

Contribuțiile lui Traian Vuia la dezvoltarea aviației

Alexandru Herlea*

În istoria aviației, Traian Vuia, ale cărui realizări tehnice depășesc cu mult acest domeniu, ocupă un loc aparte. El este un pionier în construcția de avioane și elicoptere și, mai presus de toate, primul care a realizat o decolare anunțată public cu o aeronavă mai grea decât aerul folosind doar mijloacele existente la bord. Aceasta a avut loc la 18 martie 1906 în Franța lângă localitatea Montesson în prezența a doi martori și cu publicarea în mass-media de specialitate de fotografii și reportaje. Vom reveni cu detalii.

Trebuie amintit faptul că inginerul francez, pionier al aviației Clément Ader, care lucra pentru Armata franceză, reușise deja o astfel de decolare la 9 octombrie 1890, dar această realizare a rămas mult timp necunoscută, căci pentru Armată se lucra în cel mai mare secret. Mai mult, cercetările și realizările lui Clément Ader au fost puțin prea timpurii. În privința zborurilor fraților Wright din decembrie 1903 și a celor efectuate în cei șase ani care au urmat, acestea au avut loc după o decolare asistată, folosind o catapultă. Încercările lor s-au concentrat în principal pe problema zborului în sine și, într-o măsură mult mai mică, pe decolare.

În acest sens, Bouquet de La Grye, președintele Comisiei de Aeronautică a Academiei de Științe, a scris în revista de specialitate *L'Aérophile* din februarie 1906 sub titlul «Aterizarea avioanelor», că rămâne de depășit o dublă dificultate, cea a decolării și cea a aterizării. În același număr al revistei, André de Masfrand, vorbind despre Vuia, a scris: «Aparatul domnului Vuia ar avea cel puțin avantajul de a suprima diferitele artificii care au fost folosite până acum pentru lansarea avioanelor...

Plecarea se putea face oriunde și prin singurele mijloace la îndemână. Această combinație a automobilului terestru și a avionului a fost brevetată pentru prima dată, credem, de viconte Decazes, în zorii automobilismului, în 1892...; dar, pentru prima dată, domnul Vuia a realizat-o pe deplin la scară reală, cu mijloace adesea ingenioase și foarte personale» (1).

Dacă am ales să ne oprim asupra contribuției lui Traian Vuia în domeniul aviației este pentru că opera sa este puțin cunoscută și studiată, iar cele mai detaliate lucrări sunt în limba română și, prin urmare, mai greu accesibile. Această contribuție este așa cum o caracterizează istoricul aviației Charles Dollfus, «este la vremea sa cea a unui precursor important prin calitatea construcției sale, atât de rațională, cât și prin zborurile modeste, dar incontestabile, pe care le-a realizat public, prin curajul său de experimentator, prin entuziasmul său pentru aviație» (2). La aceasta trebuie adăugată clarviziunea lui T. Vuia, care și-a început munca într-o atmosferă mult mai favorabilă dirijabilului decât avionului. Acesta din urmă a fost adesea considerat, în primii ani ai secolului, ca o utopie atât de oamenii de știință, cât și de experimenterii.

Traian Vuia s-a născut într-o familie de fermieri români înstăriți la 17 august 1872 în satul Surducul Mic, lângă orașul Lugoj din Banat, o provincie românească la acea vreme încorporată în Imperiul austro-ungar. După ce și-a terminat studiile secundare și a obținut diploma de bacalaureat la Liceul din Lugoj, în 1892, a plecat la Budapesta unde, timp de un an, a urmat Școala

* Profesor universitar emerit, membru al Academiei Internaționale de Istoria Științei, membru CRIFST fost președinte ICOHTEC



Traian Vuia și avionul său

Politehnică din capitala Ungariei. Vuia a fost pasionat de zborul mecanic încă din adolescență, după cum afirmă prietenul și biograful său George Lipovan; el ar fi proiectat deja un dispozitiv de zbor utilizând o elice acționată de puterea musculară a pilotului (3). Dar, în ciuda înclinației sale pentru studii tehnice, Vuia le-a abandonat pentru o carieră mai profitabilă din punct de vedere pecuniar. Astfel, s-a înscris la Facultatea de Drept a Universității din Budapesta, pe care a absolvit-o, în 1901, cu titlul de doctor în drept obținut cu *magna cum laude*.

Dar pasiunea pentru mecanică și zbor nu l-a părăsit și în iarna 1901–1902 a proiectat un dispozitiv zburător format dintr-o tricicletă de care era atașat un cadru care transporta aripile și elicea acționată de o pedală. Pentru a aprofunda acest proiect și a-l îmbunătăți, Vuia a plecat în toamna anului 1902 la Paris, unde interesul pentru aeronautică era foarte mare, mult superior celui existent în alte țări.

Acolo, a luat contact cu mai multe personalități din aeronautică, printre care Georges Besançon, secretarul general al Aero-Club și director al revistei *L'Aérophile*, și Victor Tatin, cunoscut pentru studiile sale teoretice și realizările practice legate de zborul mecanic, și și-a continuat studiile și cercetările la Conservatoire National des Arts et Métiers (4). Acestea au dus la scrierea unui memoriu intitulat *Projet d'Aéroplane-Automobile* adre-

sat Academiei de Științe din Franța. Prezentat în timpul sesiunii din 16 februarie 1903, a fost trimis Comisiei de Aéronautique pentru examinare. (5)

Memoriu – *Projet d'Aéroplane-Automobile*

În acest Memoriu, care este o pledoarie pentru un aparat de zbor mai greu decât aerul, autorul face o analiză critică a cunoștințelor privind zborul mecanic, demonstrând științific posibilitatea realizării lui și descrie aparatul capabil să-l efectueze. Vuia afirmă că: «Problema navigației aeriene cu un aparat mai greu decât aerul este împărțită în 3 sub-probleme: a) viteza orizontală, b) raportul dintre greutatea aeronavei și puterea motorului său, c) echilibrul în aer». El abordează aceste probleme pe baza unei bibliografii destul de extinse, citându-i în special pe Etienne-Jules Marey, membru al Académie des Sciences, Henri Giffard, inventatorul dirijabilului propulsat de energia aburului, Samuel Pierpont Langley, om de știință american, matematician și profesor de astrofizică, pionier al aviației.

Referindu-se la viteza orizontală de mișcare a unui plan înclinat, Vuia subliniază, folosind date numerice, dependența forței de levitație de viteza de deplasare și unghiul de înclinare. El constată că această forță era ușor de calculat și că experimentele lui Langley și cele efectuate de Comisia de Aviație a Congresului Aeronautic de la Expoziția



Avionul lui Traian Vuia la Musée de l'Air et de l'Espace – Le Bourget

Universală din 1889 au confirmat teoria. Importanța afirmației lui Langley că «în translația orizontală aeriană o viteză mai mare este mai economică din punct de vedere al forței decât vitezele mai mici» și explicațiile oferite de matematicianul american Glenn Curtiss sunt evidențiate.

În ceea ce privește raportul dintre greutatea aparatului și puterea motorului său, capabil să-l ridice, Vuia constată că în ciuda numeroaselor experimente, nu există încă un acord între diferiții oameni de știință și experimenterii interesați de problemă. Cu toate acestea, el menționează o estimare conform căreia greutatea unei aeronave nu ar trebui să depășească 40 kg/CP și că, în ceea ce privește zborul vertical, un motor de 1 CP care acționează o elice cu două pale și fără nicio altă suprafață de sustentare poate ridica cel puțin 15 kg. Aparatul pe care îl propune cântărește 155 kg pentru un motor de 30 CP.

Abordând condițiile de echilibru, Vuia scrie: «Echilibrul transversal este ușor de obținut; în ceea ce privește echilibrul longitudinal, este în primul rând necesar să distingem clar centrul de greutate și centrul de presiune al suprafeței de sustentare. În ceea ce privește primul, se convine că trebuie să fie sub centrul de presiune; în ceea ce privește al doilea, și pentru ca aparatul să fie într-o stare de echilibru, trebuie ca acesta să fie pe verticala care trece prin centrul de greutate, ceea ce este greu de

obținut, deoarece centrul de presiune al suprafeței de sustentare își schimbă poziția în funcție de înclinația și viteza acestei suprafețe.»

Memoriul oferă soluțiile pentru construcția aparatului care poate îndeplini aceste deziderate. El este alcătuit din două părți: un cărucior cu patru roți, pentru pilot și comenzi și un cadru triunghiular unde se află motorul, suprafața de sustentare și elicea. Căruciorul este legat de cadru printr-o axă transversală în jurul căreia aceasta din urmă se poate înclina prin schimbarea unghiului de incidență, fapt care permite aripilor să acționeze și pentru schimbarea altitudinii. Această mișcare nu duce la o schimbare a poziției centrului de greutate, care rămâne întotdeauna în aceeași verticală. Vuia recomandă o înclinație de până la 40° față de orizontală pentru decolare, decolarea putând avea loc la o viteză de 5 m/s. El precizează, de asemenea, că: «Suprafața avionului fiind de 18 m², astfel încât această suprafață să poată fi susținută și să se miște orizontal în aer, va necesita o acțiune de ridicare de 240 kg și în acest scop o viteză de 20 m/s cu o înclinație de 7°».

Principalele cerințe, așa cum rezultă din Memoriu, sunt formulate de Vuia în următorii termeni: «În afară de motorul de greutate redusă al aparatului de zbor, care cântărește doar 3 kg/CP, principala noutate constă în suspensia căruciorului de suprafața de sustentare și în înclinarea acestei

suprafețe, care nu este fixă ca în toate aparatele construite sau numai proiectate, ci variabilă, ca de altfel și axa elicei care urmează înclinația suprafeței; și această variabilitate nu este obținută, ca în dispozitivele anterioare, printr-o deplasare a centrului de greutate». Memoriul lui Traian Vuia se încheie cu referiri la problemele de utilizare, întreținere și de siguranță.

În ciuda calităților sale, Academia de Științe, care a examinat Memoriul în cadrul Comisiei sale de aeronautică prezidată de Bouquet de la Grye, a clasat Memoriul și a trimis autorului o notificare de neacceptare a acestuia.

În ciuda acestui eșec, Vuia a depus o cerere de brevet la Oficiul Național al Proprietății Industriale din Paris la 15 mai 1903, care a fost acordată pe 17 august și publicată pe 16 octombrie a aceluiași an. În anul următor, la 18 mai 1904, a obținut și un brevet în Anglia(6)

Primul avion Vuia – Vuia nr. 1

În toamna anului 1903, T. Vuia a început construcția «avionului-automobil» în atelierele mecanice Hockenjos et Schmitt din Courbevoie. A beneficiat de colaborarea proprietarilor și angajaților acestor ateliere, cea a lui Victor Tatin și, de asemenea, de ajutorul financiar al mai multor prieteni români (7).

Aparatul a fost construit în conformitate cu descrierea făcută în Memoriul din 1903. Este un monoplan format din două părți articulate: a) căruciorul (mic automobil) care poartă scaunul pilotului, cazanul, rezervoarele de dioxid de carbon și petrol și dispozitivele de control: b) cadrul care poartă aripile, motorul, elicea, comanda de deplasare pe verticală. Înclinarea cadrului în raport cu căruciorul este în jurul unei axe orizontale și este controlată din cabină prin intermediul unui volan, angrenaj melc și transmisie cu lanț.

Întreaga structură a celor două părți ale aparatului este realizată din tuburi de oțel legate prin fittinguri sudate (8).

Căruciorul este un cvadriciclu, roțile din față fiind direcționabile cu ajutorul unei cârme verticale (suprafață de 0,6 m²) plasată în spate care asigură direcția atât la sol, cât și în aer. Roțile sunt roți de bicicletă cu un diametru mai mic, sunt echipate cu anvelope, iar volanele sunt așezate pe suspensie cu arcuri lamelare.

Aripile au, de asemenea, o structură realizată din tuburi de oțel cu diametru mic (12 mm) așezate radial, deschise în formă de evantai și ale căror capete sunt ținute împreună de un fir de fier. Aceste tuburi sunt unite în centru, prin „chale”-le, a două suprafețe și sunt acoperite de o pânză fină de in impermeabilizată cu lac. Rigiditatea aripilor este asigurată de amortizoare din oțel cu întinzătoare inferioare și superioare. Aceste aripi, cu o anvergură a aripilor de 8,7 m și o suprafață de 20 m², sunt pliabile, ușor de demontat și cântăresc doar 22 kg (9).

Trebuie remarcat faptul că, abstracție făcând de avionul lui Ader, avionul lui Vuia a fost primul monoplan, soluție neutilizată la acea vreme, constructorii de avioane fabricând biplanuri. Istoricul aviației Charles Gibbs-Smith afirmă: „Probabil că acest monoplan Vuia – care este primul monoplan de dimensiuni și formă convenționale din istorie – l-a influențat pe Louis Blériot să abandoneze biplanurile și să treacă la monoplanuri” (10). Este, de asemenea, primul avion european echipat cu anvelope pneumatice și primul având o structură complet metalică.

Motorul este o altă realizare originală, foarte eficientă pentru acea vreme, căreia Vuia i-a dedicat mult timp și energie. A fost realizat după mai multe încercări și erori. Mai întâi, Vuia a apelat la firmele Clément Bayard și Bouchet, doi producători de automobile, care au fabricat motorul cu ardere internă pentru dirijabilul nr. 6 a lui Alberto Santos-Dumont. Ambii au răspuns că nu pot furniza un motor cu o putere specifică mai mare de 0,1 CP/kg. Așa că Vuia a decis să facă el însuși motorul de care avea nevoie.

A luat ca punct de plecare motoarele cu aburi Serpollet, pe care a decis să le modifice pentru a obține o putere specifică ridicată pe care a susținut-o în disertația sa. A ales utilizarea dioxidului de carbon ca fluid de transfer de căldură și construirea unui cazan adecvat (11). Motorul cu aburi Serpollet în sine a fost cumpărat la mâna a doua. Este un motor cu patru cilindri orizontali cu distribuție prin supape (una pentru admisie și una pentru evacuare) și arbore cu came. Dioxidul de carbon lichid este conținut sub o presiune de 65 bar într-un rezervor de oțel de 13 l. De acolo, printr-un dispozitiv care îl menține sub presiune în

stare lichidă, intră într-un cazan a cărui construcție este inspirată de cazanul Serpollet cunoscut sub numele de cazan cu «vaporizare instantanee» (12). Acest cazan este încălzit de 9 arzătoare Bunsen alimentate cu kerosen dintr-un rezervor de 5 l echipat cu o pompă manuală cu piston. Uleiul este presurizat și vaporizat înainte de alimentarea arzătoarelor. Aburul supraîncălzit trece de la cazan la motor printr-un tub izolat (13).

Pilotul are două moduri de a acționa asupra presiunii aburului din cilindri și, prin urmare, de a accelera motorul: în special prin varierea cantității de abur supraîncălzit admisă (folosind o supapă acționată de o pârghie la îndemâna mecanicului) sau acționând asupra temperaturii acestora; Acesta din urmă poate fi modificat prin reglarea intensității flăcărilor arzătorului.

Motorul poate dezvolta o putere de 25 CP la 450 rpm timp de 5 minute, dioxidul de carbon părăsind cazanul la o temperatură de 250 până la 300°C și o presiune de 45-50 bari. Timpul de pornire este scurt. Motorul cu toate accesoriile sale (cazan, rezervoare etc.) cântărește 105 kg (50 kg motorul cu aburi în sine), ceea ce înseamnă o putere specifică de aproximativ 0,2 CP/kg. De asemenea, trebuie remarcat faptul că motorul este învăluit cu ajutorul unui capac piramidal de pânză întins peste un cadru metalic. (14)

Motorul, printr-un cuplaj rigid format din două manșoane cu cheie, acționează direct arborele elicei. Acest arbore este atașat la partea din față a cadrului printr-un rulment cu bile. Elicea, pe de altă parte, este cu două pale formată dintr-un cadru rigid din oțel constituit din două longeroane în «V» și mai multe nervuri transversale. Are un diametru de 2,2 m, un pas de 2,35 m și o forță de tracțiune fixă de 45 kgf. A fost proiectat și furnizat de Victor Tatin. (15)

Greutatea totală a «avionului-automobil» este de 241 kg, din care 56 kg este greutatea pilotului (16).

Primele teste și primul zbor

Odată terminat, este parcat la ferma «La Borde» din comuna Montesson, lângă Saint-Germain-en-Laye, drumurile puțin utilizate din vecinătate fiind alese pentru teste. Acestea trebuie să aibă loc în trei etape: 1) aeronava fără aripi; 2) cu aripile; 3) decolare. Testele pe avionul fără aripi,

care de fiecare dată s-a deplasat câteva sute de metri cu o viteză de 20-40 km/h, au fost efectuate în decembrie 1905, pe 5 februarie și 6 martie 1906. La testele din februarie (desfășurate fără aripi din cauza vremii nefavorabile) au participat mai multe personalități din lumea aviației, printre care Georges și Gaston Besançon, ducele și viconte Decazes și A. de Masfrand (17).

Prima decolare a avut loc pe 18 martie 1906 pe drumul de la Montesson la Sena. După o cursă la sol în care ar fi atins 50-60 km/h și cu un unghi de incidență de 10°, avionul a decolat și a zburat la o înălțime de 60 cm pe o lungime de 12 m. Din cauza unei manevre greșite, care a întrerupt alimentarea cu energie electrică a motorului, acesta s-a oprit brusc și nava a căzut. Ea a fost ușor deteriorată. Doar trei persoane au fost prezente la acest eveniment: Hockenjos, proprietarul atelierului Courbevoie, și doi prieteni ai lui Vuia: Tiefenbacher și Watelet. Reviste precum *La Nature* și *L'Aérophile*, au publicat fotografiile și reportaje. În ultimul Vuia dă descrierea și concluziile pe care le trage din aceste teste (18).

După acest succes, Vuia a efectuat o serie de alte teste care au avut loc între 6 mai și 19 august 1906. În primele trei, pe 6 mai, 24 iunie și 1 iulie, nu a decolat, ci a testat diferite unghiuri de incidență ale aripilor, direcții și intensități diferite ale vântului, presiuni diferite ale fluidului de transfer de căldură al motorului. Vuia descrie aceste teste în detaliu într-o scrisoare trimisă pe 8 iulie către revista *L'Aérophile* (19).

Pe 6 mai, aparatul a fost testat pe drumul de la Montmagny la Epinay cu vânt lateral. El a fost avariat, în mare parte din cauza stării proaste a drumului, ceea ce a determinat pe Vuia să caute un teren mai bun. El a obținut, nu fără dificultate, permisiunea de a folosi terenul de antrenament al Armatei din Issy-les-Moulineaux duminică, unde și-a efectuat testele din 24 iunie. Pe 1 iulie, presiunea cazanului a crescut la 65 de bari, iar aparatul s-a ridicat la 25 cm de sol. Au urmat zborurile din 5 și 14 iulie, în timpul cărora aparatul a «decolat» și a zburat 4-5 m de fiecare dată.

După aceste zboruri, Vuia a decis să modifice caracteristicile motorului. L-a echipat cu un cazan nou (suprafață de încălzire mai mare și 12 arzătoare) și i-a crescut viteza de rotație. Elicea

s-a rotit la 930 rpm, asigurând o tracțiune de 130 kgf timp de 3 minute folosind 10 kg de dioxid de carbon lichid. Cu aeronava modificată, a efectuat teste pe 12 și 19 august 1906. Ambele, precum și modificările aduse motorului, sunt descrise într-o nouă scrisoare trimisă pe 25 august către *L'Aéroophile* (20). Pe 12 august, Vuia a repetat practic performanța din 18 martie, efectuând două zboruri pe o lungime de 8-10 m și o înălțime de 60 cm fiecare. Pe 19 august, după ce a făcut unele îmbunătățiri la arzătoare și la tirajul cazanului, a efectuat un zbor de 24 m la o înălțime de 2,5 m. Viteza a fost estimată la 72 km/h, unghiul de incidență al aripilor la 7°. Din păcate, acest zbor s-a încheiat cu o cădere care a avariat grav aparatul. Pilotul a fost, de asemenea rănit, grav ars pe mâini.

Odată cu zborul din 19 august, prima serie de teste s-a încheiat. Vuia scrie în această privință, în scrisoarea din 24 august deja citată: „Scopul experimentelor mele a fost să văd, în primul rând, dacă mașina era capabilă să părăsească pământul prin propriile sale puteri. De aceea am eliminat direcția verticală. Acum că mașina rezolvă prima parte a problemei, preocupările mele viitoare se vor axa atât pe direcția orizontală, cât și pe cea verticală.”

Avionul Vuia 1 bis

Într-adevăr, Vuia nu numai că va repara aparatul, ci îl va și modifica substanțial. Nou-născutul a fost numit Vuia No. 1 bis. El diferă de Vuia Nr. 1 prin: 1) unghiul de incidență al aripilor, care nu mai este reglabil în zbor, ci doar la sol; 2) adăugarea unei cozi stabilizatoare orientabile de 3 m² (în afara cârmei); 3) cazanul este mutat în spatele căruciorului (era lângă pilot). Restul: căruciorul, motorul (25 CP, 930 rpm), elicea (diametru 2,2 m; nu 2,35 m) etc., au rămas neschimbate. Aparatul cu pilotul cântărește 275 kg (21).

Cu acest avion, Vuia a efectuat o serie de zboruri între 7 octombrie 1906 și 30 martie 1907. Lungimea acestora nu depășește 10 m. Câteva sunt zboruri cronometrate oficial. La 7 octombrie, la Issy-les-Moulineaux, au fost prezenți domnii Archdéacon și Surcouf, președintele și, respectiv, secretarul comisiei sportive a Aéro-Club de France. La a doua încercare, decolând cu vânt frontal, avionul a parcurs 4 m la o înălțime de câteva zeci de

centimetri în 2/5 de secundă. Duminica următoare, tot la Issy-les-Moulineaux, Vuia a decolat de două ori, al doilea zbor fiind de 6 m cronometrat în 3/5 secunde (22).

Pentru a scăpa de constrângerile impuse de administrația militară din Issy-les-Moulineaux, Vuia a abandonat acest loc pentru Bagatelle. În decembrie 1906, a efectuat o serie de teste aici. Pe 27 ianuarie 1907, Vuia a efectuat zboruri programate oficial. Pe 2, 27 și 30 martie au fost efectuate alte zboruri, cel mai lung fiind cel din 2 martie, care a măsurat 10 m (23).

Dar, între timp, extrem de bogatul brazilian Santos-Dumont a făcut prima sa decolare pe 12 septembrie 1906 la Bagatelle în fața oficialilor Aero-Clubului. Aproximativ o lună mai târziu, la 23 octombrie 1906, a câștigat Cupa Archdéacon a Aero-Club-ului cu un zbor de peste 25 m; cupă pentru care a fost înregistrat și T. Vuia (24).

Pe 12 noiembrie, Santos-Dumont a efectuat cinci zboruri, dintre care cel mai lung a fost de 220 m. Cheltuind mulți bani și ajutat de ambasada Braziliei, performanțele sale au beneficiat de o publicitate foarte largă. Un monument a fost ridicat la Bagatelle pentru Santos-Dumont, prezentat ca fiind primul care a decolat și a zburat cu un aparat mai greu decât aerul.

La începutul anului 1907, alți pionieri ai aviației au început să zboare, precum Louis Blériot și Gabriel Voisin, iar T. Vuia și-a dat seama că pentru a rămâne în cursă, trebuie să-și îmbunătățească avionul și în primul rând motorul acestuia.

Într-adevăr, existau deja pe piață motoare cu ardere internă mai eficiente decât motorul cu dioxid de carbon al lui Vuia, în special motoarele proiectate de Levavasseur și construite de compania Antoinette din Puteaux. Cu aceste motoare Santos-Dumont și-a realizat performanțele la sfârșitul anului 1906.

Avionul Vuia nr. 2

În primăvara anului 1907, Vuia și-a modificat din nou radical avionul, atât fuselajul, cât și motorul, elicea și cârmele. Noul aparat este cunoscut sub numele de Vuia No. 2. Păstrează aspectul general al lui Vuia No. 1 bis, de care diferă prin: 1) utilizarea unui motor cu ardere internă; 2) o nouă elice construită ca și motorul de fabricantul

Antoinette: diametru 1,8 m, pas 1,1 m, viteză de rotație 1500 rpm; 3) o cârmă fixă de 2,5 m² cu un stabilizator de 1,5 m²; 4) un elevator de 2 m² (inexistent înainte); 5) suprafața aripilor redusă la 17 m² (anvergura aripilor 7,9 m); 6) căruciorul are toate roțile montate pe arcuri (nu doar roțile din față); 7) greutatea totală a aeronavei cu pilot redusă la 215 kg (25).

Dintre aceste modificări, utilizarea motorului Antoinette este cea mai importantă. Este un motor în «V» cu 8 cilindri (unghi de 90°) care dezvoltă CP la 1500 rpm care cântărește 85 kg, ceea ce înseamnă o putere specifică mai mică de 0,3 CP/kg. Aprinderea se face prin magneto de înaltă tensiune; răcirea cu apă care circulă în jurul cilindrilor în camere de tablă de alamă; Alimentarea se realizează printr-un fel de injecție de benzină care a fost evacuată cu ajutorul unei pompe într-un colector, apoi distribuită în conducta fiecărui cilindru printr-un mic jiclor calibrat (26).

Vuia No. 2 a fost testat la Bagatelle, unde a decolat pe 21 iunie, 15 și 17 iulie 1907. Primul zbor este de 10 m la o înălțime de 1,5 m, ultimul, cel mai lung, măsoară 70 m. Atât aterizarea, cât și decolarea au decurs fără probleme (27).

Dar Vuia, lipsit de resurse materiale suficiente, a abandonat zborul, care acum necesita investiții din ce în ce mai mari și unde concurența și progresul se accelerau în fiecare zi.

Realizările sale în domeniul aviației erau relativ bine cunoscute la acea vreme, deși nu au beneficiat de aceeași publicitate ca și cele ale unora dintre contemporanii săi. Acestea fiind spuse, nu lipsesc comentariile laudative. Sistemul Vuia, scria F. Peyrey în 1909, «abundă în aranjamente ingenioase care atestă o minte originală, inventivă și cunoștințe mecanice foarte serioase. A fost conceput și executat chiar în momentul în care primele succese ale lui Lebaudy păreau să-i facă pe oameni să uite de Forțele Aeriene. Efortul lui Vuia, în acest moment dificil și cu mijloace limitate de acțiune, a fost foarte meritoriu. A fost un bun slujitor al mării cauze. Să păstrăm locul lui în istorie; el l-a cucerit cu curaj» (28).

Între timp, Vuia s-a stabilit permanent în Franța, la Garche, în regiunea pariziana. În timpul Primului Război Mondial a lucrat la Biroul de Invenții al Ministerului de Război unde, împreună

cu Victor Tatin, a proiectat o torpilă care a intrat în dotarea armatei franceze (29).

Deși a renunțat la construcția de avioane, Vuia nu a renunțat la zbor, trecând la zborul vertical. De asemenea, a continuat să îmbunătățească cazanele, convins că aburul mai are un frumos viitor în față.

Elicopterele Vuia

Cu puțin timp înainte de Primul Război Mondial, Vuia a început să se intereseze de zborul vertical și a schițat mai multe proiecte pentru elicoptere sau «mașini cu aripă rotativă», așa cum le numea el (30). În aceeași perioadă, a început studiul sistematic al planurilor înclinate rotative și a efectuat o serie de studii experimentale între 1914 și ianuarie 1916 (31). „Am încercat”, scrie Vuia într-o scrisoare către biograful său, „să clarific problema ridicării elicelor într-un mod practic, prin înființarea unui laborator în care am testat elice cu 2, 3 și 4 pale de diferite forme pe care le-am plasat în diferite poziții. În total, am realizat 46 de încercări, fiecare pentru 21 de viteze” (32).

Rezultatele au fost publicate de Vuia la Paris în 1919 într-un pamflet intitulat *Studiu experimental asupra planurilor înclinate rotative*.

Trebuie remarcat faptul că, la acea vreme, mai mulți cercetători acordau o atenție din ce în ce mai mare elicopterului, care făcuse deja primii pași. Dar multe probleme erau încă slab înțelese. În special, au existat controverse cu privire la greutatea maximă pe care o poate ridica o elice. Valorile au variat de la 5 la 22 kg/CP. Această levitație a fost comparată cu cea obținută cu aripile în mișcare rectilinie.

În această atmosferă Vuia își realizează testele sale. După ce a specificat, în broșura sa citată mai sus, că trebuie făcută o distincție între o elice de tracțiune sau propulsie de mare viteză destinată să ridice greutatea mică și cea de mică viteză destinată să ridice greutatea mare și că el ia criteriu de comparație în testele sale «încărcarea aripilor pe unitate de suprafață portantă», Vuia scrie: «Rezultatul acestor teste este că planurile înclinate în rotație permanentă fac posibilă nu numai realizarea zborului pe loc și ascensiunea verticală, ci și ridicarea unor sarcini mai mari pe unitate de lucru decât cele realizate cu planuri în mișcare rectilinie. Putem vedea că, pe măsură ce

sarcina pe unitate de suprafață portantă scade, lucrul mecanic de ridicare scade.»

După ce a dat caracteristicile diferitelor elice testate și a specificat că toate aceste teste sunt făcute la tracțiune, Vuia concluzionează că: «sarcina ridicată pe cal-putere este invers proporțională cu viteza de rotație sau încărcarea aripii pe unitate de suprafață portantă; greutatea de ridicare și încărcarea aripilor pe unitate de suprafață portantă cresc cu pătratul vitezei de rotație; lucru mecanic absorbit crește ca cubul acestei viteze».

El precizează, de asemenea, că: «cele mai bune efecte se obțin cu două și trei aripi care corespund unei fracțiuni de pași de 50 și 75°; apoi vin cele cu 4 aripi suprapuse, când incidența aripelor superioare este mai mică decât cea a celor inferioare; între 8 și 15 grade, randamentul nu prezintă variații notabile; numărul de aripi crește considerabil eficiența numai dacă încărcarea aripilor este scăzută, adică dacă planurile rotative sunt sustenatoare; eficiența crește foarte apreciabil dacă, în dispozitivul de aripi suprapuse, incidența aripelor este mai mică pe partea de aspirație».

Vuia a studiat, de asemenea, utilizarea aceleiași elice atât pentru ridicare, cât și pentru propulsie și a fost interesat de condițiile de echilibrare ale elicopterului.

În 1918, pe baza studiilor, Vuia a construit primul sau elicopter. Este un cadru (grindă) din tub de oțel și duraluminiu la capetele căruia se află două grupuri identice de elice cu două pale, grup format din 2 elice plasate în formă de cruce și având pasuri diferite. Elicea inferioară are un pas mai mare decât cea superioară. Fiecare grup de elice este plasat pe o axă ușor înclinată înainte, astfel încât să ofere ridicare și tracțiune în același timp. Formate dintr-o structură de lemn acoperită cu pânză, se rotesc în direcții opuse una față de cealaltă. Suprafața lor este de 32 m² (diametru 6,5 m). Elicele sunt acționate de forța musculară a pilotului printr-un set de pedale și o transmisie prin axe și angrenaje. Axele orizontale sunt plasate în interiorul tuburilor cadrului elicei. Perpendicular pe ea este un alt cadru metalic care poartă cârmele. Elicopterul, care cântărește 90 kg, este echipat cu tren de aterizare cu 3 roți. Pilotul stă în mijlocul cadrului elicei.

Acest elicopter a fost testat pe aeroportul Juvisy în 1920 de către ciclistul profesionist Gaston

Dégy, care a obținut o viteză de rotație a elicei de 37 rpm. Înainte de decolare, a rulat 1-2 m și s-a ridicat la 10 m (33).

În 1921, Vuia a construit un nou aparat de aceleași dimensiuni, echipat cu un motor cu 4 cilindri în linie (diametru 52 cm, cursă 88 cm) de 8 CP cântărind 53 kg care, prin transmisia descrisă mai sus, acționa elicele cu o viteză maximă de rotație de 85 rpm. Elicopterul, care cântărea 195 kg, a fost testat în 1922 mai întâi la Juvisy (primul test pe 18 martie), apoi la Issy-les-Moulineaux de către pilotul Laurent. A efectuat mai multe zboruri la o înălțime de câțiva metri, viteza maximă de deplasare fiind de 20 km/h (34).

Nevoia unui motor mai puternic era evidentă pentru Vuia, cel care echipa elicopterul având o putere specifică care nu era foarte performantă pentru acea vreme: 0,15 CP/kg. Dar încă o dată, lipsa banilor l-a obligat să-și întrerupă testele, în ciuda unui ajutor timid acordat într-o perioadă scurtă de timp de revista *Les Ailes* și de producătorul de automobile J. Gras.

Abia în 1925 testele au fost continuate datorită ajutorului moral și financiar al industriașilor Marcel Yvonnau, tată și fiu. A fost construit un nou elicopter cu un motor de aviație bun, un Anzani de 16 CP. Este foarte asemănător cu cel precedent care a fost distrus de vandali în magazia în care era parcat. Primele teste au fost efectuate la Issy-les-Moulineaux de Laurent și M. Yvonnau în octombrie 1925. Pe 31 octombrie, Yvonnau a atins o înălțime de 10 m. Testele au continuat în 1926, după care au fost abandonate definitiv (35).

De menționat și faptul că în 1925 Vuia a realizat proiectul unui elicopter cu 4 rotoare în tandem și o cabină pentru 100 de persoane (36).

Generatorul de abur de înaltă presiune Vuia

Pentru ultima dată, Vuia, al cărui spirit inovator este neobosit, are o întâlnire cu aviația prin intermediul generatorului de abur. Chiar dacă aburul a fost doar testat și nu a fost ales ca soluție de către producătorii de aeronave, ne oprim asupra acestui subiect care este de un interes științific și practic incontestabil și contribuția Vuia de cea mai mare importanță.

Vuia, care, ne amintim, a folosit un motor cu aburi ca motor al primului său avion, a rămas

convins, chiar și după ce l-a abandonat în favoarea motorului cu ardere internă, că această tehnică nu era saturată și cu atât mai puțin învechită. Acesta este motivul pentru care, din 1925 încoace, cu ajutorul financiar acordat din nou de domnul Yvon-nau, a reluat serios studiul îmbunătățirii cazanului, o parte esențială a unei instalații cu abur de care depindeau în mare măsură eficiența și puterea specifică a ansamblului motorului.

Cazanul pe care îl proiectează Vuia este o mare noutate. În unele privințe – un cazan acvatur-bular în spirală cu vaporizare foarte rapidă (cunoscut sub numele de «vaporizare instantanee») – este un descendent îndepărtat al cazanului Serpollet. Marea sa originalitate constă în camera lui de ardere, o ardere rapidă conform principiului cunoscut sub numele de «combustie de suprafață»; adică într-o accelerare a arderii amestecurilor carburate exercitate de suprafețele încălzite la temperaturi foarte ridicate, care joacă un rol catalitic (37).

Partea cheie a cazanului este această cameră de ardere cilindrică care trebuie să fie realizată dintr-un material capabil să reziste la temperaturi foarte ridicate (în jur de 2000°C) la care are loc arderea. Vuia a avut dificultăți în a-l găsi. În cele din urmă, a fost un aliaj inoxidabil foarte bogat în crom și nichel, numit «Ni-cromic», care a corespuns cerințelor (38).

Această cameră de ardere este echipată cu un injector (arzător) la un capăt și o bujie electrică la celălalt. Aceasta se află, la intrarea în prima cameră inelară care înconjoară camera de ardere și care este, de asemenea, realizată din același aliaj inoxidabil. Există mai multe camere inelare în jurul camerei de ardere principale, imbricate una în cealaltă, care comunică între ele și cu camera de ardere și în care sunt adăpostite un număr egal de bobine care, la rândul lor, prin conexiuni externe, comunică între ele. Aceste bobine sunt realizate din tuburi cu diametru mic (8-12 mm). Apa și aburul circulă din exterior în șemineu în sens contrar gazelor arse. Trebuie remarcat faptul că camerele inelare sunt mai înguste cu cât sunt mai departe de vatră, astfel încât gazele de ardere păstrează aceeași viteză de trecere în ciuda scăderii volumului lor pe măsură ce se răcesc. În mod similar, diametrul tuburilor bobinei crește treptat din exterior spre camera de ardere principală (39). De reținut

în această construcție calitățile termodinamice ale cazanului Vuia. Alimentarea cu apă este asigurată de o pompă care trebuie să furnizeze în fiecare moment o cantitate de apă egală cu cea consumată (cazanul nu are rezervă de apă). Arzătorul este alimentat cu aer și combustibil lichid sau gazos sub presiune folosind compresoare și o pompă. Debitul lor sunt reglate în funcție de regimul de funcționare al generatorului. Această setare poate fi automată.

La pornire, amestecul de combustibil injectat de arzător în camera de ardere este aprins de bujia electrică de la intrarea primei camere inelare (40). Arderea începe câteva momente mai târziu în camera de ardere propriu-zisă. Pe măsură ce se încălzește, flacăra coboară din ce în ce mai mult spre arzător. Când pereții camerei devin incandescenti, flacăra dispare complet și arderea are loc la o temperatură cu atât mai mare cu cât viteza gazelor și presiunea lor cresc. Amestecarea la ieșirea arzătorului se face termic prin disociere și nu mecanic prin pulverizare. Hidrocarburile, înainte de oxidare, sunt aduse la temperatura de volatilizare completă și reduse la vapori în stare atomică. Arderea este astfel completă, incandescența vetrei permițând aprinderea tuturor gazelor.

La sfârșitul anilor 1930, Vuia a reușit să obțină o temperatură în camera de ardere care se apropia de 2000°C. Temperatura gazelor arse la ieșirea cazanului este de numai 40°C. Acest lucru oferă un randament foarte bun – 95%. Viteza maximă a gazelor este de 300 m/s. Trebuie remarcat faptul că, deoarece vaporizarea este instantanee, randamentul este menținut ridicat la cele mai variabile viteze.

Cazanul Vuia are o viteză mare de pornire – 1 până la 3 minute – și o inerție foarte scăzută. De asemenea, trebuie menționat, printre avantajele sale, posibilitatea folosirii a tot felul de combustibili, este ieftin (în 1940 de aproximativ 3 ori mai ieftin decât un cazan normal de aceeași capacitate), nu are nevoie de izolație termică și mai ales are o putere specifică mare (în 1940 aproape 1 CP/kg). De asemenea, funcționează în condiții de siguranță totală. De fapt, este neexploziv: excesul de presiune poate provoca ruperea bobinei, iar aburul care scapă face ca arzătorul să se oprească automat (41).

Generatorul produce abur la o presiune de 100 până la 200 bari și o temperatură de 500°C (42). Până în 1939, Vuia a produs mai multe modele de cazane de înaltă presiune de diferite dimensiuni și capacități, fiecare dintre ele fiind un multiplu al unei «unități de bază». Această „unitate” reprezintă o singură bobină care produce 105 kg de abur pe oră. Există 5 modele realizate pentru o producție de abur variind de la 210 kg/h (2 spirale) la 3360 kg/h (32 spirale), fiecare cazan fiind de două ori mai mare decât celălalt. Unitatea de 210 kg/h produce abur la 450°C și 100 bari. Are un diametru de 27,5 cm și o înălțime de 55 cm. Cazanul de 3,3 t/h măsoară 56 cm în diametru și 136,5 în înălțime (43).

Pentru capacități mai mari de 3,3 t/h, Vuia recomandă utilizarea bateriilor de cazane (44). Cazanele Vuia au fost testate oficial la Laboratorul Național de Testare al CNAM (Conservatoire National des Arts et Métiers – Paris) în 1937 și 1939. În 1937, testele au dat o sarcină termică maximă pentru vatră de 184800000 kcal/m3h: în 1939, 400 milioane kcal/m3h (45). Aburul produs a acționat pe un motor de mașină convertit cuplat cu o frână Prony. La acea vreme, generatorul Vuia a fost subiectul unor prezentări laudative în tratate precum cel al lui G. Brola: *Generatoare de abur la presiune foarte mare*.

Pentru toate aceste calități, generatorul Vuia ar fi trebuit să aibă multe aplicații: instalații fixe, nave, locomotive, mașini etc... La sfârșitul anilor 1930, mulți cercetători erau convinși că presiunea foarte mare ar permite turbogeneratoarelor să înlocuiască motorul diesel. Dar nu a fost cazul. Eșecul său, care poate fi parțial explicat prin apariția sa într-un moment nepotrivit, este probabil doar temporar și circumstanțial.

Trebuie remarcat faptul că, pe lângă acest tip de generator de foarte înaltă presiune, au fost construite și generatoare, cunoscute sub numele de generatoare de joasă presiune, cu o structură similară, dar care furnizează abur la presiune și temperatură scăzută. Alimentarea cu aer și combustibil este la presiune scăzută. Evident, nu sunt folosite pentru a alimenta motoare. Au fost studiate și proiecte, au fost construite prototipuri și chiar utilizate. De exemplu, unele cazane sunt testate în instalații fixe, altele vor fi utilizate

în industrie sau pentru încălzirea clădirilor. În Germania, în 1951, la Farbenfabrique Bayer din Leverkusen sau în România pentru a încălzi Muzeul Tehnic din București. Un prototip de mașină echipat cu un generator Vuia care funcționează la o presiune de 120-150 de bari a fost construit la Paris în 1941 (46).

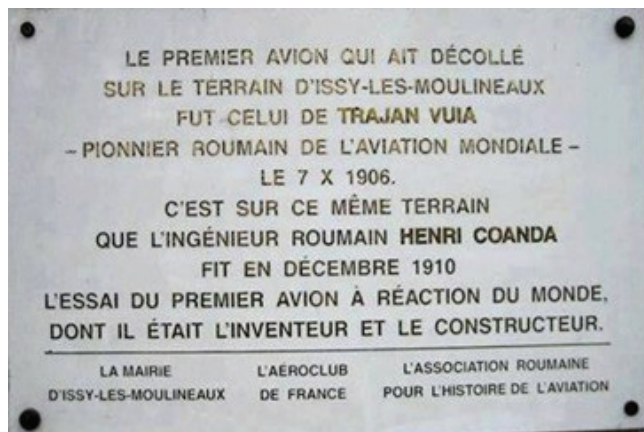
În ceea ce privește aviația, compania Bréguet a fost cea care a proiectat, în 1940, un avion de luptă echipat cu o turbină cu reacție de 1200 CP la 30.000 rpm, alimentată de un generator Vuia care furniza abur la o presiune de 130 de bari. Condensatoarele sunt instalate pe aripile aeronavei (47).

În concluzie, trebuie remarcat faptul că Traian Vuia nu a fost doar un genial tehnician și inventator, ci și un om implicat în viața socială și politică. El a fost dedicat promovării progresului tehnic, după cum se vede, în implicarea sa în problema înființării de laboratoare de testare și cercetare pentru aviație. La sfârșitul Primului Război Mondial, a apărut drepturile românilor din Imperiul Austro-Ungar publicând o carte despre ei la Paris. În timpul celui de-al Doilea Război Mondial, a fost președinte al Frontului Național Român din Franța, organizație care a reunit luptătorii antinaziști români. După cel de-al Doilea Război Mondial, în 1950, în ciuda situației din țara sa de origine, acum sub dominație comunistă, a decis, fiind foarte bolnav, să se întoarcă în România. A supraviețuit acolo timp de o lună până la 2 septembrie 1950.

Meritele sale tehnice au început să fie recunoscute după moartea sa. Astfel, cu ocazia aniversării, în 1956, a unei jumătăți de secol de la prima decolare (expoziția «Anul aeronautic 1906» la Le Bourget), Ch. Dollfus, directorul Muzeului Aerului, care îl cunoștea și îl aprecia încă de la începuturile sale la Paris, a restaurat aeronava (lucrare a lui H. Picart) care este acum expusă în Locul de Onoare de la Muzeul Aerului (49). Datorită insistenței și entuziasmului lui Alexandru Danielopol, o figură proeminentă a comunității românești din Franța, membru al Aéro-Club de France, unde sunt și eu membru, în 1979 a fost plasată o placă la Primăria Montesson amintind de zborul lui Vuia din 18 martie 1906.

Ulterior la sfârșitul anilor 1990 la Primăria Issy-les-Moulineaux, unde locuiesc, a fost instalată

de asemenea o placă comemorativă în memoria lui Traian Vuia și Henri Coandă.



Placă omagială la Primăria Issy-les-Moulineaux

Note

- 1) MASFRAND, p. 54.
- 2) DOLLFUS, Omagiu, p. 3.
- 3) Istoria Aviației, p. 3.
- 4) Renumită instituție de învățământ și cercetare. Laboratorul de testare a fost unul dintre ele. Ader a oferit avionul nr. 3.
- 5) VUIA, Proiect Avion Auto; Proceduri, p. 478.
- 6) Brevetul francez nr. 332106; Brevet englez nr. 11181.
- 7) Putem menționa numele: C. BREDICEANU, N. TITULESCU, M. STURDZA.
- 8) S-a dovedit a fi foarte robust, rezistent la toate teste și, de asemenea, la timp.
- 9) MASFRAND, p. 54 și DUMAS, p. 16.
- 10) GIBBS-SMITH, p. 119.
- 11) Alegerea dioxidului de carbon se datorează faptului că căldura sa latentă de vaporizare este doar o zecime din cea a apei.
- 12) Așa-numitul cazan de «vaporizare instantanee» a fost proiectat de Serpollet în anii 1880 și cunoscut pentru performanța sa ridicată, inclusiv vaporizarea și ajungerea rapidă a aburului la parametrii de funcționare. Mașinile cu aburi Serpollet dețineau recordul de viteză la acea vreme cu aproape 140 km/h. În memoriile sale din 1903, Vuia s-a referit la ele.
- 13) FOURNIER, p. 164 & GHEORGHIU, p. 34.
- 14) Trebuie remarcat faptul că la acea vreme, motoarele cu ardere internă atingeau deja puteri specifice destul de ridicate. Astfel, în 1904, Levasseur a proiectat motoarele Antoinette, cu puteri specifice de 0,3 CP/kg (8 cilindri în V – 156 kg, 50 CP) și Peugeot i-a livrat lui F. Ferber, în 1905, un motor cu 2 cilindri în «V» de 0,23 CP/kg (12 CP pentru 27 kg). HERLEA, pp. 118 și 120.
- 15) V. Tatin avea o mare experiență în domeniu; el a proiectat elicea dirijabilului electric al fraților Tissandier. Trebuie remarcat faptul că Vuia a folosit o singură elice și nu două care se roteau în direcții opuse, o soluție comună la acea vreme.
- 16) În mai multe publicații menționate în bibliografie, există descrieri ale aeronavelor lui Vuia, inclusiv Vuia No. 1. Există diferențe mici, nesemnificative în unele dimensiuni. LIPOVAN, Traian Vuia, p. 76 și următoarele; MASFRAND, pp. 53-45, DUMAS, p. 16.

17) MASFRAND, p. 54.

18) «După câteva modificări aduse avionului în sine», scrie Vuia, «l-am montat pe mașină și am încercat să lansez pe 18 martie. Am ales ca drum cel care merge de la Montesson la Sena. Am pornit de mai multe ori: am observat de fiecare dată că arcurile pe care sunt montate roțile din față s-au relaxat de îndată ce viteza a devenit mai mare și nu mai simțeam denivelările solului în ciuda stării proaste a drumului. Dar elicea încetinea foarte des și chiar se oprea, pentru că arborele cu came care controlează supapele motorului ajungea în punct mort, de fiecare dată când dădeam drumul manetei care îl controlează și îl fixează. Într-un ultim test, cu vânt lateral, am crescut aportul de abur și mașina s-a ridicat brusc la o înălțime de 0,60 m până la 1 m. Dar de îndată ce ea a părăsit solul, elicea a încetinit și motorul, împins de vântul lateral, după câteva lovituri, a aterizat pe câmp, atât de ușor încât nu am putut simți nici cel mai mic șoc. Acolo, mașina a fost răsturnată de vânt; Elicea și trei tuburi de sustentatie ale aparatului au fost deteriorate. Distanța parcursă în a fost de aproximativ 12 m. Am putut vedea că arborele cu came era, într-adevăr la punct mort și că acest fapt a făcut ca elicea să încetinească și în cele din urmă să se oprească complet. Nu aș putea spune viteza în momentul în care mașina a părăsit solul, dar estimez că nu a fost mult mai mare de 50 km. Puterea folosită a fost doar aproximativ o treime din cea de care pot dispune. Înclinația avionului a fost de 10°. Situațiile de care le-am putut sesiza sunt următoarele:

1° De îndată ce mașina capătă o anumită viteză, pierderea în greutate elimină efectul denivelărilor solului:

2° De îndată ce elicea se oprește, motorul nu se deplasează mai mult de 20 până la 30 m pe sol, în timp ce anterior, fără planul planului de sustentatie, s-a deplasat cu până la 150 m după oprirea elicei. Acest lucru arată că rezistența la acest plan anulează foarte repede forța vie a mașinii lansate;

3° Rezistența cadrului, a unei mașini ca a mea sunt, la viteza necesară pentru ridicare, atât de mici încât pot fi neglijate;

4° Că forța necesară pentru ridicarea unui avion este mult mai mică decât cea anunțată de anumiți aviatori;

5° Că avionul nu este o mașină periculoasă dacă se utilizează numai mijloacele la îndemână pentru lansarea acestuia;

6° Plecarea unui avion montat pe roți cauciucate poate fi efectuată chiar și pe drumuri proaste. De îndată ce modificările pe care le-am considerat necesare vor fi finalizate, voi face o nouă încercare lansându-mă cu vântul în pânze.» VUIA, Eseuri noi, p. 106.

19) VUIA, Avionul cu motor, p. 195.

20) VUIA, Eseuri noi, p. 106.

21) DUMAS, p. 20 & LIPOVAN, Traian Vuia, p. 184.

22) Ibidem.

23) Ibidem.

24) BIE, p. 15.

25) DUMAS, p. 25 & LIPOVAN, Traian Vuia, p. 186.

26) DUMAS, p. 26 & HERLEA, p. 120.

27) Istoria aviației, p. 37 și Primele experimente, p. 228.

28) PEYREY, p. 398.

29) MOROIANU, p. 245 & Istoria aviației, p. 37.

30) Un elicopter nou, p. 198 & LIPOVAN, Elicopterele.

31) VUIA, Studiu experimental, p.4.

32) LIPOVAN, TRAIAN Vuia, p. 237.

33) LIOVAN, Elicopterele & LIPOVAN, Traian Vuia, p. 239.

34) Un nou elicopter, p. 198.

35) LIPOVAN, Elicopterele.

36) Ibidem.

37) Este un fel de «cracare» multiplă a disocierii atomice, oxidarea hidrocarburilor având loc într-un lanț prin pași ultra-rapizi, produsele de ardere ale primei etape având o acțiune «catalitică» asupra următoarelor reacții. BROLA, p. 31.

38) METIANU, p. 31.

39) Pe măsură ce aburul crește în volum pe măsură ce se încălzește, trebuie evitată o pierdere de presiune de-a lungul bobinei datorată unei creșteri rapide a vitezei fluidului. Deci, există întotdeauna un compromis între pierderea de presiune, viteză, debitul de abur și diametrul tubului.

40) Aprinderea în cilindrul camerei de ardere nu poate avea loc din cauza vitezei mari de circulație a amestecului injectat. Acesta trebuie să fie aproape de amestecul stoichiometric: 11,2 m³ de aer 11. de petrol.

41) Ibidem. P. 160.

42) BROLA, p. 154.

43) METIANU, p. 30. Tabel cu dimensiunile generatoarelor Vuia:

44) Ibidem, p. 83.

45) Ibidem, pp. 31-33. Într-un cazan Velox, sarcina menajeră nu depășește 8 milioane Kcal/m³h.

46) METIANU, p. 70 și p. 79 și BROLA, p. 168.

47) BROLA, p. 164.

48) VUIA, Întrebarea, p. 344.

49) DOLLFUS, Hommage à T. Vuia, p.6.

Bibliografie

BIE, André. Un précurseur de l'aile volante: Traian Vuia, *L'Aviation Magazine*, nr. 186, Paris, mai 1965, p. 14-15.

BOUQUET DE LA GRYE, L'atterrissage des aéroplanes. *L'Aérophile*, février 1906, p. 52.

BROLA, G. Générateurs de vapeur à très haute pression, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 136, Ed. Dunod, Paris, 1941, Paris, 1903, p. 478.

DE FORGE, Serzac. *L'homme s'envole. Le Passé, le Présent et l'Avenir de l'Aviation*, Ed. Berger-Levrault, Paris, 1909.

DOLLFUS, Charles. *Histoire de la navigation aérienne. L'avion des origines à 1909*. Paris, 1910.

DOLLFUS Charles et BOUCHE Henri, *Histoire de l'aéronautique*. Édition L'Illustration, Paris, 1932.

DOLLFUS Charles. Hommage à T. Vuia - manuscrit dact. 6 p., 1957, *Dossier T. Vuia, Musée de l'Air et de l'Espace - Bourget*

DUMAS Alexandre. Ceux qui ont volé et leurs appareils, Édition du journal *L'Aéro*, Paris, 1909.

FOURNIER C., L'Aéroplane Vuia, *La Nature*, n. 1733, Paris, août 1906, p. 164-166.

GHEORGHIU Constantin. *Zboruri celebre*, Ed. Științifică, București, 1964.

GIBBS-SMITH Charles. Aviation - an historical survey, Science Museum, London, 1985.

HERLEA Alexandre. Les moteurs d'aviation : naissance et évolution en France jusqu'à la fin de la 2ème

Guerre. *L'archéologie industrielle en France*, n. 15, Paris, 1987, p. 113-139.

ISTORIA Aviației Române, Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1984.

LES Premières expériences d'aviation en 1907, *L'illustration*, n. 3345, Paris, avril 1907, p. 228-229.

LIPOVAN George. *Traian Vuia realizatorul zborului mecanic*, Ed. Tehnică, București, 1956.

LIPOVAN George. Elicopterele lui Traian Vuia, *Sport și tehnică*, București, 1964.

METIANU A., *Generatorul de abur Traian Vuia*, Ed. Tehnică, Bucarest, 1957.

MOROIANU Dinu., ȘTEFAN I.M., Traian Vuia – teoretician, inventator și experimentator, *Focul viu*, Ed. Științifică, București, 1963, p. 242-255.

MĂRTURII TRAIAN VUIA. Ed. Tehnică, București, 1954, 2e édition, 1956.

MASFRAND André de, L'aéroplane sur roues de M. Vuia, *L'Aérophile*, février 1906, p. 53-54.

ORNA B. Vuia's Powered Flight's : the successes of a little known pioneer, *Flight*, march 1956, p. 365.

UN nouvel hélicoptère, *l'Aéronautique*, n. 48, Paris, 1923, p. 198.

VUIA Traian. Projet d'aéroplane-automobile, *Mărturii Traian Vuia*, Ed. Tehnica, București, 1954. P. 41-50.

VUIA Traian. Nouveaux essais de l'aéroplane Vuia, *L'Aérophile*, avril 1906, p. 105-106.

VUIA Traian. L'aéroplane à moteur de M. Vuia, *L'Aérophile*, septembre 1906, p. 195-196.

VUIA Traian. Note concernant l'appareil Vuia-1, manuscrit 2 p., dactylographiées. *Dossier T. Vuia, Musée de l'Air et de l'Espace - Bourget*

VUIA Traian. Étude expérimentale sur les plans inclinés en rotation, Ed. L'Atmosphère, Paris, 1919.

VUIA Traian. La question des laboratoires, *L'Aérophile*, novembre 1920, p. 344.

Acest text este traducerea în română a comunicării prezentată de autor la congresul ICOHTEC (International Committee for the History of Technology) din 1991 ce a avut loc la Viena și a fost publicat în actele congresului intitulat «The development of Technology in Traffic and Transport Systems». OFIT, Wien, 1922, pp. 242-261. Ea a fost, după cum afirmă dl. dr. Ioan Vasile Buiu în teza sa de doctorat intitulată: «Contribuții la Istoria Aeronauticii în România» susținută la UTC – Cluj în 2007 p. 135: «Până în prezent este singura lucrare despre opera lui Traian Vuia susținută într-un for științific internațional de prestigiu». Textul de mai jos nu este actualizat și se rezumă la bibliografia existentă până în 1991.