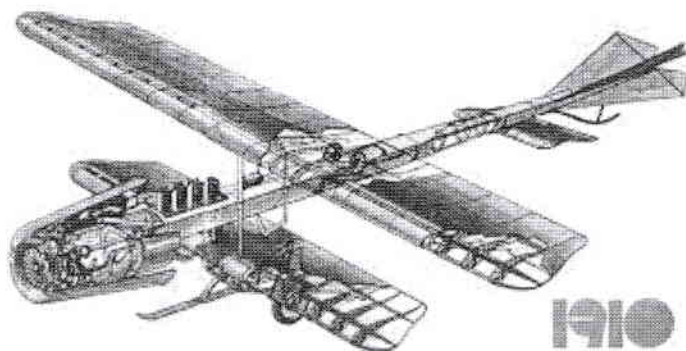


Cezar Dorin Galeriu

EFFECTUL COANDĂ



Editura Arcana
Timișoara, 2021

Efectul Coandă

Cuprins:

1. Efectul Coandă fenomen aero-hidrodinamic	1
<i>Bibliografie</i>	12
2. Ajutaje Coandă	15
<i>Bibliografie</i>	23
3. Aspecte particulare ale Efectului Coandă	
3.1. Stabilitatea curgerii Coandă. Histereza în procesul de ataşare-desprindere.....	27
<i>Bibliografie</i>	36
3.2.Efectul compresibilităţii	
3.2.1.Jeturi tran şi supersonice	37
<i>Bibliografie</i>	47
3.2.2. Cavitaţia şi Efectul Coandă	49
<i>Bibliografie</i>	57
3.3 Acţiunea câmpurilor exterioare asupra curgerii Coandă	
3.3.1. Vibraţiile sonore-acţiune şi generare în evoluţia Efectului Coandă	59
<i>Bibliografie</i>	69
3.3.2. Efectul temperaturii ca parametru fundamental al câmpului termic în curgerea Coandă	71
<i>Bibliografie</i>	81

3.3.3. Efectul Coandă în prezența câmpului electromagnetic	83
<i>Bibliografie</i>	86
4. Jeturile sintetice și Efectul Coandă	87
<i>Bibliografie</i>	91
5. Abordări teoretice ale curgerii Coandă	
5.1. Metoda analizei dimensionale	93
5.2. Metoda reprezentărilor conforme	95
5.3. Modele și modalități de aplicare și soluționare a ecuațiilor Mecanicii fluidelor.	99
5.3.1. Exemple de tratare a curgerii Coandă în ipoteza fluidului ideal/perfect	101
5.3.2. Modelul jetului parietal	115
5.3.3. Metode numerice. Mecanica fluidelor computerizată	139
<i>Bibliografie</i>	144
6. Ajutaje Coandă. Stațiuni și dispozitive. Comparații experiment-teorie	
6.1. Ajutaje Coandă cu volet plan	149
<i>Bibliografie</i>	163
6.2. Ajutaje Coandă cu volet poliedric	165
<i>Bibliografie</i>	170
6.3. Ajutaje Coandă cu volet cilindric	171
<i>Bibliografie</i>	214
6.4. Alte geometrii ale voletului ajutajelor Coandă	217
<i>Bibliografie</i>	237
6.5. Ajutaje Coandă cu volet suprafață tridimensională	239

<i>Bibliografie</i>	244
7. Ejectoare Coandă	251
7.1 Ejectoare Coandă interioare	253
7.2. Ejectoare Coandă exterioare	280
7.3. Ejectoare Coandă centrifugale	285
7.4. Soluții complexe de ejectoare Coandă interioare și exterioare	286
<i>Bibliografie</i>	290

Aplicații inițiate de H. Coandă

8. Vehicule sisteme și dispozitive propulsiv sustentatoare inițiate și dezvoltate de H. Coandă	295
<i>Bibliografie</i>	342
9. Aerodina lenticulară	351
<i>Bibliografie</i>	368
10. Mașini și instalații aero-hidraulice care aplică sau implică prezența Efectului Coandă	371
<i>Bibliografie</i>	390
11. Transport hidropneumatic prin conducte. Soluții bazate pe Efectul Coandă	395
<i>Bibliografie</i>	403
12. Injectoare și arzătoare cu Efect Coandă	405
<i>Bibliografie</i>	413
13. H. Coandă precursor al metodelor de atenuare a zgomotului	415
<i>Bibliografie</i>	421

Alte domenii cu aplicații ale Efectului Coandă

14. Elemente fluidice cu EfectCoandă	423
<i>Bibliografie</i>	439
15. Traductoare de măsură cu Efect Coandă	443
<i>Bibliografie</i>	446
16. Industria autovehiculelor beneficiara unor aplicații ale Efectului Coandă	447
<i>Bibliografie</i>	453
17. Aplicații ale Efectului Coandă la vehiculele cu efect de sol	455
<i>Bibliografie</i>	463
18. Soluții cu Efect Coandă prin care, în aeronautică, se modifică direcția și/sau sensul jetului propulsiv	465
<i>Bibliografie</i>	483
19. Efectul Coandă implicat în deservirea unor procese, operații sau instalații	487
<i>Bibliografie</i>	510
20. Dispozitive, experiențe și fenomene a căror apariție și/sau evoluție este explicată sau marcată de prezența Efectului Coandă	515
<i>Bibliografie</i>	551

1. Efectul Coandă-fenomen aerohidrodinamic

ROMÂNIA, în decursul istoriei omenirii, și-a adus o contribuție însemnată la patrimoniul mondial al civilizației . În galeria personalităților care au contribuit la dezvoltarea și progresul remarcabil al științei și tehnicii începutului de secol XX, se înscriu la loc de cinste inginerii, inventatorii și savanții români: Aurel Vlaicu[12], Traian Vuia [21], Henri Coandă[16], [17], Gogu Constantinescu[10]. Academicianul Henri Coandă este nominalizat în istoria științei și tehnicii ca **autor și constructor al primului avion cu reacție din lume**[1], Fig.1.1, și ca descoperitor și fecund inventator în aplicarea fenomenului ce-i poartă numele.

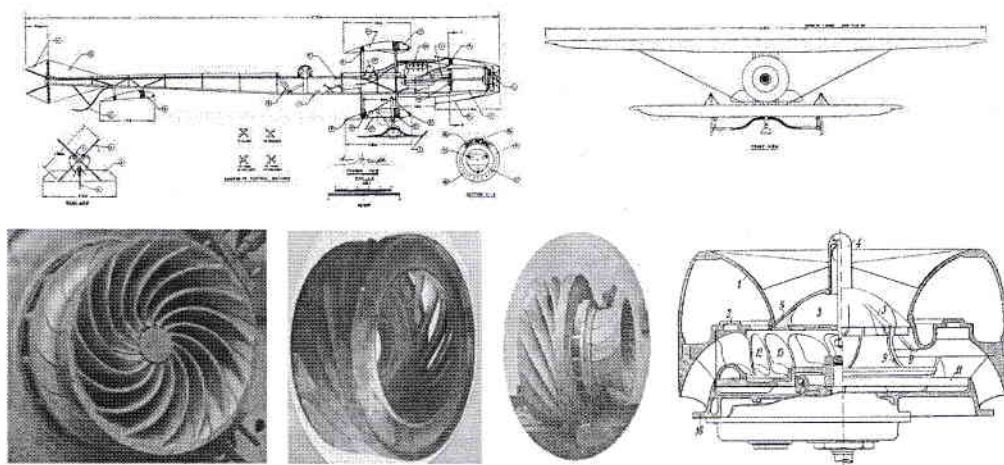


Fig.1.1.Henri Coandă autor și constructor al primului avion cu reacție din lume.[1].

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

Efectul Coandă a fost descoperit la 10 decembrie 1910 cu ocazia încercării în zbor a primului avion cu reacție din lume și brevetat de Henri Coandă la 8 octombrie 1934 cu titlul "Procedeu și dispozitiv de deviere a unui fluid care pătrunde în alt fluid"[2],[3], Fig.1.2.

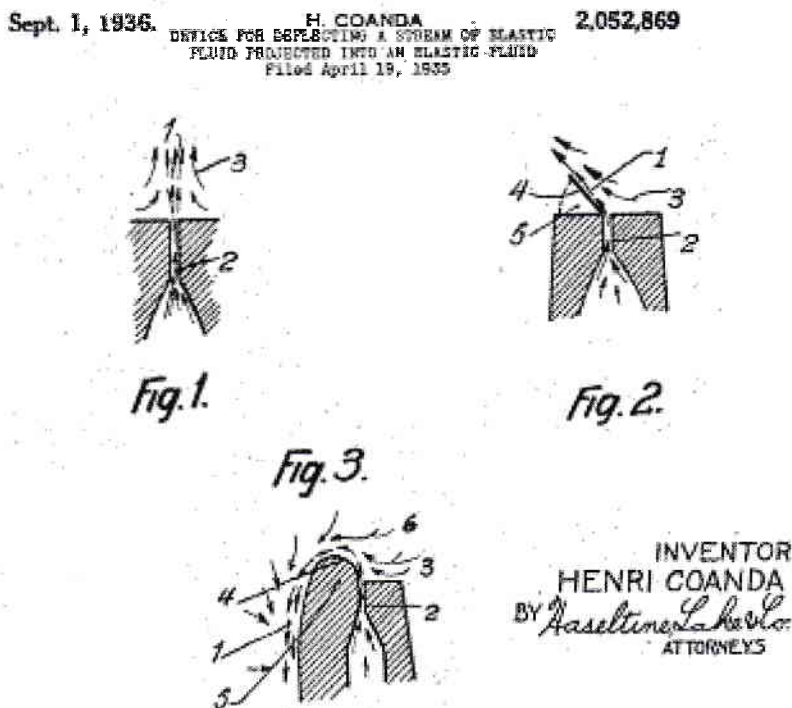


Fig.1.2.Efectul Coandă.

Specific jeturilor (relativ)subțiri, Efectul Coandă este un fenomen complex, dar care este **identificat** prin: **devierea și atașarea** (în anumite condiții) acestor jeturi în prezența unor frontiere solide-**voletți**-frontiere care constituie prelungiri plane ,poligonale sau curbe ale unuia din pereții ajutorajului sau canalului din care provine jetul, Fig.1.2-Fig.1.7.

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

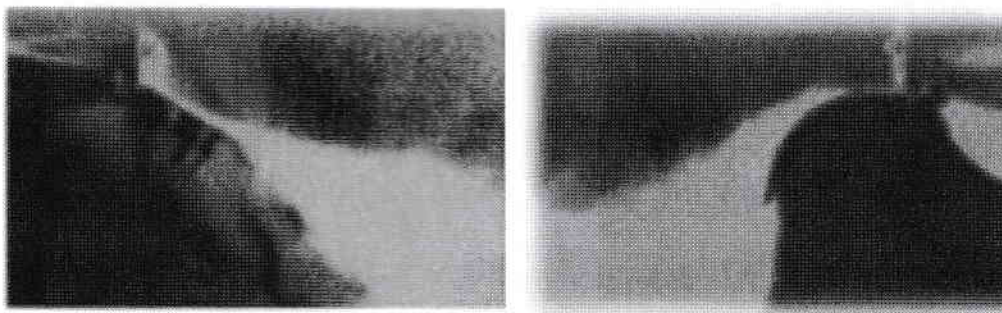


Fig.1.3. Efectul Coandă. Jet atașat, volet plan, volet curb ,H. Coandă[4]

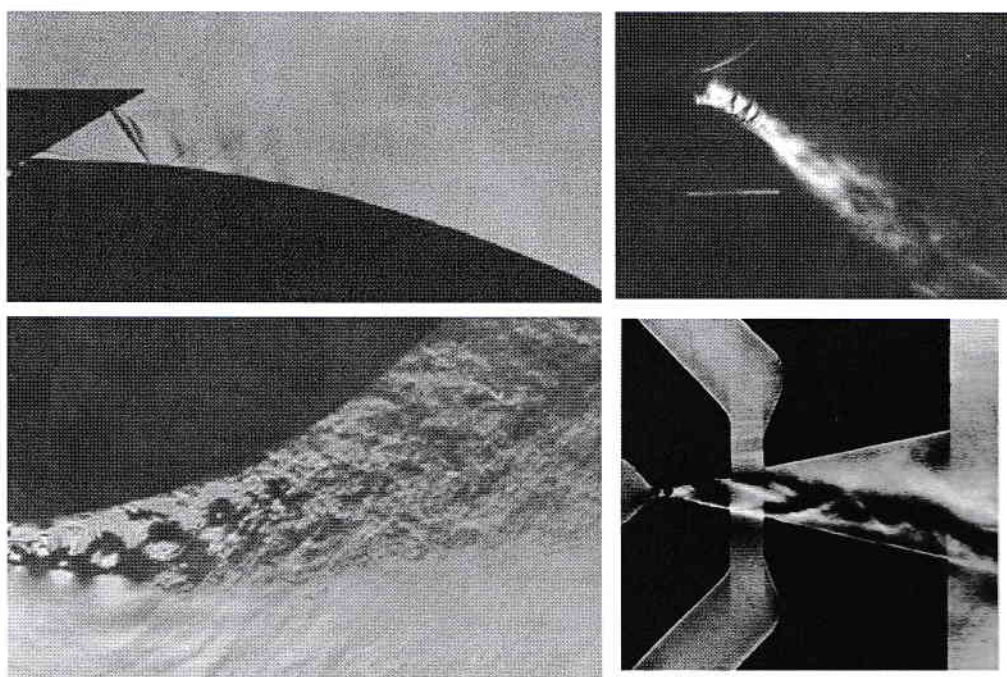


Fig.1.4. Efectul Coandă. Jet supersonic atașat, volet curb, Kojima [18], Chambers[8], Schmid&all[27], volet plan-element fluidic[5]

Efectul Coandă fenomen aerohidrodynamic



.1.5. Efectul Coandă. Jet lichid atașat, Naudin[25]

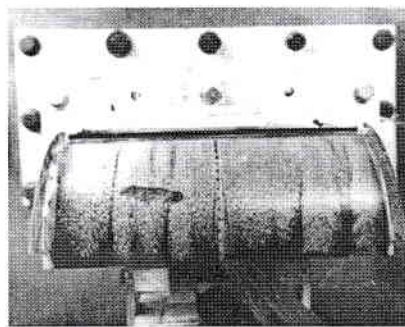
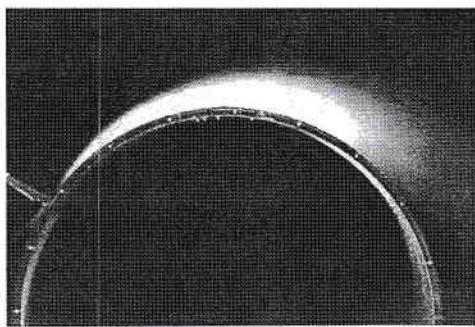


Fig.1.6. Efectul Coandă. Jet atașat volet curb. Vizualizare cu fum Harding&Aiden[15] și cu peliculă de ulei, Bailey[7]

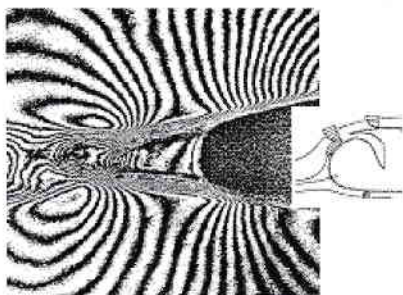


Fig.1.7. Efectul Coandă. Profil aerodinamic cu suflaj la bordul de fugă. Spectrul mișcării. Interferometrie cu laser, Bachelo[6]. Model de aerodină. Vizualizare prin metoda injectării de apă și fotografierii în lumina laser verde, Constantinescu[11].

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

Mișcarea de tip jet, Fig.1.8, este o mișcare efluentă, cu forfecare, a unui fluid-lichid sau gaz-provenit dintr-o secțiune de eflux, circulară, dreptunghiulară, eliptică, triunghiulară, ș.a. Tabloul mișcării de tip jet este determinat de:

- caracterul mișcării-sub sau supersonic, respectiv de *densitate*,
- de *numărul Reynolds*, (ale cărui valori caracterizează regimul de curgere-laminar sau turbulent), respectiv de *vâscozitate*, care provoacă și antrenarea de către jet a fluidului ambiental, și de *viteza în secțiunea de eflux* și,
- de *geometria și dimensiunile acesteia*

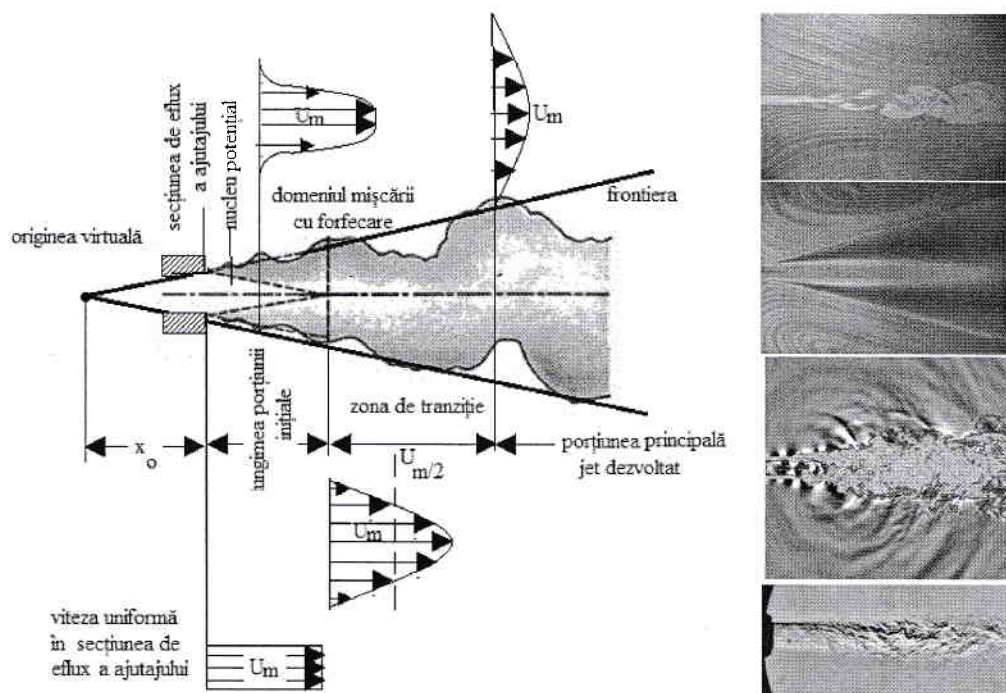


Fig.1.8.Modelul teoretic și vizualizări[xx] ale tabloului mișcărilor de tip jet,[30].

Jeturile "subțiri" capabile să conducă la apariția Efectului Coandă, sunt acelea la care înălțimea secțiunii de eflux a ajutorajului din care provin este mică în raport cu "lungimea" voletului.

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

Procesul de deviere și atașare a jetului la volet caracteristic Efectului Coandă este explicat și interpretat ca fiind generat și determinat în principal de vâscozitatea fluidului.

După C. Teodorescu-Țintea [32], mecanismul producerii devierii și atașării jetului la frontiera solidă este următorul. "După eșirea din ajutoraj jetul antrenează particulele mediului ambiant din partea unde nu există voletul și particulele din mediul domeniului fluid situat între volet și jet. Dacă voletul este suficient de lung locul particulelor aspirate din domeniul situat între volet și jet nu poate fi luat de particulele care vin din afara acestui domeniu și depresiunea astfel creată deviază curgerea în direcția voletului". În urma devierii jetului se constată o modificare a distribuțiilor de viteze în secțiunile transversale și de-a lungul jetului, și o scădere a presiunii în secțiunea de eflux a ajutorajului evidențiată de măsurătorile efectuate de Boyer și prezentate de Marwood[22], Fig.1.9.

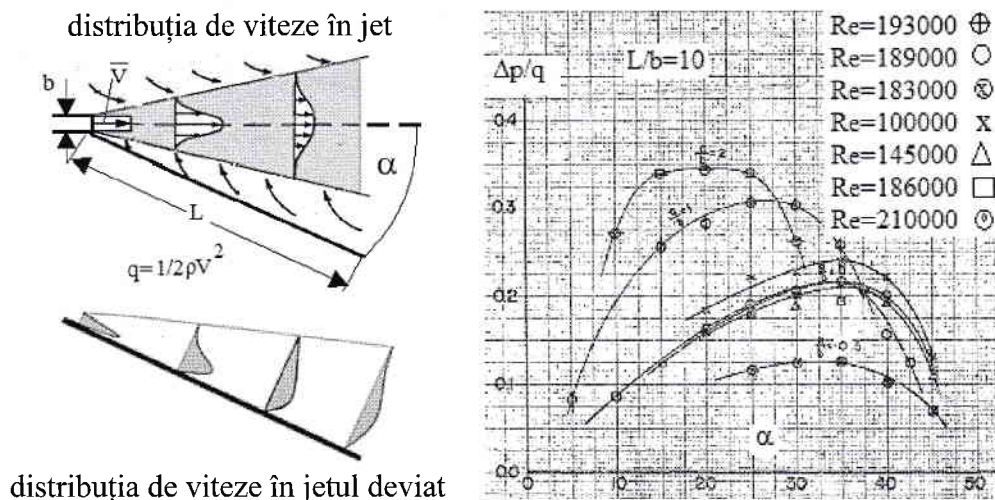


Fig.1.9. Efectul Coandă. Mecanismul devierii și atașării jetului. Interpretarea dată de C. Teodorescu-Țintea[32]. Căderea de presiuni în secțiunea de eflux a ajutorajului pentru diferite numere Re și unghiuri de bracăj α , Marwood[22]

Panitz&Wasan [26], prin vizualizări efectuate în apă, constată că în jetul ce părăsește ajutorajul, Fig.1.10, se identifică două pânze de vârtejuri în care, vârtejurile izolate ce le compun se rotesc în sensuri contrare, cele dispuse în zona adiacentă voletului având sensul de rotație orientat spre volet. Depresiunea asociată pânzei de vârtejuri dinspre volet tinde să atașeze jetul. Totodată în

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

tabloul curgerii se disting două zone, o zonă cu presiuni relativ joase în care vârtejurile își mențin în parte sensul de rotație, și o zonă de recirculație.

La viteze mai mari, zona de recirculație este complet eliminată. Jetul este atașat pe întreaga lungime a coletului iar debitul antrenat este maxim. De menționat că în situația concretă evoluția jetului este influențată de prezența peretelui superior, care după Mehus [23] are rolul de a forța antrenarea fluidului și de a accelera curgerea.

Kadosch[18], consideră că procesul de atașare este determinat de interacțiunea dintre jetul isentropic și zonele adiacente disipative și că devierea este cauzată de dezechilibrul provocat de înlocuirea unei zone de amestec, instabilă, pe o parte a jetului, printr-un strat limită stabil și subțiat, care creează un câmp de presiune ce poate fi reprezentat ca o repartitie de absorbții de-a lungul voletului, Fig.1.10.

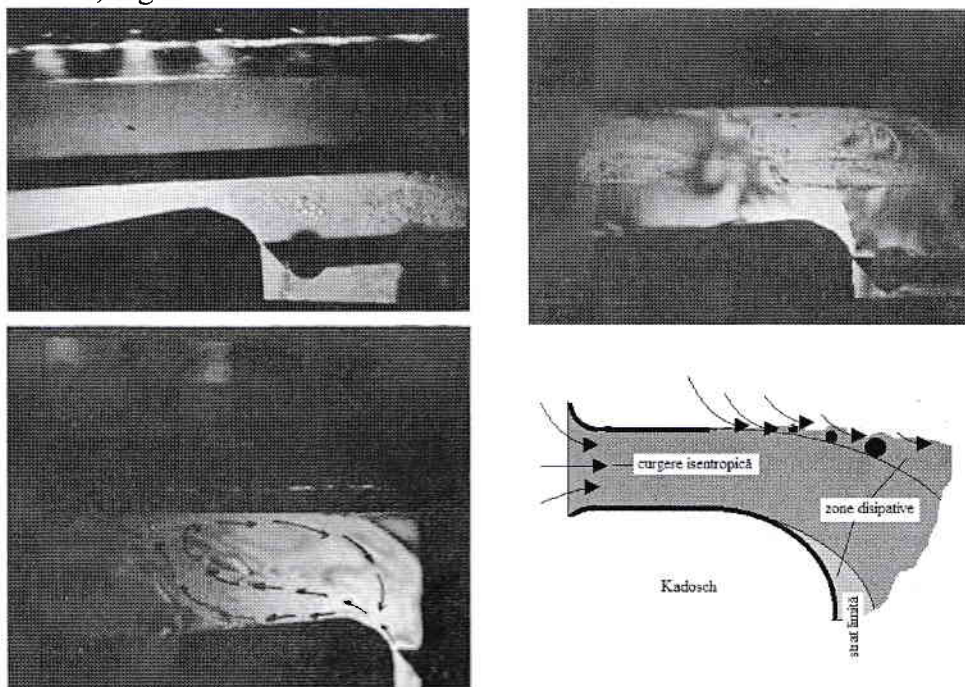


Fig.1.10. Efectul Coandă. Mecanismul devierii și atașării jetului. Interpretarea dată de Panitz&Wasan[26] și Kadosch[18]

În consens cu interpretările privind mecanismul producerii și ca o consecință a devierii, Efectul Coandă, prezintă, în baza experiențelor, și anumite **caracteristici definitorii**.

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

Astfel concomitent cu devierea apar ”unde depresionare [32], care se propagă de la volet în interiorul jetului și dacă jetul este subsonic în interiorul canalului. Drept urmare se produce o **accelerare** corespunzătoare a **fluidului prin canal și jet** și implicit **modificarea câmpurilor de viteze** în tot domeniul curgerii. Dacă inițial repartiția vitezelor în secțiunea de eșire a ajutorajului era uniformă, după devierea jetului aceasta devine asimetrică prezentând un maxim în punctul în care peretele canalului(ajutorajului) se unește cu voletul”. În celelalte secțiuni transversale din jet câmpurile de viteze au profiluri asemănătoare însă din ce în ce mai aplatizate atât în amonte cât și în aval, Fig.1.11, cu observația că în *anumite situații*, se semnalează prezența în jetul atașat a unei **zone de recirculație**, Fig.1.12

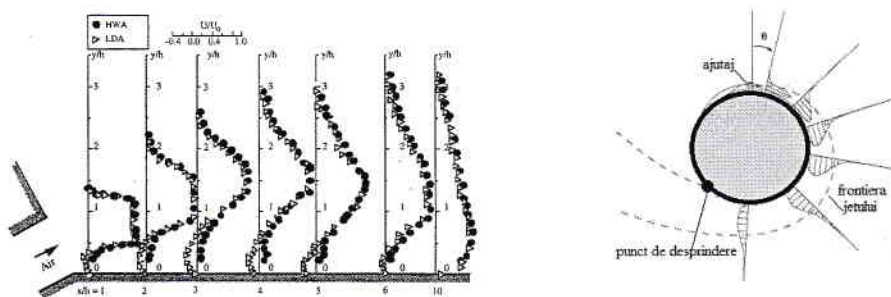


Fig.1.11. Distribuția de viteze în jetul atașat prin Efect Coandă. Volet plan, Lai[20], volet cilindric.

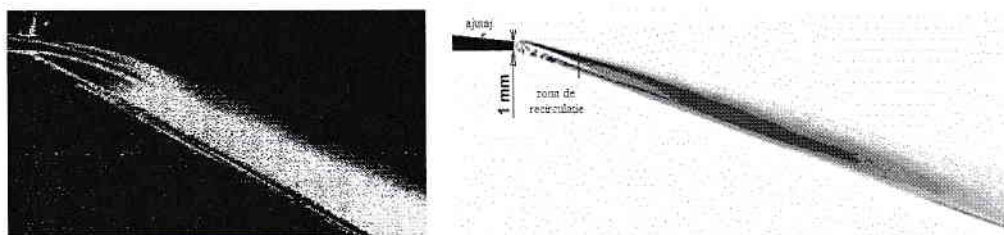


Fig.1.12. Efectul Coandă. Volet plan. Prezența zonei de recirculație în jetul atașat Lai&Lu[20], Moser&all[24].

Acest tablou al mișcării în jetul deviat explică și:

- prezența unei **zone depresionare** pe o **anumită porțiune a voletului**, începând de la punctul de racordare cu peretele ajutorajului(canalului), Fig.1.13

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

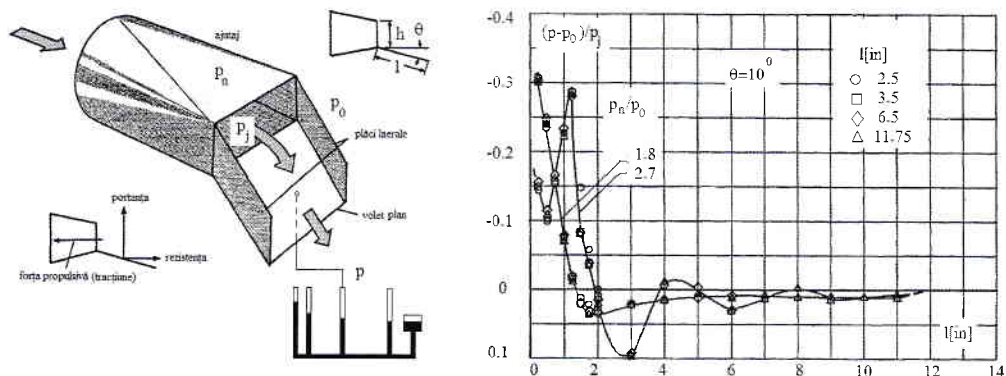


Fig.1.13. Efectul Coandă. Volet plan. Distribuția de presiuni marcată de prezența unei zone depresionare, vonGlahn[13]

- și ca o consecință, asupra voletului se va exercita o **forță superficială**, Fig.1.13, cu o semnificativă **componentă sustentatoare**, Fig.1.14

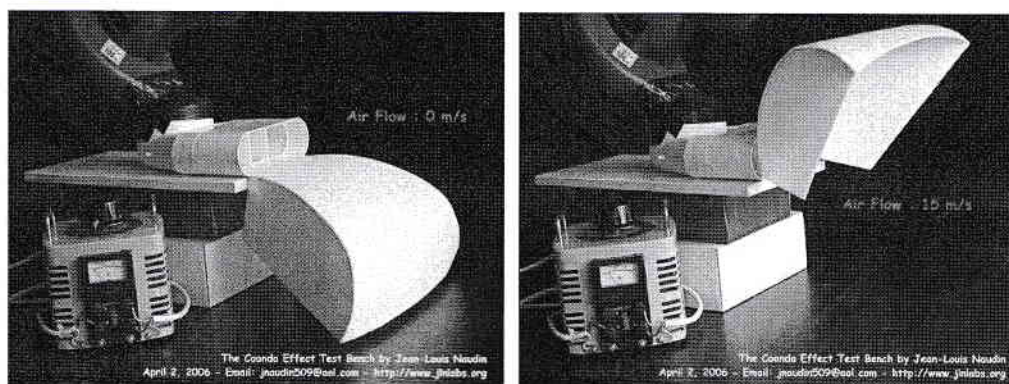


Fig.1.14. Efectul Coandă. Volet articulat, în poziția inițială în absența jetului și rabatat de forță determinată de depresiunea generată de jetul atașat. Model demonstrativ Naudin[25].

Figura de mai sus ilustrează doar un aspect din cea ce C.Teodorescu-Țintea[33], a semnalat și definit ca "un nou efect gazodinamic". Pentru cazul considerat respectiv când voletul curb sau poligonal este racordat la peretele inferior al ajutorului are loc bracărea la $\approx +90^\circ$, Fig.14. obturarea secțiunii de eflux a ajutorului, creșterea presiunii statice în ajutoraj, și apariția fenomenului de

Efectul Coandă fenomen aerohidrodinamic

pompaj în compresor. Dacă articulația este situată undeva în avalul secțiunii de eflux a ajutorului voletul se brachează la $\approx 180^\circ$, Fig.1.15.

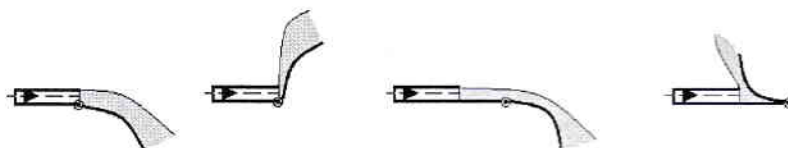


Fig.1.15.Evoluția provocată de Efectul Coandă asupra unui volet articulat, C.Teodorescu-Țintea[33]

Un comportament interesant, dar în două moduri distincte, a procesului menționat, are loc în cazul în care voletul se prezintă sub forma unei lame elastice aflată în prelungirea unuia din pereții ajutorului, Fig.1.16, și curbată la extremitatea aval. În cazul lungimilor relativ reduse voletul se deformează, prezentând un anumit profil, pe când dacă se depășește o anumită limită a lungimii, voletul intră în regim de auto oscilație. Profilul, frecvența și amplitudinea, acestor oscilații depind esențial de viteza jetului în secțiunea de eflux a ajutorului și de proprietățile elastice ale voletului.

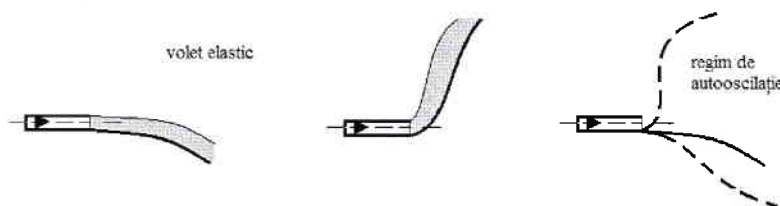


Fig.1.16. Evoluția voletului elastic provocată de Efectul Coandă, C.Teodorescu-Țintea[33]

Se constată totodată că, atât datorită vâscozității cât mai ales depresiunii din zona inițială a voletului, o **creștere**, comparativ cu jetul nedeviat, a **debitului de fluid antrenat**, apreciabilă și relevantă jeturilor subțiri, respectiv pentru valori, $t/r_0 \leq 0.1$, după cum arată Payne[xx], Fig.1.17, dar și, *exclusiv în cazul curgerilor subsonice*, **viteze mai mari** și implicit **presiuni statice mai mici în ajutoraj**[xx].