikoptere¹⁶

¹⁵ Alain Vassel: Les modeles reduits de machines volantes au 19^{eme} siecle. <http://alain.vassel.pagesperso-orange.fr/images/siecle19/pontonh.jpg>

1861 május 21-én Nelson Mortimer az Egyesült államok Szabadalmi hivatalában engedélyt kapott léghajó-helikopter lebegő járműve vázlataira (13 ábra). „Tartalmazott egy vége felé elkeskenyedő testet, egy körte formájú kormánylapátot a farok részénél, egy ejtőernyőt a törzs fölött és két vertikális tengelyt, amiken egy-egy pár rotor volt. Vásznat, vagy olajos selymet javasolt burkolatnak a testnek, a kormánylapátnak és az ejtőernyőnek. Úgy alakította ki a kormánylapátot, hogy az fel, le és oldalra is tudta irányítani a gépet.

Nelson helikopterének számos akkoriban újdonságnak számító megoldása volt. Ezek közül egy a rotor. Nelson nem nagyon törődött azzal, hányat tesz a gépre. Legalább kettőt akart rátenni, a többit pedig párokban elhelyezni. A rotorok és a tengelyeik függőlegesen, vagy rézsútosan előre felé lettek elhelyezve. A leírásukban mondta: „amikor a tengelyek függőlegesen vagy rézsútosan állnak, akkor előre hajtják a gépet.” Ezzel majdnem egy századdal előrebocsátotta egy új géptípus az „átváltható repülőgép” (convertiplane) létrejöttét.”[59]



13. ábra Nelson léghajó-helikopter terve¹⁷

Továbbá felfedezte, hogy a rotoroknak egymással ellentétes irányban kell forogniuk, hogy a nyomatékot kiegyenlítsék (ezért helyezte el párban a rotorokat.) A modelljének elkészítéséhez alumíniumot használt a sokkal nehezebb acél és fém helyett. Így gyakorlatilag sokkal több erőt lehetett a mozgatásra felhasználni a géptest felemelése helyett. Tehát egy olyan dologra jött rá, amit a mai gépeknél is felhasználnak a tervezők.

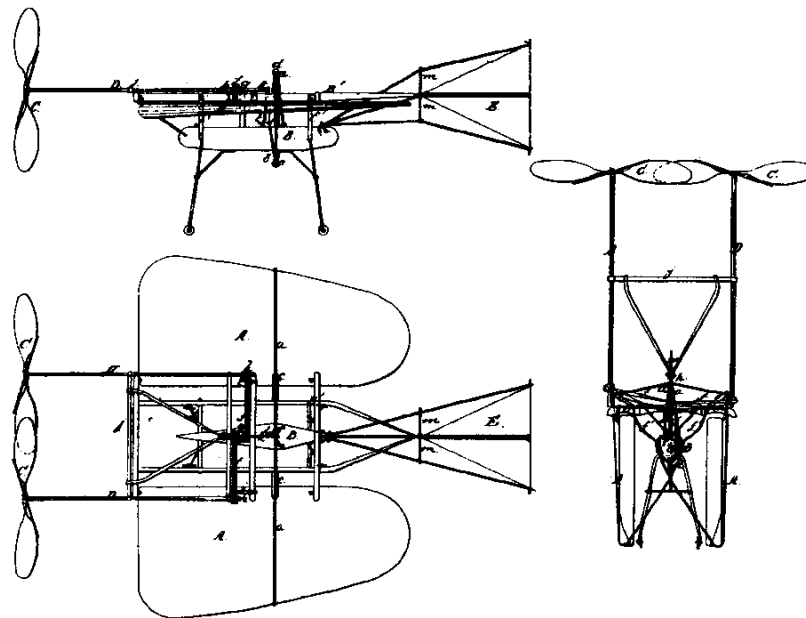
¹⁶ Présentation Hélicoptères la genèse, de Bernard Bombeau:

<http://www.helicopassion.com/images/Livres/HLG02t.jpg>

¹⁷ http://www.aviastar.org/foto/nelson_1.gif

„Az ejtőernyőt, vagy ponyvatehető Nelson nem a biztonság kedvéért rakta oda, hanem azért, hogy szárnyként funkcionáljon és felhajtóerőt termeljen a gép számára. Nelson elfelejtett gondoskodni egy nélkülözhetetlen dologról a szabadalmi leírásban: a hajtóműről. Egy szót sem ír arról, mivel hajtaná meg találmányát. Talán elővigyázatosságból, mert volt néhány meghajtásra vonatkozó ötlete a nehéz gőzgép helyett. Ennek bizonyítéka, hogy Nelson kísérletezett egy forradalmi belső égésű motorral. Erőfeszítései végül sikerrel jártak. Kapott egy másik szabadalmat is az új vegyi anyag keverékére, amit az új motorjában akart használni. „Carbo-sulph-ethyl”-nak nevezte el. Nelsonnak volt néhány nagyon optimista állítása az új üzemanyaggal és motorral kapcsolatban. Nemcsak hogy sokkal könnyebb az új motor a bevált gőzmozgónál, de kevesebb üzemanyaggal is ugyanazt az energiát tudja előállítani. Nelson Mortimer sajnos soha nem ültette át terveit a való életbe.” [30][59]

Időközben egy másik feltaláló Nyugat Dennisben, Massachusettsben az első helikopterszabadalom és az ezzel járó megbecsülésért harcolt. Ő Luther C. Crowell, és az ő légi eszköze volt az első olyan eszköz, amit a Szabadalmi Iroda is elismert 1862 június 3-án (14. ábra).



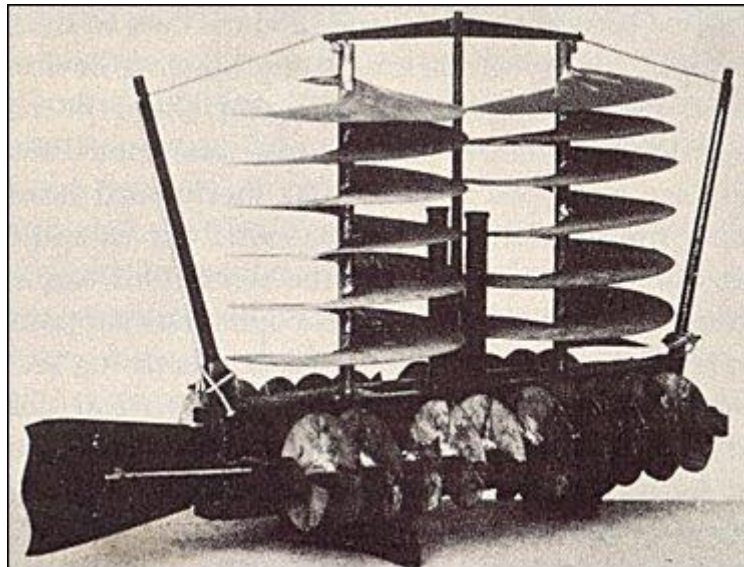
14. ábra Luther C. Crowell¹⁸

Crowell gépe sok sajátos mechanikai érdekességet tartalmazott. Az egyik ilyen például a két légszár, amelyek a tengelyekhez voltak rögzítve, és függőleges állásból vízszintesbe lehetett állítani őket. Ennek következtében amikor helikopterként repült a rotorok a gép törzse fölött voltak, vízszintes repüléshez a rotorokat le kellett engedni. Crowell azt is észrevette, hogy a rotoroknak ellentétesen kell forogniuk, hogy kiegyenlítsék a nyomatékot. Kiegészítésként a mozgatható rotorokhoz a tervező beállítható szárnyakat is felszerelt. A le- és felszálláshoz a szárnyakat le lehetett engedni vertikális állásba. A kívánt magasság elérése után a pilótának fel kellett állítania a szárnyakat vízszintes repüléshez. Egy másik érdekessége ennek a modellnek a szárnyakkal kapcsolatban, hogy üregesek voltak és meg lehetett tölteni őket hidrogénnel, vagy más levegőnél könnyebb gázzal. Borításnak fa és bármilyen olajos ruha, se-

¹⁸ http://www.aviastar.org/foto/crowell_1.gif (2014.04.01)

lyem megfelelt a géphez. Ha egyszer fent volt a magasban, a helikoptert bármely irányba el lehetett kormányozni egy piramis formájú kormánylapáttal, ami a gép farkához volt erősítve. Ezt kötelekkel és csigákkal oldották meg, amiket meghosszabítottak a pilótafülkéig [30, 65].

Williams C. Powers kapitányt az Unió blokád - a Szövetséges állások körül - vette rá, hogy megalkossa saját repülő masináját. Úgy gondolta, ez egy fantasztikus eszköz lenne arra, hogy megkerüljék az Unió tengerészetet, ami nem engedte behozni a nagyon is szükséges háborús ellátmányt. Továbbá meglátta, hogy megfigyelésre és felderítésre is lehetne használni találmányát. Ez elég kezdetlegesen nézett ki és jóformán semmi hasonlóságot nem mutatott egy légijárművel. A helikopternek két rotoregysége volt (spirálcsigára emlékeztető légcsavarakkal). Az egyik része a helikopter függőleges emelkedéséért felelt, a másik pedig a vízszintes repülésért. Valószínűleg egy gőzmotor felelt a meghajtásáért (15. ábra).

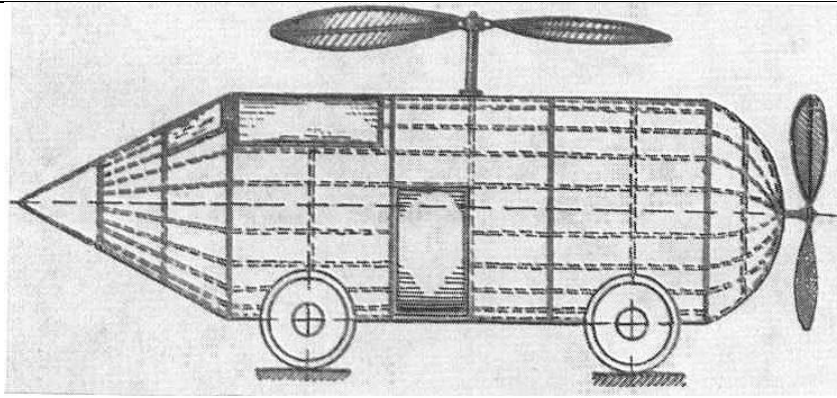


15. ábra Williams C. Powers kapitány helikopter terve¹⁹

A szövetséges katonatiszt helikoptere viszonylag korszerű felfedezés volt. Valószínűleg azért nem épített normál méretű modellt, mert félt, hogy az az Unió kezébe kerül, és a Szövetségesek ellen kerül felhasználásra [30][59][65].

1869-ben *A. N. Lodigin* neves orosz elektrotechnikus, az ívlámpa főtalálója egy helikoptertervet nyújt be hadügyminisztériumának. E szerkezetnél kormányzási célokra két elektromotoros meghajtású és állítható tengelyű légcsvár szolgál, ezek közül az egyik vízszintes, a másik pedig függőleges elrendezésű (16. ábra). [39][40][41]

¹⁹ <http://www.aviastar.org/foto/powers.jpg> (2014.04.01)



16. ábra Lodigin helikopterterve 1870²⁰

1870-ben *Alphonse Pénaud*²¹ egy gumimotoros meghajtású és ellentétes irányban forgó légszavarpárral ellátott helikoptermodellt készít (17. ábra). A forgatóerőt megsodort gumiszálak ereje szolgáltatja. A modell 15 méter magasságra emelkedett. Pénaud „helicopter”-ének kitűnő repülési tulajdonságai voltak. Többen terveit lemásolják és előadások alkalmával demonstrációs célokra használják. A Wright testvérekben²² is ez a helikoptermodell ébreszt lelkesedést a repülés eszméje iránt [13][26][30][52][68][69].

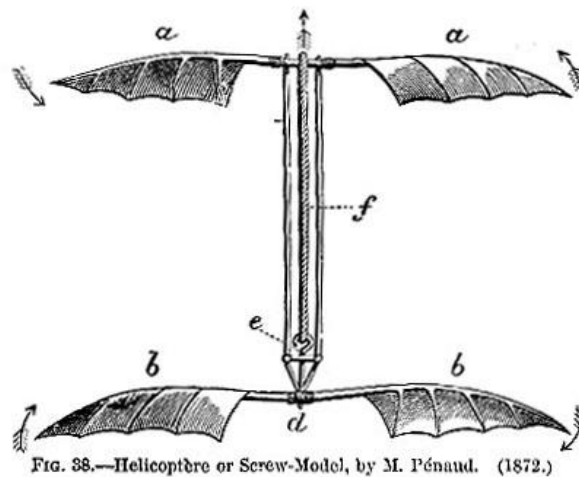


FIG. 38.—Helicoptère or Screw-Model, by M. Pénaud. (1872.)

17. ábra Alphonse Pénaud helikopter modellje.²³

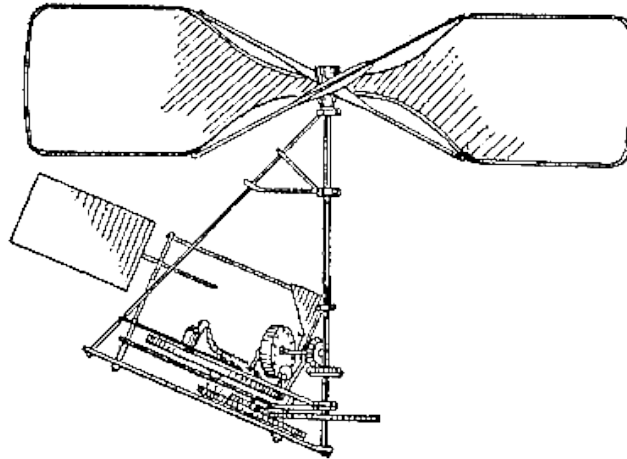
1871-ben *Pomés* és *de la Pauze* épít egy helikoptert (18. ábra). A forgószárnylapátok meghajtására egy puskaporral működő motort (ami a mai rakétameghajtás egyik előfutára volt), kormányzás céljaira pedig egy oldalkormány szolgált volna, de a tervei sosem épültek meg [30][59][68].

²⁰ <http://www.tambovlib.ru/books/image/elektrolet.jpg> (2014.03.13)

²¹ la Landelle hathatós segítségével nyerte meg az aviatika ügyének.

²² Wilbur Wright (1867. április 16. – 1912. május 30.) és Orville Wright (1871. augusztus 19. – 1948. január 30.). Wright fivérek: http://hu.wikipedia.org/wiki/Wright_fiv%C3%A9rek (2014.03.30)

²³ <http://www.1902encyclopedia.com/F/FLI/flight-fig38.jpg> (2014.03.31)

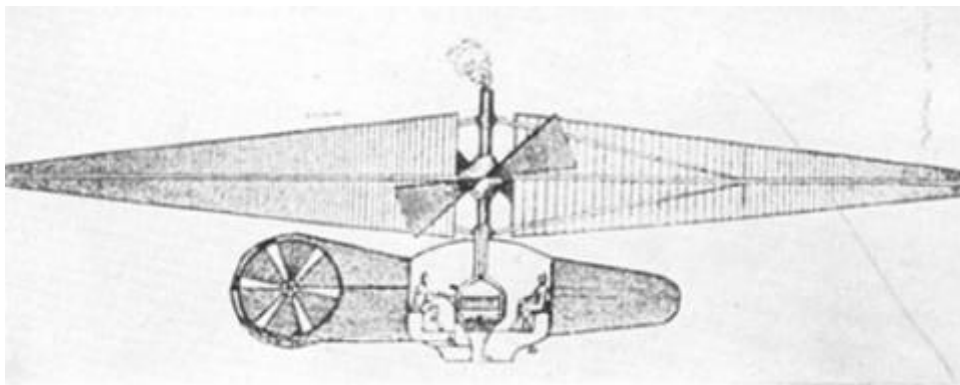


18. ábra Pomés és de la Pauze helikoptere²⁴

Ugyanebben az esztendőben *M. A. Rikacsev* közlésezi *Első kísérletek felhajtóerő létrehozására levegőben forgó légszavarral* című munkáját, és ebben kísérletet tesz a helikopterek elméleti magyarázatára [68].

Egy évvel később *Renoir* megszerkeszti az első olyan helikoptert, amelynek két – azonos síkban elhelyezett – állítható légszavarrja van. Pedálos gépével 1876-ban csaknem 12 kg felhajtóerőt tud létrehozni [68].

A „Repülő” folyóiratnak (*Aéronaute-nak*) ugyanebben az évfolyamában *Crocé-Spinelli* leír egy állítható emelkedésű csavart. 1874-ben pedig egy *Achenbach* nevű föltaláló Németországban közlésezi egy helikoptervázlatot (19. ábra). Szerkezetét vízszintes és függőleges csavarokkal látja el, meghajtására gőz szolgálna. Az egyrotoros légijárműve egy átlós légszavart is tartalmazott, ami a nyomatékot ellensúlyozta. Ez is azonban csak ugyanolyan utópisztikus elképzelés volt, mint a korábban említett tervek jórésze [30][68].



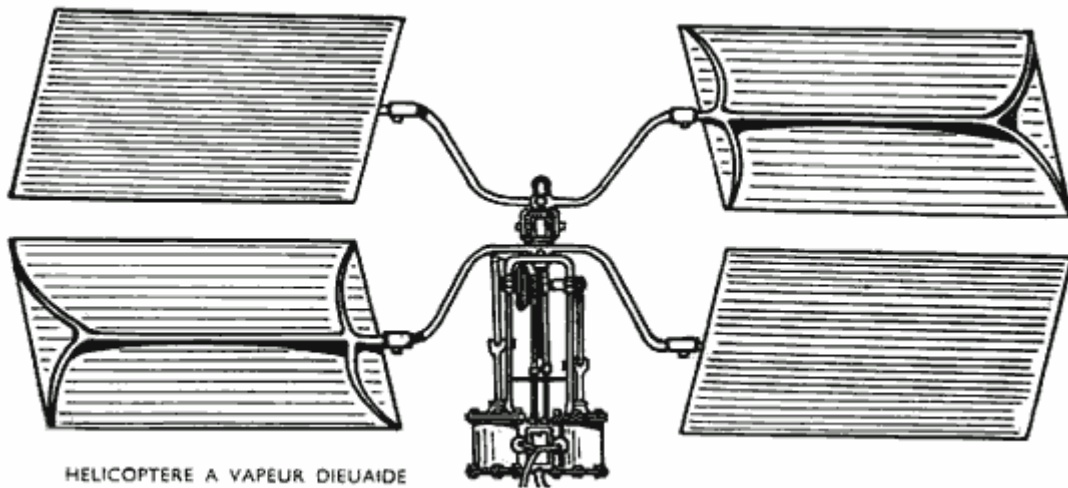
19. ábra. Achenbach helikoptervázlata²⁵

1878-ban *Emmanuel Dieuaide* szabadalmi ügyvivő egy gőzgép meghajtású helikopter modellt készít (20. ábra), amelynél megvalósítja az állítható szögű légszavarrak ötletét [30][68].

²⁴ http://invention.psychology.msstate.edu/i/Chanute/library/photos/Prog_Fig30.gif (2014.03.13)

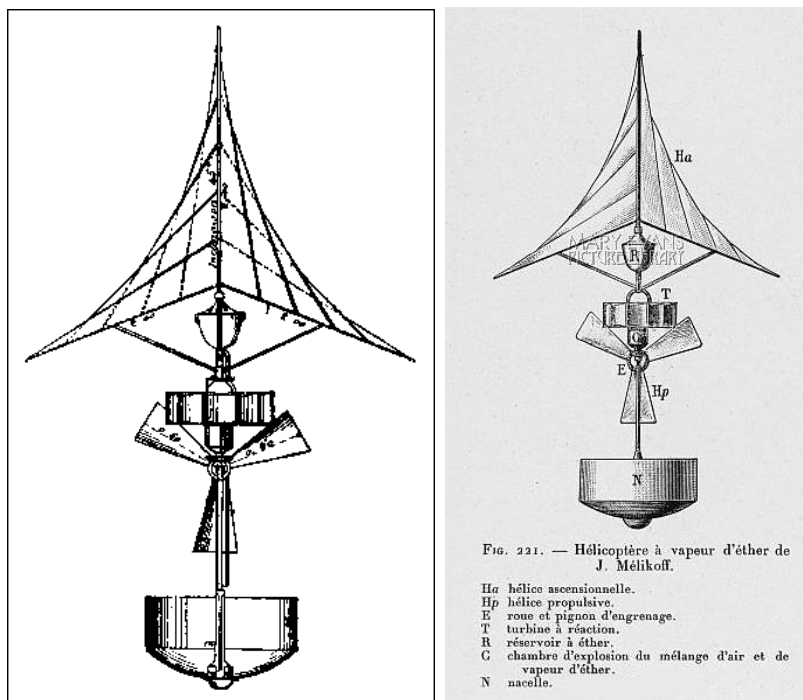
²⁵

<http://files.activeboard.com/935765?AWSAccessKeyId=1XXJBWHKN0QBQS6TGPG2&Expires=1397088000&Signature=fzm97NIiP0ehYzmAkSJ6ULRziFE%3D> (2014.04.01)



20. ábra Dieuaide gőzgép meghajtású helikopter modellje ²⁶

1879-ben *Mélikoffé*, egy függőleges tengelyű gázturbinával meghajtott, kúp alakú helikoptert vázolt fel (21. ábra). „A kúpos kiképzés azt a célt szolgálja, hogy leszálláskor a szerkezetet ejtőernyőként lehessen használni. A helikopter nyolcágú turbinaforgórészét levegő és éter keverékének égési gázai hajtánák meg, és az így nyert teljesítményt használnák fel egy emelő- és vonócsavar működtetésére. A szerkesztési adatokat *Mélikoff* ugyan kiszámítja, de a gép tényleges fölépítésére nem kerül sor. Igaz, úgysem lett volna repülőképese, mert a benne rejlő gondolat az akkori technikai adottságok mellett mindenképpen megvalósíthatatlan.” [30][68]

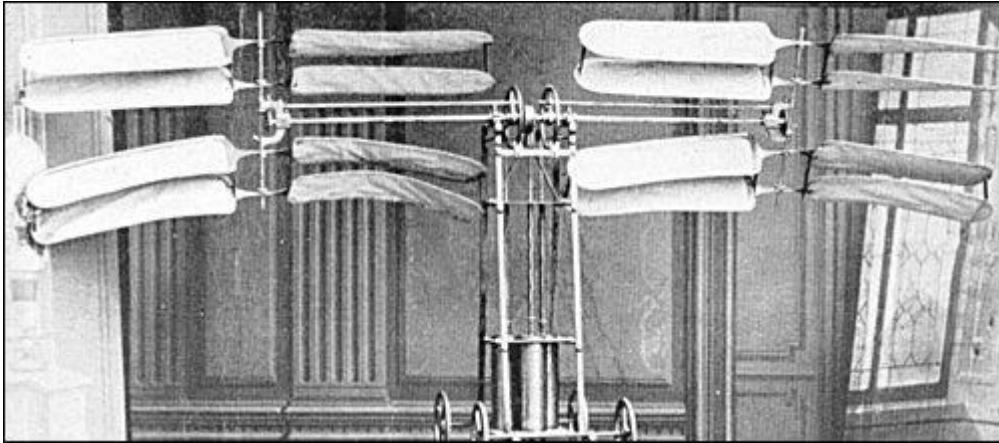


21. ábra Mélikoff helikopter terve²⁷

²⁶ <http://alain.vassel.pagesperso-orange.fr/images/siecle19/dieuaide2b.gif> (2014.03.17)

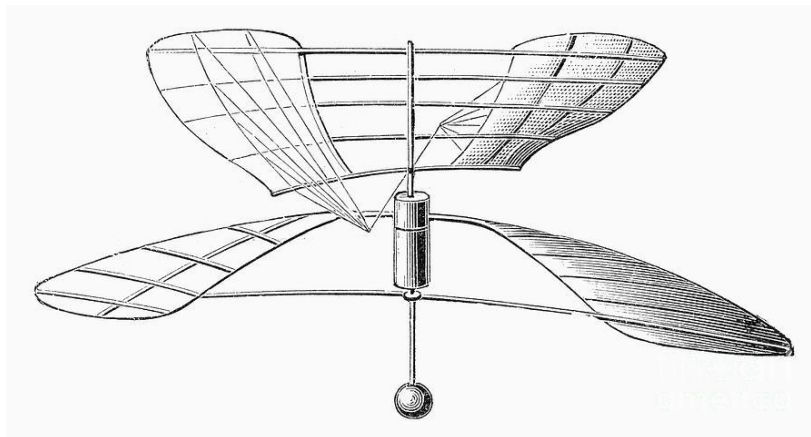
²⁷ <http://www.aviastar.org/foto/melikoff.gif> (2014.04.01)

1877-ben *Castel* helikoptermodelljének erőforrása egy sűrített levegővel meghajtott motor, amelyet a földről tömlőn át táplálnának sűrített levegővel (22. ábra). A szerkezet össztömege 22 kg-ot tesz ki, és a nyolc csavar mindegyikének átmérője 1,2 m. Ezzel a modellel számos sikeres kísérletet végeznek, de azután egy alkalommal a szél egy falhoz csapja és ott széttörik [30][68].



22. ábra Castel helikoptermodellje²⁹

Ebben az évben még egy sikeres helikoptermodell készül el, *Forlanini* olasz professzor konstrukciója. Két egymás fölé helyezett csavarból áll, a felsőt Forlanini is egy kéthengeres gőzgéppel hajtja meg, az alsót viszont a géphez erősíti, mert ezáltal a forgatónyomatékok csaknem teljesen kiküszöbölheti. Túlhevített gőzt nyomott 10 kg/cm²-es nyomással egy kis acélgömbbe, amiből egy kalibrált szelep engedte ki a hengerekbe, a fűtőberendezés azonban túlságosan nehéznek bizonyul, így a gép nem viheti azt magával. Az egész szerelvény, beleértve a két rotort is, alig nyomott többet 3,5 kg-nál és a felraktározott gőzzel is csaknem 13 m magasságot ér el és 20 másodpercig marad fenn a levegőben [30][59][68].



23. ábra Forlanini modellje³⁰

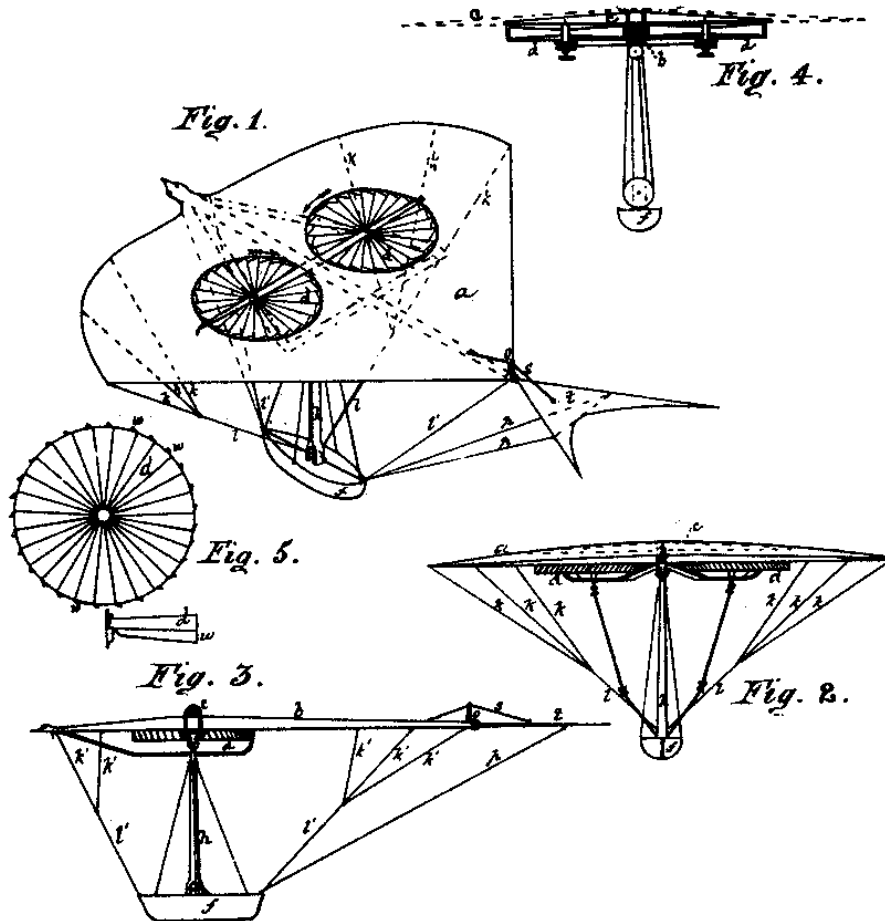
28

http://www.mediastorehouse.com/image/609745_450_450_0_0_fit_6_f214c695f3008a7d60592627b917e1f6.jpg (2014.04.01)

²⁹ <http://www.aviastar.org/foto/castel.jpg> (2014.04.01)

³⁰ <http://images.fineartamerica.com/images-medium-large/forlaninis-helicopter-granger.jpg> (2014.04.01)

1879-ben *John Greenough* tünt fel egy szabadalmaztatott találmánnyal (24. ábra) ami a könnyű anyagok használatának tökéletesítése volt. A találmányát *Syracuse*-nak nevezte el, és helikopterét egy madár szárnyaihoz hasonlatossá alakította. A jármű két emelő-rotorja a szárny alatt forgott [30].



24. ábra John Greenough találmánya³¹

1886-ban *Trouvé* egy igen ötletes és egyszerű berendezést talál fel helikopterek kipróbálására. Berendezése egy közepén alátámasztott mozgó mérlegrúdból áll, amelynek egyik végére kerül az elektromotor a kipróbálandó csavarral, a másikra pedig az ellensúly. Ilyen módon könnyűszerrel meg lehet mérni a csavar hatásfokát. *Trouvé* a legkedvezőbb értékeket akkor kapja, ha a csavar menetemelkedése megegyezik az átmérőjével.

Thomas Alva Edison híres amerikai föltaláló is foglalkozik gyakorlati kísérletekkel, anélkül azonban, hogy számottevő eredményeket érne el.

Ausztriában a kilencvenes években *Popper*, *Kress*, *Wächter* és *Wellner* végeznek helikopter kísérleteket.

A kísérletezők közül említést kell tennünk a magyar származású *Ludvig Edér*ről is, aki 1870-ben született Szolnokon. Azt tudni róla, hogy műlakatos szakmáját Pesten tanulta, majd először Bécsbe, azután Berlinbe, végül Párizsba vándorolt. Itt készítette el 1896-ban helikopterjének

³¹ http://www.aviastar.org/foto/greenough_1.gif (2014.04.01)

modelljét, melyet egy óraszerkezettel hozott mozgásba. A szerkezetet két ellentétesen forgó emelő, és húzó légszavart tartott mozgásban. A francia szaklapok nagy elismeréssel írtak munkásságáról [7]. *A L'Aérophile a következőket írja: „A magánmérnökök társaságának legutóbbi ülésén Brancher úr bemutatta egy csapkodószárnyú helikopter modelljét, amelyet Ludvig Ede úr szerkesztett, ez az ügyességéről híres mechanikus. Ennek a készüléknek irányítható és repülő dinamikusgép nevet adott, de helyesebb a megjelölés, ha azt mondjuk, orthohelikopter.*

Ez a helikopter egy embert tud befogadni és a váza igen könnyű csövek rendszere. A vázból fölfelé és előre egy cső nyílik, amelyen két-két légszavart helyezett el a föltaláló. A légszavarnál az a feltűnő, hogy a vázhoz közelebb esők nagyobbak és hogy a csavarok egymással ellentétes irányban forognak. A vertikális csavarok a gép emelésére szolgálnak, a horizontálisok előre vagy hátra viszik a gépet. A helikopternek két mozgatható szárnya van, amelyeknek a légszavarakkal együtt történő mozgatását egy motor végzi, amely a szerkezet alsó részén van elhelyezve. A törzs középtengelyéből kiindulva, szilárdan megerősített farka is van a gépnek. A szárnyak és a farkok selyemmel vannak bevonva.

A készülék felépítése logikus és megfelel a matematikai számításoknak és amennyiben sikerül elég könnyű de nagy hatóerejű elektromotort építeni, akkor a helikopter be fog válni.”

Az ugyancsak francia La Vie Scientifique az alábbi megállapítást közli a találmánnyal kapcsolatban:

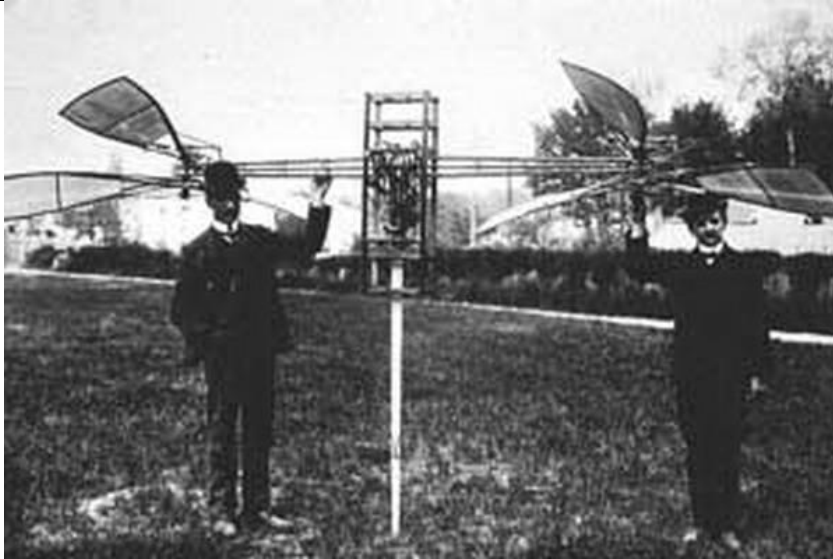
„Csak a Ludvig Ede úr által megjelölt úton lehet remélni a levegőnél nehezebb testek repülési problémájának megoldását. Éppen ezért kutatásait az egész világnak méltányolni kell.” [7]

Az elméleti szakmai elismerés mellett, lehetőséget kapott tervének Párizsban történő megvalósítására. Hazatérése után részese lett mindenféle rosszindulatú támadásnak, gúnyolódásnak, ezért szerkezetét összetörte, és a továbbiakban ügyes mechanikusként kamatoztatta tehetségét. A szerkezet nem volt alkalmas repülésre, de ha maga a szerkezet nem is volt a maga nemében világot megváltó, de a gondolat nagyon is eredeti volt [23].

A kísérletezők többsége azonban hamarosan felhagy próbálkozásaival, mert rájön, hogy a helikopterrel elérhető felhajtóerő a motor teljesítményéhez képest túlságosan csekély. Az akkori nagy tömegű motorokkal a probléma valóban nem is volt még megoldható. Amellett a kísérleteket pusztán tapasztalati alapon végzik, hiszen a légszavart elmélete tulajdonképpen még meg sem született [68].

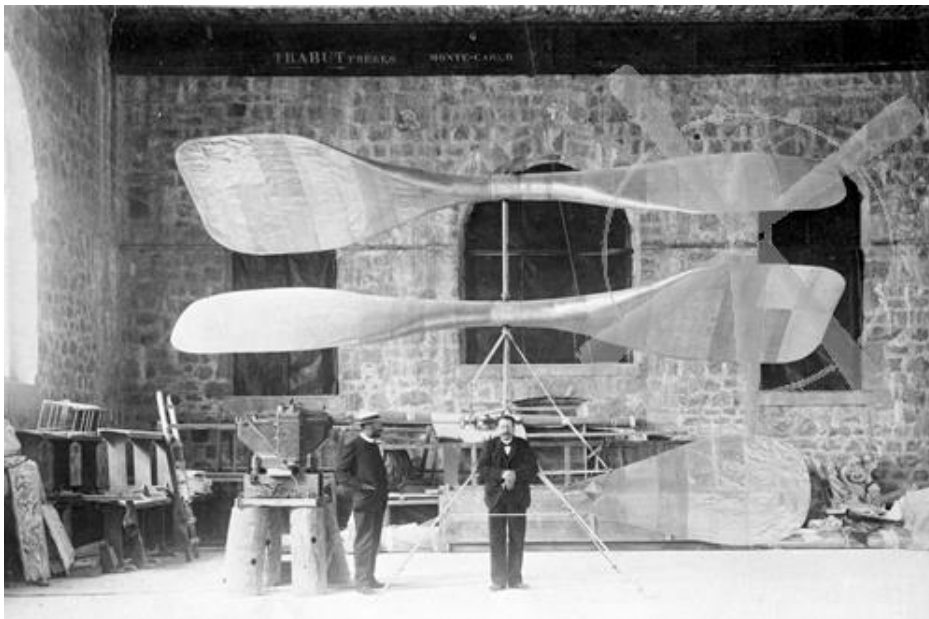
A XX. század elején jutott el a technika olyan színvonalra, ahol már helikopterek szerkesztésére is sor kerülhetett. Ezek a körülmények magyarázzák, hogy a XX. század folyamán egyre növekszik a megvalósított helikoptertervek száma.

A svájci Dufaux testvérek 1905-ben egy olyan sárkányrepülőgépet készítenek, amelyre kiegészítésként két emelőcsavart is szerelnek, hogy ilyen módon a repülőgép meredekebben szállhasson föl (25. ábra.). Szerkezetük azonban nem bizonyul repülőképesnek, nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket [7][23][68].



25. ábra Dufaux testvérek helikoptere³²

Ugyanebben az esztendőben a monacói Léger egy elektro-helikoptert akar készíteni, de a kísérletek során modellje tönkremegy (26. ábra).

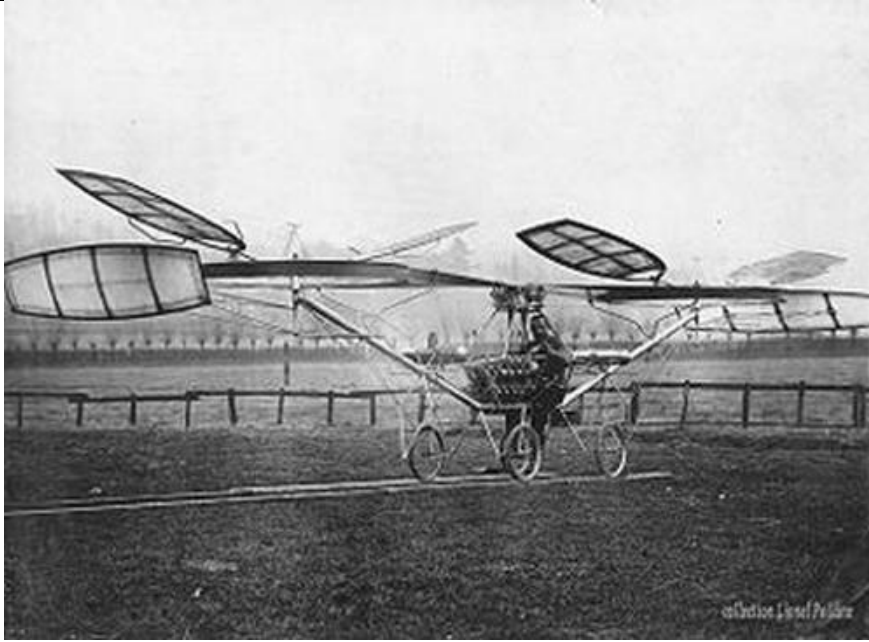


26. ábra Leger helikoptere (1905)³³

A francia Cornunek 1900 és 1907 között sikerül egy benzinmotorral ellátott kétszárnyas helikoptert építenie, amely a földről 30 cm magasságra emelkedik (27. ábra). De ezt követően, a sárkányrepülőgép-gyártás területén beállt rohamos fejlődés láttán, abbahagyja a további kísérletezést [52][68].

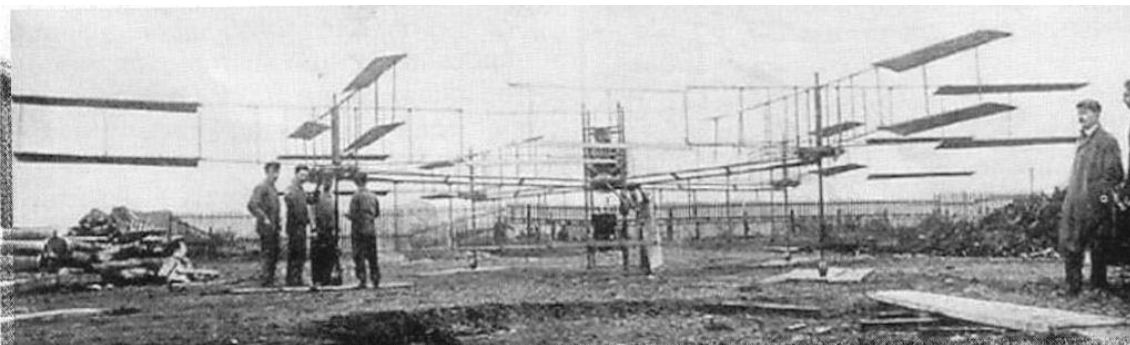
³² http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Armand_%26_Henri_Dufaux_-_helicopter_-_April_1905.jpg (2014.04.02)

³³ <http://www.helicopter-history.org/Aircraft%20Thumbnails/Leger%201905%20Helicopter/2-watermark.jpg> (2014.04.02)



27. ábra Cornu helikoptere³⁴

1907. szeptember 29-én a francia Louis és Jacques Bréguet testvérek Gyroplane No. 1 típusjelzésű szerkezete. A korabeli sajtóhírek szerint az 578 kg felszálló tömegű gép (motorokkal, üzemanyaggal, és magával a pilótával együtt) alig 1,5 m magasságra volt képes felemelkedni, s ott önállóan, kikötés nélkül lebegni körülbelül 40 másodpercig, majd visszahuppant a földre. Szerkezete négy, párosával egymás mellé helyezett emelőcsavarból (32 lapátból) állt, melyek átmérője 8,1 m (28. ábra), s ezeket egy 40 lóerős, Antoinette típusú dugattyús motor hajtotta. Ezzel a szerkezettel azonban csak függőleges irányban lehetett manőverezni, ugyanis a pilóta a fedélzetről kizárólag a motor fordulatszámát volt képes szabályozni a gázkar segítségével. A pilóta (Monsieur Volumard) és a konstruktőr Louis-Charles Bréguet szerencsésen túlélte a kísérletet. Második helikopterük viszont nem bizonyul sikeresnek, mire – ugyanolyan okból, mint Cornu – ők is sárkányrepülőgépek építésével kezdenek foglalkozni [8][29][50][53][58][68].



28. ábra. Breguet-Richet Gyroplane No. 1 típusjelzésű szerkezete³⁵

A szakemberek egy köre szerint ez tekinthető a világon az első levegőnél nehezebb szerkezetnek, amely függőlegesen emelkedett a levegőbe, emberrel a fedélzetén.

³⁴ http://www.jetfly.hu/rovatok/jetfly/100_eves_a_helikopteres_repules/cornu_3_resize.jpg (2014.04.01)

³⁵ http://flyingmachines.ru/Images7/Janes/Janes13_2/ill_245b.jpg (2014.04.02)



Az addig készített helikopterek között egy sem akad, amellyel a stabil szabad-repülés és a kormányozhatóság problémáját megoldották volna. A legnagyobb nehézséget elsősorban a helikopter stabilizálása okozta. A pörgő emelő légcsavar ugyanis igyekszik elfordítani a gépet, ezért ezt a forgatónyomatékokat valamilyen módon ki kell egyenlíteni.

Ugyancsak bonyolult feladatnak tűnt a megbízható kormányzás biztosítása, mivel a repülőgépektől eltérően a helikopteren nincsenek kormányfelületek. A forgatónyomatékokat az első gép-szerkesztők oly módon kísérelték meg kiegyenlíteni, hogy két ellentétes irányban forgó emelőcsavarral látták el helikoptereiket [7].

A repülőtervezők mindössze azt tanulják meg, hogy miképpen lehet forgószárnyakkal felhajtóerőt létrehozni.

ÖSSZEFOGLALÓ

Áttekintve a forgószárnyas légijárművek fejlődéstörténetét, látva az egyes időszakok műszaki találmányainak kimeríthetetlen tárházát, azt kell mondjuk, igen ritkán fordult elő, hogy egy jelentősebb technikai gépezetet, eszközt vagy berendezést valamiféle előzmény nélkül, minden részletében kidolgozva, egyik napról a másikra került volna napvilágra.

A műszaki alkotások döntő többsége éppúgy az egymásra épülő ismeretek véget nem érő láncolatának törvényszerűen létrejött terméke, mint az emberi társadalom fejlődésének egyes epizódjai a történelem folyamában.

Egy-egy technikai újdonság megszületését nagyon sok esetben nehéz eldönteni, hogy ki voltaképpen egy-egy készülék feltalálója, hiszen a végső mű a sok ragyogó elme részeredményéből született. Valahogy így állunk a helikopter találmányával is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 104 años del primer helicóptero: <http://viajes.elpais.com.uy/2012/07/13/104-anos-del-primer-helicoptero/> (2014.03.14)
- [2] A brief early hovering his-story: <https://www.facebook.com/notes/afurah%C3%A5-breh%C3%A5nn/i-n-s-p-i-r-3-d-f-l-i-g-h-t-s/172063746138511> (2014.03.29)
- [3] Alain Vassel: Les modeles reduits de machines volantes au 19^{eme} siecle. <http://alain.vassel.pagesperso-orange.fr/images/siecle19/pontanh.jpg> (2014.03.14)
- [4] Aviation Pioneers: An Anthology. <http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/pioneers.html> (2014.03.14)
- [5] Биография: <http://www.tstu.ru/win/kultur/museum/lodygin/lodbio.htm> (2014.03.14)
- [6] Болховитинов В.Ф. - Пути развития летательных аппаратов. Государственное Научно-техническое Издательство, Оборонгиз, Москва, 1962.
- [7] Bődök Zsigmond: Magyar feltalálók a repülés történetében. NAP Kiadó, Dunaszerdahely, 2002. 84-85. o.
- [8] Breguet-Richet helikopter No.1: http://www.aviastar.org/helicopters_eng/breguet_gyro.php (2014.03.29)
- [9] COLIN P. COLEMAN: A Survey of Theoretical and Experimental Coaxial Rotor Aerodynamic Research. Ames Research Center, Moffett Field, California, 1997. <http://www.humanpoweredhelicopters.org/articles/nasa-tp-3675.pdf> (2014.03.29)
- [10] Colin P. Coleman: A Survey of Theoretical and Experimental Coaxial Rotor Aerodynamic Research, Ames Research Center, Moffett Field, California, 1997. <http://www.humanpoweredhelicopters.org/articles/nasa-tp-3675.pdf> (2014.03.29)
- [11] Dinamikus Repülés: <http://rchangar.hu/history-dynamic-flight> (2014.03.14)

- [12] Dr. Galántai Zoltán: A csapkodószárnyas repülőgépek története
<http://mek.oszk.hu/03600/03639/03639.htm#b17> (2014.03.14)
- [13] Early Efforts of Flight:
<http://science2288flight.wikispaces.com/Core+concepts+and+understandings?showComments=1> (2014.03.29)
- [14] Early helicopter history. <http://fly-hrcc.tripod.com/tailwinds/2011-02.pdf> (2014.03.29)
- [15] Early Helicopter History: <http://www.aerospaceweb.org/design/helicopter/history.shtml> Letöltés: 2014.03.09.
- [16] Early helicopter technology: <http://cartenz-historymaker.blogspot.hu/2013/02/early-helicopter-technology.html> (2014.03.14)
- [17] European Helicopter Pioneers: http://www.airvectors.net/avheli_1.html (2014.03.14)
- [18] Flight, Flying Machines: <http://www.1902encyclopedia.com/F/FLI/flight-flying-machines.html> (2014.03.29)
- [19] Гончаренко В.В. - Как люди научились летать. (Изд. 2е), Киев, „Веселка”, 1986.
- [20] Gordon Leishman J.: A History of Helicopter Flight.
http://itlims.meil.pw.edu.pl/zsis/pomoce/SSR/A_History_of_Helicopter_Flight.pdf (2014.03.29)
- [21] Gordon Leishman J.: A History of Helicopter Flight.
<http://terpconnect.umd.edu/~leishman/Aero/history.html> (2014.03.29)
- [22] Gordon Leishman J.: Principles of Helicopter Aerodynamics. Cambridge University Press 2000. ISBN 0-5216606-0-2. http://www.air.flyingway.com/faa_exam/heli/principles_of_helicopter_aerodynamics.pdf (2014.03.29)
- [23] Gy. Fekete István: A szolnoki repülő hagyományok, és a katonai helikopterezés.
http://www.szrfk.hu/rtk/kulonszamok/2005_cikkek/fekete_istvan.pdf (2014.04.02)
- [24] Helicopter History Site, History of Helicopters, June 2004, Available at: <http://www.helis.com> (2014.03.29)
- [25] História do Helicóptero: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/historia-do-helicoptero/helicoptero-5.php> (2014.03.29)
- [26] History of the helicopter: <http://www.century-of-flight.net/Aviation%20history/helicopter%20history/Early%20Helicopter%20Technology.htm> (2014.03.29)
- [27] History of the Helicopter: <http://www.usmilitaryhelicopters.org/history-helicopter> (2014.03.14)
- [28] Horatio F. Phillips <http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/philips.html> (2014.03.14)
- [29] Human Powered Helicopters. The history, the technology, the people.
<http://www.humanpoweredhelicopters.org/> (2014.03.29)
- [30] Helicopter designs before 1900 http://www.aviastar.org/helicopters_eng/early.html (2014.03.29)
- [31] Johan Hoffman, Johan Jansson and Claes Johnson: The secret of flight (draft). 2012.
<http://www.nada.kth.se/~cgjoh/ambsflying.pdf> (2014.03.29)
- [32] John Seddon, Simon Newman: Basic helicopter aerodynamics. Third Edition, John Wiley & Sons, Ltd. 2011.
- [33] José A. Guerrero, Rogelio Lozano: Flight Formation Control. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. 2012.
- [34] Камов Н. И. Винтовые летательные аппараты, Оборонгиз, 1948.
- [35] Lambermont, P.; and Pirie, A.: Helicopters and Autogyros of the World. Cassell & Company Ltd., 1970.
<http://www.humanpoweredhelicopters.org/articles/nasa-tp-3675.pdf> (2014.03.29)
- [36] Lawrence Hargrave: Aviation and Aeromodelling - Interdependent Evolutions and Histories. Sir George Cayley: <http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/cayley.html> (2014.03.14)
- [37] Lawrence Hargrave: Aviation and Aeromodelling - Interdependent Evolutions and Histories. The Octave Chanute Pages: http://www.spicerweb.org/chanute/Cha_index.aspx (2014.03.14)
- [38] Leonardo da Vinci: http://www.citatum.hu/szerzo/Leonardo_da_Vinci/2 (2014.03.14)
- [39] Лодыгин Александр Николаевич: <http://www.imyanauki.ru/rus/scientists/2336/facts.phtml>
- [40] Людмила Гаева: Александр Николаевич Лодыгин (1847-1923)
<http://nplit.ru/books/item/f00/s00/z0000084/st013.shtml> (2014.03.14)
- [41] Макарова Н. А.: Первые полеты над Тамбовом:
http://www.tambovlib.ru/?view=books.pervije_poleti_nad_tambovom&tpl=print (2014.03.14)
- [42] Mercsek P.: Magyar találmányok – Helikopter <http://esestuske.geo.info.hu/?p=1364>
- [43] O. Chanute: Progress in Flying Machines.
http://invention.psychology.msstate.edu/i/Chanute/library/Prog_Contents.html (2014.03.29)
- [44] Octave Chanute: Progress in flying Machines. 1997.
<http://books.google.hu/books?id=62oWkVM39yAC&pg=PA87&lpg=PA87&dq=1851+Aubaud&source=bl>

- &ots=wzvro3jEX9&sig=YkSQyub5wjGtxx113N3o18wyzbE&hl=hu&sa=X&ei=RhU3U7KgCqjDyQPz14CoAw&ved=OCEUQ6AEwAg#v=onepage&q=1851%20Aubaud&f=false (2014.03.29)
- [45] Octave Chanute: Screws To Lift And Propel Par I. March 1892 http://www.456fis.org/CHANUTE_-_SCREWS_TO_LIFT_AND_PROPEL.htm (2014.03.29)
- [46] Ornithopters, Helicopters and Kites: http://www.century-of-flight.net/new%20site/frames/ornithopter_frame.htm (2014.03.29)
- [47] P.Jarrett - Pioneer Aircraft: Early Aviation Before 1914 /Putnam/
<http://flyingmachines.ru/Site2/Arts/Art4742.htm> (2014.03.14)
- [48] Pedro Castillo, Rogelio Lozano and Alejandro E. Dzul: Modelling and Control of Mini-Flying Machines. Springer-Verlag London Limited 2005. http://api.ning.com/files/G1ksd8afs89keSgcy3fYDWtjKd9Y-Y*j0aqP3cpvmFMA9AvPi8ZWrRLKwikam9-Ok4N2X7sTTBEeh75SaWpaFA_/ModellingandControlofMiniFlyingMachines1.pdf (2014.03.09)
- [49] Pioneers: <http://www.helis.com/pioneers/> (2014.03.29)
- [50] Pokorádi László: A helikopteres repülés első 100 (?) éve. Debreceni szemle, „Debreceni Szemle” Alapítvány, 2009/1.
- [51] Présentation Hélicoptères la genèse, de Bernard Bombeau:
http://www.helicopassion.com/fr/05/livre302.htm#.Uz2XGPl_vh4 (2014.03.29)
- [52] Prof. Dr. Szabolcsi Róbert: Modern automatikus repülésszabályozó rendszerek. Egyetemi Tankönyv, Budapest, 2011.
- [53] Professor J.Gordon Leishman: The Breguet-Richet Quad-Rotor Helicopter of 1907.
<http://aero.umd.edu/~leishman/Aero/Breguet.pdf> (2014.03.29)
- [54] Развитие идеи крылатого летательного аппарата в период до конца XVIII в.
<http://www.airwar.ru/other/sobolev/htmls/t1g1.html> (2014.03.14)
- [55] R. G. Grant: FLIGHT 100 years of aviation, Dorling Kindersley Limited A Penguin Company, 2002.
- [56] R.G. Grant: A repülés évszázada. Magyar Könyvklub, Budapest, 2003.
- [57] Repülés története, 1. rész – minden, ami a repülőgépek előtt volt: <http://marshaller.hu/2013/10/12/repules-tortenete-1-resz-minden-ami-a-repulogek-elott-volt/>
- [58] Riccardo Niccoli: A repülés története Leonardo da Vincitől az új meghódításáig, Alexandra kiadó, 2002.
- [59] Rövid fejlődéstörténetük: http://lakat.webatu.com/web/helicopters_fejlodestortenet.htm (2014.03.29)
- [60] Screws to lift and propel Part I March 1892.
http://invention.psychology.msstate.edu/inventors/i/Chanute/library/Prog_Screws_Mar1892.html (2014.03.29)
- [61] Screws to lift and propel Part II April 1892.
http://invention.psychology.msstate.edu/i/Chanute/library/Prog_Screws_Apr1892.html (2014.03.14)
- [62] Сикорский И. И.: Воздушный путь. Русский путь, YMCA-Press, Москва, 1998.
- [63] Соболев Д. А.: Идея полета в трудах Леонардо да Винчи.
<http://vivovoco.astronet.ru/VV/JOURNAL/VIET/FLY/FLY.HTM>
- [64] Suetonius: Caesarok élete. Tizenkét életrajz, fordította: Kis Ferencné, a versbetéteket fordította: Terényi István <http://mek.oszk.hu/03200/03264/03264.htm#2> (2014.03.14)
- [65] The History of Helicopters: <http://www.aviastar.org/history/index.html> (2014.03.09)
- [66] Vámos Krisztián: A repülőgépek fejlődése. <http://hirmagazin.sulinet.hu/hu/pedagogia/a-repulogek-fejlodestortenete> (2014.04.02)
- [67] Wayne Johnson: Helicopter Theory. Dover Publications Inc. New York. 1980.
http://bib.convdocs.org/docs/34/33948/conv_1/file1.pdf (2014.03.08.)
- [68] Wissmann, Gerhard: A repülés története Ikarosztól napjainkig. Táncsics Kiadó, Budapest, 1964. Vámosi Pál fordítása
- [69] Wright fivérek: http://hu.wikipedia.org/wiki/Wright_fiv%C3%A9rek (2014.03.30)