

CLARIFICĂRI: STABILITATE – MANEVRABILITATE – MANIABILITATE

CLARIFICATIONS: STABILITY – MANEUVERABILITY – HANDLING

Ion Preda - Departamentul de Autovehicule și Transporturi, Universitatea Transilvania din Brașov

Cuvinte cheie: stabilitate, manevră, manevrabilitate, maniabilitate

1. INTRODUCERE

În acest articol mi-am propus să clarific semnificațiile a trei cuvinte, *stabilitate*, *manevrabilitate* și *maniabilitate*, care, confundate adesea și desemnând calități aflate în interconexiune, au de fapt înțelesuri diferite în terminologia specifică autovehiculelor.

Există un număr extrem de mare de lucrări științifice care tratează aceste calități și, cu toate acestea (sau poate tocmai de aceea), există numeroase neclarități cu privire la semnificația lor.

2. STABILITATE

Conceptul de *stabilitate* (fr: *stabilité*; en: *stability*; ge: *Stabilität*; it: *stabilità*) are o largă paletă de înțelesuri. Din definițiile din dicționare, aici sunt reținute doar câteva: „abilitatea de a se adapta la diferite modificări”, „proprietate a unui corp de a-și menține poziția sau de a reveni în poziția inițială” [8] sau „proprietatea unui sistem sau element prin intermediul căruia răspunsul său (mărimile sale de ieșire) vor atinge în cele din urmă o stare stabilă” [17].

Limitând domeniul de aplicabilitate, *stabilitatea unui sistem mecanic* reprezintă „abilitatea sa de a dezvolta forțe de restabilire egale cu sau mai mari decât forțele perturbatoare astfel încât să mențină o stare de echilibru” [17] sau, în alte cuvinte, „abilitatea sa de a își menține poziția sau de a reveni în starea sa inițială de repaus sau de mișcare, după ce a dispărut o acțiune perturbatoare” [11].

Pornindu-se de la căutarea echilibrului unui sistem mecanic (și căutarea unor modalități de verificare a *stabilității mișcării*), noțiunea de stabilitate este în prezent larg utilizată în matematică, în domeniul ecuațiilor diferențiale.

Scopul redactării acestor rânduri este însă acela de a clarifica (printre altele) noțiunea de *stabilitate a unui vehicul*, care este prezentată ca fiind „calitatea sau starea unui autovehicul de a rămâne controlabil” [12][17] sau „calitatea autovehiculului de a putea fi condus” [22]. Această formulare, extrem de corectă și concisă, nu este însă foarte lămuritoare. Sintetizând informații și din alte lucrări de specialitate (printre care pot fi indicate [23][18][25][16][21][13][24][19]), se poate spune că, pentru a avea o bună stabilitate, autovehiculul terestru trebuie să prezinte următoarele calități:

- să nu se răstoarne;
- să nu alunece în mod evident;
- să își coreleze unghiul de rotație cu traiectoria (să își mențină un comportament viratoriu aproape neutru);
- să mențină stabilitatea mișcării;
- să fie previzibil în timpul conducerii sau lucrului.

Elementele din lista de mai sus au fost indicate în ordinea descrescătoare a pericolului cu care se asociază lipsa calității respective.

După cum se poate deduce, necesitatea stabilității autovehiculului apare nu numai în timpul deplasării, dar și pe loc, atunci când lucrează staționar (de exemplu, în cazul automacaralelor, excavatoarelor, încărcătoarelor frontale sau autobasculantelor). La astfel de situații de funcționare staționară, vehiculele nu trebuie să se răstoarne, să alunece sau să se comporte imprevizibil.

Răsturnarea, situația în care caroseria poate atinge solul iar roțile sau șenilele pierd contactul cu acesta, este potențial cel mai periculos caz de pierdere a stabilității.

În general, pericolul de răsturnare este mai mare dacă suprafața de sprijin a vehiculului este mai mică și dacă centrul său de greutate este mai sus (figura 1).



Fig. 1. Începutul unor procese de răsturnare

Alunecarea evidentă a roților sau șenilelor față de sol poate prezenta de asemenea un nivel ridicat al riscului de accident. În mod normal, alunecarea evidentă (ce poate fi percepută de conducător sau observată vizual din exterior) este numită mult mai precis în funcție de direcția în care se produce:

- *patinare* (atunci când alunecarea apare pe direcție longitudinală la tracțiune);
- *alunecare propriu-zisă* sau *alunecare de frânare* (atunci când alunecarea apare pe direcție longitudinală la frânare);
- *derapare*, atunci când vehiculul alunecă lateral; se spune că vehiculul derapează atunci când toate roțile sau șenilele alunecă lateral fie pe un teren înclinat, fie în timpul virajului, caz în care vehiculul nu este capabil să se înscrie în curbă, realizând o traiectorie cu o rază de virare mai mare sau mai mică față de cea dorită (comandată) de către șofer.

În mod normal, la marea majoritate a autovehiculelor, alunecarea evidentă ar trebui să se producă înaintea răsturnării, limitându-se astfel consecințele pierderii stabilității. Totuși, autovehiculele cu centrul de greutate ridicat (mai corect, cu valoare mare a raportului dintre înălțimea centrului de greutate și ecartament), se pot răsturna lateral și fără să alunece evident [19] (figura 1.b). Răsturnarea se poate produce totuși la aproape toate autovehiculele dacă terenul este denivelat sau există obstacole (de ex. borduri sau șine de tramvai) care împiedică alunecarea la un moment dat [7] (figura 1.a).

O noțiune utilizată adesea este cea de *prag (margină) de siguranță* la răsturnare sau alunecare, care indică valori limită (înclinare a terenului, coeficient de aderență, viteză) până la care autovehiculul se poate deplasa (sau staționa) fără a fi în pericol (de răsturnare sau alunecare).



Fig. 2. Comportamente subvirator (stânga) și supravirator (dreapta) evidente

Cea de a treia situație de pierdere a stabilității apare atunci când unghiul de girație al vehiculului nu poate fi bine corelat cu traiectoria sa, adică atunci când orientarea vehiculului (și a conducătorului) deviază mult față de tangenta la traiectorie. Aceasta înseamnă că vehiculul prezintă un *pronunțat comportament subvirator sau supravirator* (figura 2). Poziția vehiculului pe o traiectorie curbă se numește *atitudine viratorie* (atitudinea este subviratoare, ca în figura 2, stânga, dacă fața vehiculului este orientată spre exterior față de tangenta la traiectorie și supraviratoare în caz contrar).

Imposibilitatea controlării de către conducător a atitudinii viratorii a vehiculului va duce la derapare sau răsucire (girație) accentuată și, foarte probabil, la accident.

Cea de a patra cerință pentru stabilitatea vehiculului constă în asigurarea *stabilității mișcării vehiculului*. Pe baza descrierii mișcării vehiculului cu ajutorul sistemelor de ecuații diferențiale, stabilitatea mișcării sale poate fi definită matematic în mai multe moduri [3], de exemplu în sens Lyapunov [22]. Simplificând și fără a recurge la limbaj matematic, această cerință înseamnă că, după ce va fi supus unor perturbații care îi vor modifica traiectoria, un autovehicul care se deplasează în linie dreaptă sau se rotește în cerc cu viteză constantă va reveni la același tip de mișcare după ce dispar perturbațiile. Însă trebuie făcută precizarea că revenirea la mersul în linie dreaptă se va face aproape întotdeauna la o direcție diferită de cea pe care autovehiculul o avea înainte de apariția perturbațiilor, iar revenirea la deplasarea în cerc se va face pe o traiectorie circulară care va avea un alt centru decât cea inițială.

Uneori, deși mișcarea autovehiculului este stabilă în sens Lyapunov, timpul de revenire la tipul de mișcare anterior perturbațiilor poate fi inacceptabil de lung. De aceea, stabilitatea mișcării autovehiculului poate avea și alte definiții, de tip tehnic sau practic, în care timpul de stabilizare să fie mai mic decât o anumită valoare, de obicei să nu depășească timpul de reacție al șoferului [3].

Un vehicul cu mișcare stabilă va fi puțin sensibil la perturbații, adică nu va fi afectat semnificativ de vântul lateral, de înclinarea laterală a drumului sau de neregularitățile acestuia, de modificări ale coeficientului de aderență, de redistribuirea încărcăturii etc.

Un caz particular al stabilității mișcării constă în *stabilitatea direcțională*, care reprezintă abilitatea unui autovehicul de a se deplasa în linie dreaptă (și de a rămâne orientat înspre înainte) cu minimum de control din partea conducătorului.

Ultima cerință pentru obținerea stabilității, *predictibilitatea*, înseamnă că vehiculul trebuie să aibă un comportament similar la comenzi identice în diferite condiții de deplasare sau de lucru staționar și să nu îl surprindă pe conducător prin modificări bruște ale răspunsului său.

Din cele prezentate până acum rezultă și că, dacă este foarte stabil, un autovehicul își va putea schimba mai lent accelerația în planul drumului și, ca urmare, traiectoria. Ca urmare va avea performanțe dinamice mai reduse, ceea ce îl va face să nu fie acceptat de conducătorii experimentați. Totodată trebuie spus și că performanțele dinamice maxime ale unui autovehicul se obțin atunci când acesta este pe punctul de a își pierde stabilitatea. Așa se explică, de exemplu, că piloții de curse preferă un autovehicul cu un caracter ușor supravirator (mai puțin stabil față de unul subvirator), dar și că numărul de accidente la un parcurs dat este mai mare la curse față de deplasările normale.

3. MANEVRĂ

Noțiunile de manevrabilitate și maniabilitate pornesc fiecare de la cea de manevră. Cuvântul *manevră* (fr: *manœuvre*; en: *manoeuvre* [U.K.] sau *maneuver* [U.S.]; ge: *Manöver*; it: *manovra*) are mai multe înțelesuri în limba română [8]: „Procedeu. Mod de a proceda. Ansamblu de operații necesare pentru deplasarea unei nave în direcția voită, în special la acostare sau la ieșirea dintr-un port. Ansamblu de operații în vederea alcătuirii sau desfacerii unei garnituri de tren sau pentru gararea unui vagon pe o anumită linie. Mișcare, acționare manuală a unei unelte, a unui mecanism etc. Manipulare”. De asemenea, găsim și următoarea definiție [17]: „conducerea sau virarea unui vehicul în jurul obstacolelor, schimbarea direcției sau deplasarea în spații restrânse”.

La autovehicule, analizele comportamentului în funcționare se bazează pe diferite manevre experimentale, executate pe loc sau în mers, la diferite viteze și condiții de drum sau teren (aderență, înclinare). Grupate în mai multe categorii după regimul de funcționare (staționare, stabilizate, tranzitorii sau combinate), acestea dau posibilitatea obținerii unor informații obiective sau subiective care permit compararea performanțelor în exploatare ale unui autovehicul cu cele ale altora sau cu așteptările clienților.

Câteva exemple de manevre efectuate cu **viteză redusă**: parcare cu spatele, parcare laterală, întoarcerea din trei mișcări, întoarcerea dintr-o singură mișcare, mersul cu spatele, pornire în rampă, tragerea la rampa de descărcare (la autocamioane, autobasculante și autotrenuri) sau la peron (la autobuze), efectuarea de opturi (la motociclete) etc. Pe lângă abilitățile șoferului, la efectuarea acestor manevre contează foarte mult aderența terenului, caracteristicile tehnice ale autovehiculului (raza minimă de virare, fâșia de gabarit în viraj, gradul de asistare a direcției și frânelor, dimensiunile și forma exterioară ale caroseriei), vizibilitatea conducătorului (directă sau cu ajutorul camerelor video), alte aspecte ale draivabilității [5] (caracteristicile motorului, viteza minima stabilă, progresivitatea ambreiajului).

Alte manevre trebuie efectuate cu **viteză mare**:

- mișcarea staționară în cerc pe pista de încercare (în engleză, *steady-state cornering*);
- modificarea bruscă a unghiului volanului (de la poziția corespunzătoare mersului în linie dreaptă, volanul este rotit brusc cu un anumit unghi, după care este menținut în acea poziție – *step steering input, J-turn*); autovehiculul va trece brusc de la mersul în linie dreaptă la deplasarea în cerc;
- aplicarea unui impuls la volan (de la poziția corespunzătoare mersului în linie dreaptă, volanul se va roti brusc cu un anumit unghi și va reveni la fel de brusc la poziția inițială – *impulse steering input*); autovehiculul va trece brusc de la deplasarea în linie dreaptă într-o anumită direcție la deplasarea tot în linie dreaptă, dar într-o altă direcție;

- frânare pe drum cu aderență diferită stânga-dreapta (*μ -split braking*), cu sau fără corecții la volan efectuate de conducător;
- răspuns în frecvență în mers șerpuit (volanul se rotește stânga-dreapta în mod alternativ cu o anumită frecvență – *wag*); la creșterea frecvenței și la reducerea vitezei de deplasare se constată că autovehiculul răspunde tot mai puțin;
- slalom printre jaloane (acestea vor fi plasate la diferite distanțe, iar deplasarea se va face cu viteze diferite);
- schimbare bruscă a benzii de conducere (*lane change*);
- evitarea unui obstacol cu verificarea stabilității la răsturnare (*fishhook*)¹;
- evitarea unui obstacol (schimbare bruscă a benzii de mers urmată de revenire pe banda inițială – *obstacle avoidance, moose test, double lane change*)² (a se vedea și figura 3);
- frânare sau accelerare în curbă (*braking or acceleration in a curve*), unde se combină o manevră stabilizată (virarea) cu una tranzitorie (frânarea sau accelerarea); o astfel de manevră este specifică ieșirii de pe și intrării pe autostradă;
- abordarea (cât mai rapidă a) unui viraj în ac de păr (*U turn, hairpin turn*); aceasta implică frânare tranzitorie, virare staționară și, la final, accelerare.

Pentru marea majoritate a acestor manevre rapide, păstrarea stabilității este extrem de importantă, mai ales pentru prima perioadă de timp (de exemplu, prima secundă de la începerea manevrei), deoarece acest interval este comparabil ca durată cu un timp de reacție normal, în care conducătorul poate interveni pentru menținerea stabilității. Pentru manevrele tranzitorii, un efect nefast important îl au mișcările de tangaj și (mai ales) de ruliu ale caroseriei (ruliul este numit și „dușmanul stabilității”).

Toate experimentele în care se efectuează aceste manevre descrise anterior sunt importante pentru că acțiuni asemănătoare se pot întâlni frecvent în trafic. Din această cauză, efectuarea corectă a unora dintre acestea este necesară pentru obținerea permisului de conducere.

La multe dintre manevrele amintite contează foarte mult timpul necesar efectuării lor. Se numește *manevră optimă* acea manevră (și modul său de efectuare) care asigură timpul minim în care autovehiculul ajunge de la un punct de start la unul de sosire (sau de la o poziție inițială la una finală sau parcurge o tură de circuit) [6]. Studiarea modului de obținere a manevrei optime este o preocupare importantă a echipelor care participă la cursele de automobile [13] sau de motociclete [14]. Metoda manevrei optime a fost introdusă ca o modalitate de apreciere clară și fără ambiguități a manevrabilității sau maniabilității, ca un indice numeric, care este mult mai ușor de evaluat și care elimină dificultățile de apreciere a evoluțiilor numeroaselor variabile de stare ce definesc comportamentul dinamic al autovehiculului.

4. MANEVRABILITATE

În DEXonline [8], cuvântul *manevrabilitate*, provenit din franceză, este definit drept: „capacitatea, proprietatea unui vehicul sau a unui sistem tehnic de a putea fi manevrat; faptul de a fi manevrabil”. Iată și traducerea acestuia în câteva limbi de largă circulație: fr: *manœuvrabilité*; en: *manoeuvrability* [U.K.] sau *maneuverability* [U.S.]; ge: *Manövrierbarkeit*; it: *manovrabilità*.

Combinând informații din mai multe surse (printre care [12], [14] și [15]), manevrabilitatea reprezintă calitatea (abilitatea) unui vehicul de a face manevre, în principal (dar nu numai) de a schimba direcția

¹ La această manevră volanul trebuie rotit brutal (într-un mod impus, cu viteză unghiulară de 720°/s), succesiv în ambele părți, așa cum ar putea reacționa un conducător panicat în încercarea de a evita un obstacol apărut în cale. Scopul urmărit este ca autovehiculul să nu se răstoarne. Denumirea din limba engleză *fishhook* (cârlig de pescuit) vine de la traiectoria care rezultă de obicei ca urmare a acestei manevre și care seamănă cu forma unui cârlig de pescuit (parcurs spre vârf): după ocolirea obstacolului, autovehiculul (dacă nu se răstoarnă) girează foarte mult de obicei, astfel încât ajunge cu fața aproape în direcția opusă celei de mers.

² Această manevră este oarecum asemănătoare cu cea amintită anterior, doar că la aceasta se urmărește ca vehiculul să se înscrie într-un anumit coridor (adică se verifică maniabilitatea, contribuția șoferului fiind hotărâtoare), pe când la efectuarea manevrei anterioare se urmărește ca vehiculul să nu se răstoarne (se verifică stabilitatea).

de deplasare; aceasta depinde în special de caracteristicile vehiculului și foarte puțin de operatorul uman.

Uneori, tocmai pentru a se elimina influența operatorului, șoferul este înlocuit cu un robot de conducere (de. ex. la *fishhook*), astfel încât acțiunile de comandă a autovehiculului să poată fi repetate cu mare precizie, deși se schimbă fie caracteristicile aceluiși autovehicul, fie mai multe autovehicule.

Manevrabilitatea caracterizează performanța maximă de realizare a manevrelor de către un vehicul în condițiile unor limitări fizice (precum cele de aderență sau de putere disponibilă), dar fără a ține seama de limitele conducătorului auto (care este considerat perfect) [6]. Această abilitate poate fi apreciată atât în mod obiectiv, uzual prin timpul necesar sau precizia efectuării anumitor manevre, cât și subiectiv, de către persoane experimentate.

O particularizare a manevrabilității o reprezintă *răspunsul direcțional*. Acesta constă în răspunsul autovehiculului la comenzi de virare specifice (cum ar fi deplasare în cerc sau slalom), efectuate în „buclă deschisă” (adică fără corecții) și care implică doar caracteristicile vehiculului (nu și pe cele ale conducătorului) [12]. *Sensibilitatea viratorie* este o caracteristică a capacității de manevrare a unui autovehicul și se definește ca raport între viteza de rotație (viteza unghiulară cu care virează vehiculul) și unghiul mediu de bracare a roților. Aceasta se poate determina experimental prin deplasarea staționară în cerc pe pista de încercare.

Înainte de a putea evalua manevrabilitatea unui vehicul este absolut necesar ca acesta să aibă un comportament stabil.

Aproape întotdeauna autotrenurile au o manevrabilitate mai redusă decât autovehiculele singulare. Aceasta se explică atât prin stabilitatea mai scăzută, cât și prin dificultatea (uneori aproape imposibilitatea) efectuării unor manevre (de ex. mersul înapoi sau pornirea în rampă în condiții de aderență redusă).

Multe dintre autovehiculele actuale dispun de sisteme moderne care asistă conducătorul auto și care, în felul acesta, duc la creșterea manevrabilității (mai ales la scăderea timpului necesar și la creșterea siguranței de efectuare a unor manevre). Astfel de sisteme prezintă pe un afișaj la bord fie schema vehiculului văzut de sus cu indicarea obstacolelor din apropiere, fie imaginea din spatele vehiculului transmisă de o cameră video (la mersul înapoi), fie imaginea terenului de sub vehicul (se pot vedea roțile și obstacolele mari, astfel făcând posibilă evitarea lor), fie traiectoriile calculate (în funcție de unghiul de bracare curent) ale roților și colțurilor caroseriei suprapuse peste imaginea din spatele sau din fața vehiculului (realitate augmentată).

La autovehiculele autonome (mai corect, care nu au nevoie de un conducător auto, inclusiv pentru luarea deciziilor) este important ca acestea să poată stabili traiectoria de urmat și viteza de deplasare. O traiectorie aleasă (pe cât posibil optimă din anumite considerente) trebuie „desfăcută” în porțiuni elementare, cărora le vor corespunde manevre specifice simple, care vor trebui apoi efectuate succesiv (deplasare în linie dreaptă, intrare în viraj, viraj cu rază constantă, ieșire din viraj – accelerare, deplasare cu viteză constantă, frânare). Evident, aceste autovehicule trebuie să fie capabile să efectueze numeroasele corecții care vor fi necesare în funcție de mișcarea reală, perturbată, a autovehiculului.

5. MANIABILITATE

În DEXonline [8], cuvântul *maniabilitate* are o definiție scurtă (și foarte corectă, în fond): „calitate de a putea fi ușor de mânuit”. Cuvântul provine din limba franceză: *maniabilité*. Traducerea acestui cuvânt în limba germană este *Fahrverhalten*, în italiană *guidabilità*, iar în engleză *handling* (care mai are și alte numeroase înțelesuri, nu doar cel specific limbajului automobilistic). În general, definiția acestui termen raportată la autovehicule este oarecum neclară [12] și este legată cu precădere de procesul de virare. În termenul *maniabilitate* se subsumează toate proprietățile importante ale dinamicii laterale ale unui autovehicul [16]. O altă definiție găsită în literatura de specialitate: „Maniabilitatea autovehiculului reprezintă capacitatea acestuia de a se deplasa cât mai exact în direcția comandată de conducător, adică de a executa virajele dorite, sau de a menține mersul rectiliniu” [9]. Maniabilitatea este o măsură a combinării acelor calități ale autovehiculului și abilități ale șoferului care permit controlul rapid și precis al autovehiculului pe traiectorie. Șoferul poate să simtă și să reacționeze în mod diferit pe vehicule diferite, dar și invers, același vehicul poate fi apreciat diferit de către șoferi diferiți.

Concluzionând, maniabilitatea reprezintă calitatea autovehiculului de a răspunde precis și rapid la acțiunile conducătorului (mai ales la cele de virare la viteze medii și ridicate), implicând sensibilitatea la

comenzi și ușurința conducerii (controlului). Aceasta dă o măsură subiectivă de ansamblu a combinației vehicul-șofer, deoarece comanda autovehiculului se face în „buclă închisă” (cu corecții), ceea ce înseamnă că șoferul observă direcția și poziția vehiculului și își corectează acțiunile pentru a obține mișcarea dorită [12]. Maniabilitatea depinde de caracteristicile constructive ale autovehiculului și ale căii de rulare și poate fi limitată de imposibilitatea șoferului de a efectua suficient de rapid și precis comenzile necesare manevrelor. În general, se consideră că un conducător obișnuit nu poate roti volanul cu o viteză unghiulară mai mare de $400^\circ/\text{s}$, iar unghiul maxim de rotire fără ridicarea mâinilor de pe volan nu depășește 270° de la poziția de mers înainte.

În practică, calitățile de maniabilitate și stabilitate sunt strâns legate între ele și sunt fundamental dependente de caracteristicile și precizia sistemelor de direcție și suspensie. În plus, așa cum s-a mai spus, pentru a fi maniabil autovehiculul trebuie să fie stabil: schimbarea încărcării, schimbarea anvelopelor [2] sau deplasarea pe diferite tipuri de drumuri (terenuri) nu ar trebui să conducă la modificări semnificative ale comportamentului său dinamic și nu ar trebui să surprindă șoferul. În plus, autovehiculul trebuie să fie ușor controlabil (nu trebuie să solicite șoferul în mod exagerat).

În general, o maniabilitate superioară indică faptul că autovehiculul atinge tipul de mișcare dorit de șofer mai precis și mai rapid. De asemenea, „autovehiculul ar trebui să-și avertizeze conducătorul” atunci când regimul de conducere îl apropie de limitele fizice ale deplasării.

Se poate discuta de o maniabilitate bună nu doar atunci când mișcarea autovehiculului poate fi gestionată de șofer în condiții normale de conducere, dar mai ales în situații critice. Deși accidentele grave apar, din fericire, destul de rar (în Europa la circa 1,2 milioane km conduși [16]), din cauza consecințelor extrem de grave ale acestora este foarte important ca maniabilitatea să rămână la un nivel cât mai ridicat și în situații critice. De aceea, maniabilitatea are o mare importanță pentru siguranța activă a circulației rutiere, putând să conducă la evitarea situațiilor periculoase din trafic.

Diferiți conducători auto vor aprecia în mod diferit maniabilitatea aceluiași autovehicul în funcție de experiență, stare de moment, vârstă, calități fizice, etc. Pentru a se obține și o caracterizare obiectivă a maniabilității și a putea face comparații între autovehicule, multe dintre procedurile de testare au fost standardizate [2][4]. Astfel, acestea pot defini potențialul dinamic de conducere al unui autovehicul într-o formă precisă și reproductibilă. De asemenea, în prezent se încearcă tot mai des ca, pornind de la (un număr mare de) informații subiective, să se obțină aprecieri obiective ale maniabilității [1]. Cu toate acestea, cel care are ultimul cuvânt în aprecierea maniabilității este un specialist cu înaltă experiență [4].

Ca urmare a tuturor acțiunilor de acest fel, în ultimii ani au fost posibile recunoașterea și valorificarea performanțelor de maniabilitate, astfel încât acestea să fie îmbunătățite continuu de la o generație de autovehicule la alta.

Deși nu este conștientizat totdeauna acest fapt, răspunsul autovehiculului la comenzile conducătorului este nelinear și întârziat [20].

În condiții normale de conducere, *nelinearitatea* dintre comenzi și răspuns este mai greu sesizabilă, dar poate deveni evidentă în altele (în condiții de aderență redusă sau pe drumuri înclinate sau la deplasare cu viteze și accelerații mari), când pare că autovehiculul nu vrea să mai „asculte” de comenzi. Această “nesupunere” reprezintă în general modul în care autovehiculul își “avertizează” conducătorul că se apropie de limitele fizice ale deplasării³. Este foarte important ca acest avertisment să fie luat foarte în serios, mai ales de conducătorii puțin experimentați. În mod evident, apariția nelinearității ar trebui să nu se producă brusc, ci gradual, pentru a nu surprinde șoferul și a-i da posibilitatea să recapete controlul asupra autovehiculului⁴.

Cealaltă caracteristică a răspunsului autovehiculului, *întârzierea*, impune ca șoferul să realizeze comenzi anticipative, adică să acționeze mai înainte de momentul la care s-ar părea că este necesar. Și

³ Pe lângă “nesupunere”, un astfel de avertisment îl constituie și zgomotul specific, “scârțâitul” sau “scrâșnetul”, pe care îl fac pneurile pe suprafețe de rulare tari și uscate, indicând un nivel ridicat al coeficientului de alunecare. Același lucru îl indică și apariția urmelor negre de cauciuc pe drumuri uscate de asfalt sau beton, dar în general acestea nu pot fi sesizate de către șofer. Aceste două indicații ale pericolului pierderii controlului autovehiculului nu vor apărea însă pe alte suprafețe de rulare, moi sau umede.

⁴ Auzim sau citim adesea în mass-media: șoferul a pierdut “controlul volanului”. Corect, ar trebui să se spună că a pierdut controlul autovehiculului.

din această cauză, șoferul trebuie să învețe să conducă și să cunoască posibilitățile și limitele autovehiculului său. Un șofer nu poate conduce bine imediat ce s-a urcat într-o mașină sau pe o motocicletă necunoscute (ca în filmele de acțiune), ci are nevoie de un timp de acomodare.

Există diferențe majore între modurile în care acționează un șofer și un sistem de control electronic (al unui autovehicul autonom, de exemplu). Așa cum spunea regretatul profesor Nicolae Seitz, „atunci când conduce, șoferul nu rezolvă ecuații diferențiale”, ci învață făcând, greșind și corectând. Cu cât a avut mai multe experiențe reușite (din păcate există și experiențe care pot duce la pierderea vieții), cu atât va conduce mai bine. Spre deosebire de un calculator, un șofer obosește, nu poate fi atent în mod continuu, are o capacitate senzorială care se modifică des și nu poate face lucruri simultane și (de această dată, la fel ca un calculator) poate prelucra doar o cantitate limitată de informații.

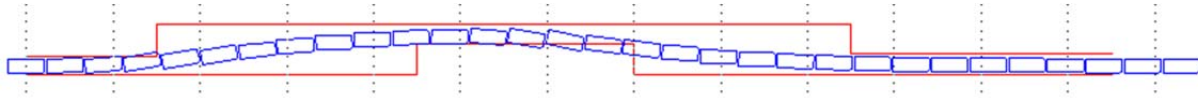


Fig. 3. Exemplu de simulare a deplasării unui autoturism printr-un coridor standardizat (ISO 3888-1) pentru testarea maniabilității în manevra de schimbare dublă de bandă [10]

Anticiparea corectă a comenzilor pe care le va da un șofer ține foarte mult de experiența sa în conducere și de cât de bine s-a acomodat cu autovehiculul. De aceste aspecte depinde și maniabilitatea. În figura 3 se dă un exemplu de manevră nereușită de evitare a unui obstacol, deși mai apoi aceasta s-a putut realiza cu succes cu autovehiculul analizat, atât practic cât și prin simulare pe calculator, după ce a fost adaptat un algoritm corect pentru felul în care șoferul trebuie să anticipeze acțiunile sale asupra volanului [10].

6. (ÎN LOC DE) CONCLUZII

Stabilitatea unui autovehicul este acea calitate care îl face controlabil, posibil de a fi utilizat. Abilitatea unui autovehicul de a efectua manevre o întâlnim sub două denumiri: *manevrabilitate*, atunci când sunt considerate în special performanțele sistemului tehnic și când se presupune că operatorul uman este suficient de instruit și abil, și *maniabilitate*, atunci când autovehiculul și conducătorul său sunt considerate ca un tot unitar și când limitele de operare ale conducătorului devin esențiale.

Pentru a fi manevrabile și maniabile, autovehiculele trebuie să fie stabile.

Termenul manevrabilitate este folosit pentru a indica performanțele maxime de efectuare a unor manevre (comparate de obicei prin timpul în care sunt efectuate) cu un autovehicul, atunci când acesta este supus doar limitărilor fizice și nu celor legate de control. Termenul maniabilitate este folosit pentru a indica performanțele maxime ale aceluiași autovehicul, dar considerând limitările operatorului uman.

Cu alte cuvinte, manevrabilitatea reprezintă performanța maximă pe care un autovehicul o poate produce fără a se considera limitările conducătorului său, pe când maniabilitatea măsoară cât de mult din acest potențial poate fi exploatat în realitate de către un conducător care poate efectua doar acțiuni limitate de comandă. Pe când manevrabilitatea este o caracteristică predominant obiectivă, maniabilitatea este una predominant subiectivă.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Abe, M., *Vehicle handling dynamics : theory and application*. Butterworth-Heinemann. Oxford. 2009
- [2] Ahlgrimm, J., von Glasner, C., *The Influence of Tyre Characteristics on Driving and Braking Performance of Road Vehicles*. Proceedings of the 17th EVU Conference, pp197-204, Nice, 2008
- [3] Andrzejewski, R., Awrejcewicz, J., *Nonlinear Dynamics of a Wheeled Vehicle*. Springer. New York. 2005
- [4] Blundell, M., Harty, D.: *The multibody systems approach to vehicle dynamics*, 2nd ed. Elsevier. London. 2015
- [5] Cițu, L., Matrozi, A., Boncescu, S., Preda, I., Clenci, A., Explorări lingvistice în Ingineria Autovehiculelor (V). A linguistic journey in the field of automotive engineering (V). *Ingineria Automobilului* nr. 53, pp. 11-12&18, dec. 2019
- [6] Da Lio, M.; Cossalter, V.; Lot, R., Fabbri, L., *The influence of tyre characteristics on motorcycle manoeuvrability*. In FISITA1999. Barcelona. 1999
- [7] d'Entremont, K.L., *Light-Duty Vehicles in Tripped-Rollover Situations*. Safety Bulletin, Triodyne Environmental Engineering, Inc., vol. 1, no. 4, August 1995
- [8] DEXonline, *Dicționare explicative ale limbii române*, <https://dexonline.ro>

- [9] Enache, V., Studiul sistemelor de direcție ale autoturismelor în vederea îmbunătățirii maniabilității. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov. 2000
- [10] Enache, V., Preda, I., Vulpe, V., Dogariu, M., Dima, D.S., *Theoretical and experimental research for vehicle handling improvement*, în Buletinul CONAT 2004, Brașov, 2004, paper 1063
- [11] Frățilă, G.; Andreescu, C.; Vladu, C.; Moisescu, R.; Stan, C.; Toma, M., Cristea, G., *Dicționar explicativ pentru știință și tehnologie Român/Englez/Francez/German. Autovehicule Rutiere*. Editura AGIR. București. 2015
- [12] Gillespie, T. D., *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE, Inc. Warrendale, USA. 1992
- [13] Guiggiani, M. *The Science of Vehicle Dynamics – Handling, Braking, and Ride of Road and Race Cars*. Springer. London. 2014
- [14] Hauser, J., Saccon, A. *Motorcycle modeling for high-performance maneuvering*. Maximum velocity profile estimation. IEEE Control Systems Magazine, pp. 89-105, 2006.
- [15] Jacobson, B. *Vehicle Dynamics*. Compendium for course MMF062. Chalmers University of Technology, 2016.
- [16] Mitschke, M., Wallentowitz, H., *Dynamik der Kraftfahrzeuge*. 4. Auflage. Springer. Berlin. 2004
- [17] Motorera, Dictionary of automotive terms. Illustrated glossary for automobiles, motorcycles, bicycles, and motors, <https://www.motorera.com/dictionary/>
- [18] Neagoe, D., Contribuții teoretice și experimentale la studiul stabilității și maniabilității autoturismelor de fabricație românească în vederea îmbunătățirii acestora. Teză de doctorat. Universitatea Transilvania din Brașov. 2000
- [19] Preda, I.; Ciolan, G., Covaciu, D., *Aspects Regarding the Stability Performances Calculation of the Wheeled Vehicles While Turning*. In: The 30th SIAR International Congress of Automotive and Transport Engineering SMAT 2019. pp. 614-623. Springer. Cham. 2020
- [20] Preda, I., *Ecuția generală de mișcare – nimic mai simplu!?*. Ingineria Automobilului nr. 57, pp. 9-15, dec. 2020
- [21] Rill, G., *Road Vehicle Dynamics - Fundamentals and Modeling*. CRC Press. Boca raton, FL, USA. 2012
- [22] Untaru, M., Poțincu, G., Stoicescu, A., Pereș, G., Tabacu, I., *Dinamica autovehiculelor pe roți*. Editura Didactică și Pedagogică. București. 1981
- [23] Verschoore, R., *The overturning stability of heavy vehicles*. In The IXth International Conference CONAT '99. Transilvania University of Brașov. Brașov, Romania, 1999
- [24] Wiegand, B.P., *Automotive rollover equation*. In: Annual International Conference of the Society of Allied Weight Engineers. Los Angeles. 2015
- [25] Winkler, C., *Rollover of Heavy Commercial Vehicles*. UMTRI Research Review, vol. 31, no. 4, October–December 2000