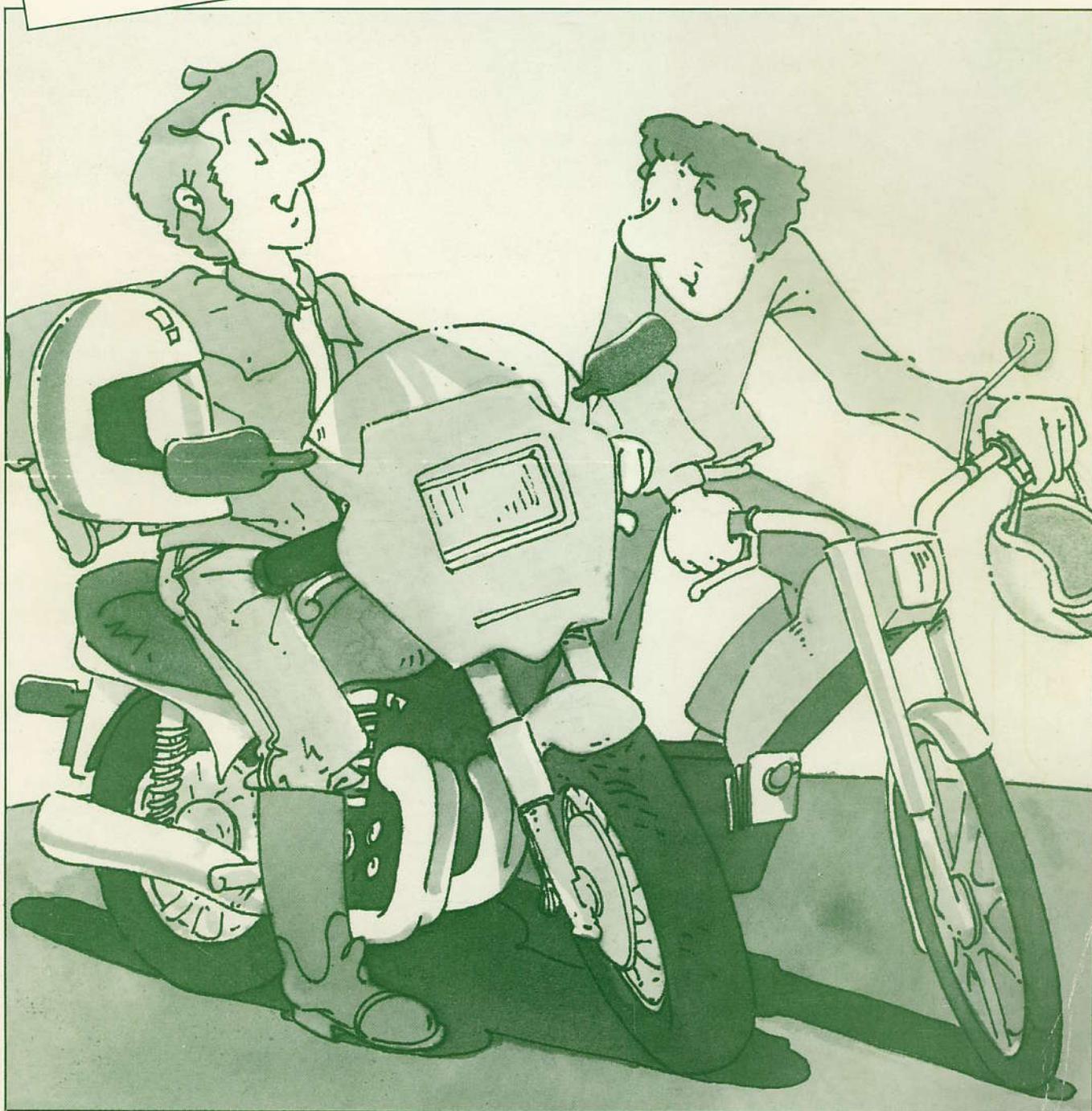
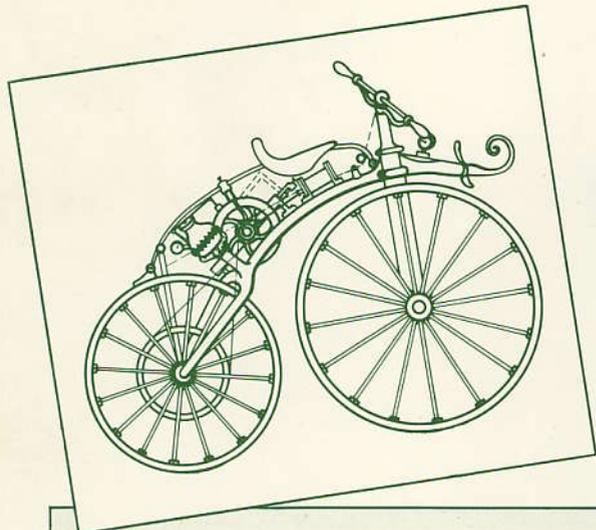


le deux-roues à moteur



Chargé du Centre : Claude LAMURE

Résumé

Summary

le deux-roues à moteur

Étude réalisée par :
Georges PACHIAUDI
Ingénieur de Recherche au CERNE

Avec la collaboration de :

François GERIN
Direction des Routes et de la Circulation Routière

Jean DELSEY - Jacques LAMBERT
IRT-CERNE

Dominique CESARI
Organisme National de Sécurité Routière

Jean-Louis FAVERO - Gilles SCHAFER
Société d'Études et de Réalisations Automobiles C.D.

ainsi que du B.P.I.C.M.
et des sociétés
Cycles PEUGEOT - MOTOBÉCANE - B.F.G. et HONDA

Septembre 1982

NOTE D'INFORMATION n°21

CHAPITRE 5

Comportement routier des deux-roues à moteur

5.1	- ÉQUILIBRE DU ROULIS EN VIRAGE STABILISÉ	85
5.2	- PROPRIÉTÉS EXPÉRIMENTALES DES PNEUMATIQUES DE MOTOS	85
5.2.1	- La poussée de carrossage	
5.2.2	- La poussée de dérive	
5.2.3	- Autres caractéristiques	
5.2.4	- Poussée maximum	
5.3	- DÉRIVE DE LA MOTO	87
5.3.1	- Angle de dérive global	
5.3.2	- Cas de la moto	
5.3.3	- Déficit en poussée latérale	
5.3.4	- Déhanchement du pilote	
5.3.5	- Effet de profil du pneu	
5.4	- ENFONCEMENT DES SUSPENSIONS EN VIRAGE	89
5.5	- ÉQUILIBRE LATÉRAL COMPLET EN VIRAGE STABILISÉ	89
5.5.1	- Angle de braquage	
5.5.2	- Vitesse de dérive	
5.5.3	- Types de comportements	
5.5.4	- Conditions littérales de stabilité	
5.6	- LA STABILITÉ LATÉRALE	90
5.6.1	- Notion de stabilité	
5.6.2	- Études effectuées en France	
5.6.3	- Stabilité latérale	

5.7 - LE CABRAGE ET LA PLONGÉE	91
5.8 - LE PILOTAGE D'UNE MOTO	92
5.8.1 - Généralités	
5.8.2 - Décomposition	
5.8.3 - Manœuvres effectuées par le pilote	
5.8.4 - Qualité nécessaire du pilotage	
5.9 - MANŒUVRE D'ÉVITEMENT	92
5.10 - SENSIBILITÉ DU COMPORTEMENT AUX PERTURBATIONS	93
5.10.1 - État de la route	
5.10.2 - Coups de vents latéraux	
5.10.3 - Voilage et déséquilibre de roue	
5.10.4 - Usure et réglage des amortisseurs	
5.10.5 - Modèles et pression des pneumatiques	
5.10.6 - Blocage des roues en freinage	
5.11 - PERSPECTIVES D'ÉVOLUTION	94

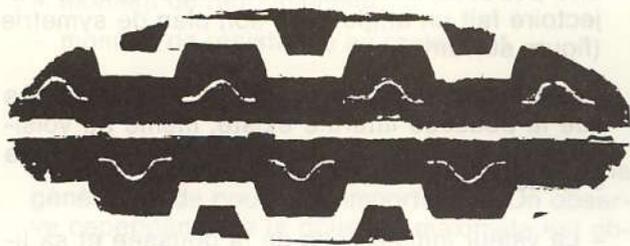
CHAPITRE 5

Comportement routier des deux-roues à moteur

Le chapitre « Sécurité » du présent document a décrit les problèmes des deux-roues à moteur dans ce secteur et mis en évidence l'intérêt des progrès en matière de comportement routier, ce qui nécessite la compréhension de ces phénomènes.

Or, l'architecture originale des deux-roues à moteur entraîne un comportement spécifique, complexe et généralement mal connu. Nous tenterons donc ici d'expliquer les phénomènes de base, de montrer la difficulté du problème et nous évoquerons les perspectives d'évolution.

La liaison au sol est assurée par les deux aires de contact des pneumatiques, de dimension proche de la surface d'une main pour les grosses cylindrées et alignées longitudinalement.

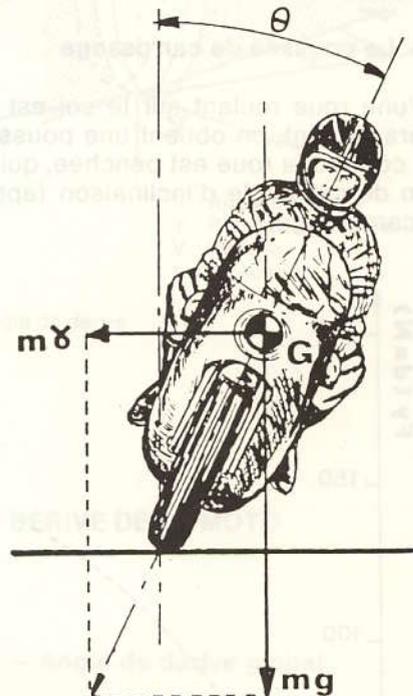


Aire de contact

Le faible rappel lors d'une inclinaison latérale et les propriétés des pneus influencent de manière déterminante le comportement, et le différencie fondamentalement de celui des automobiles. Les notions classiques du comportement des véhicules à quatre roues se trouvent totalement inapplicables.

5.1 - ÉQUILIBRE DU ROULIS EN VIRAGE STABILISÉ

Pour assurer un équilibre en virage stabilisé, il est nécessaire que l'ensemble pilote + moto soit incliné vers l'intérieur du virage d'un angle appelé inclinaison latérale ou roulis (noté θ). Sur chaussée horizontale, cet angle est lié, en première approximation, à l'accélération latérale qui permet de négocier des virages.



Équilibre de roulis

- m masse de la moto et du pilote
- θ angle de roulis
- γ accélération latérale en m/s^2
- g accélération de la pesanteur

On a la relation approximative suivante :

$$\text{tg } \theta = \frac{\gamma}{g}$$

Dans des conditions d'adhérence parfaite, la qualité des gommes des pneumatiques fait que l'accélération latérale maximale que l'on peut obtenir sur des motos moyennes est de l'ordre de 1 g, avec une inclinaison proche de 45°, ce qui fait que la majorité des deux-roues à moteur frottent par terre avant la limite d'adhérence des pneumatiques.

5.2 - PROPRIÉTÉS EXPÉRIMENTALES DES PNEUMATIQUES DE MOTO

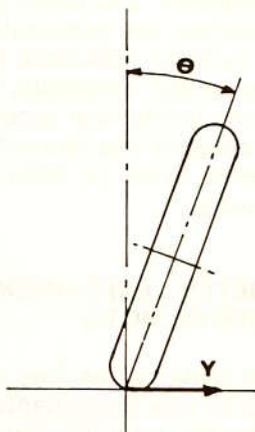
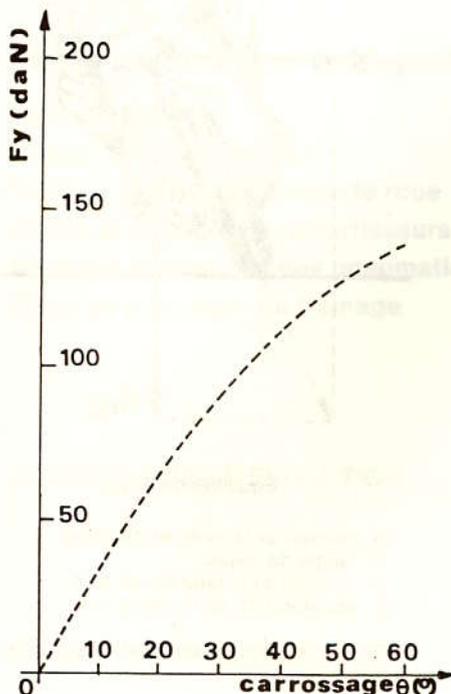
Les propriétés dynamiques des pneumatiques jouent toujours un rôle fondamental dans la stabilité des véhicules ; pour les deux-roues à moteur, ce rôle semble encore plus important. Examinons donc les principales propriétés expérimentales d'un pneumatique de moto.

Sous la charge verticale, le pneumatique se déforme et l'on obtient une aire de contact pneu-sol ovale. Lorsque la roue roule, les propriétés d'adhérence gomme/sol dans cette aire de contact, et les déformations complexes de l'ensemble de la carcasse, jouent sur le comportement du pneumatique.

La poussée latérale peut être générée par deux mécanismes distincts : la poussée de carrossage et la poussée de dérive.

5.2.1 – La poussée de carrossage

Lorsqu'une roue roulant sur le sol est inclinée transversalement, on obtient une poussée latérale du côté où la roue est penchée, qui est une fonction de cet angle d'inclinaison (appelé angle de carrossage).



Y Poussée latérale
 θ Angle de carrossage
 Poussée de carrossage

On observe sur la figure précédente que, pour un angle d'inclinaison nul, la poussée est nulle. La croissance de la poussée est sensiblement linéaire avec l'angle jusqu'à 30 degrés.

Ces deux éléments permettent de définir la rigidité de carrossage F , comme la pente de la courbe :

$$F = \frac{Y}{\theta}$$

Aux grandes valeurs de l'angle, on constate une saturation de la poussée, traduisant l'apparition progressive de la limite d'adhérence.

La poussée de carrossage est relativement forte, et peu dépendante de la vitesse.

Ces caractéristiques se distinguent des pneus radiaux automobiles ; en effet, ces derniers ont parfois des caractéristiques de poussée de carrossage suivantes :

- poussée non nulle pour un angle nul,
- poussée relativement modeste,
- poussée dépendant de la vitesse.

5.2.2 – La poussée de dérive

Prenons une roue dont on maintient, par l'axe de roue, l'inclinaison et la direction à une valeur nulle. En la faisant rouler, quand on applique une poussée latérale, on constate que sa trajectoire fait un angle avec son plan de symétrie (figure suivante).

- Cet angle α existe (à une faible valeur) dès que la poussée latérale existe, même au voisinage de la ligne droite. Il ne s'agit donc pas d'un dérapage.

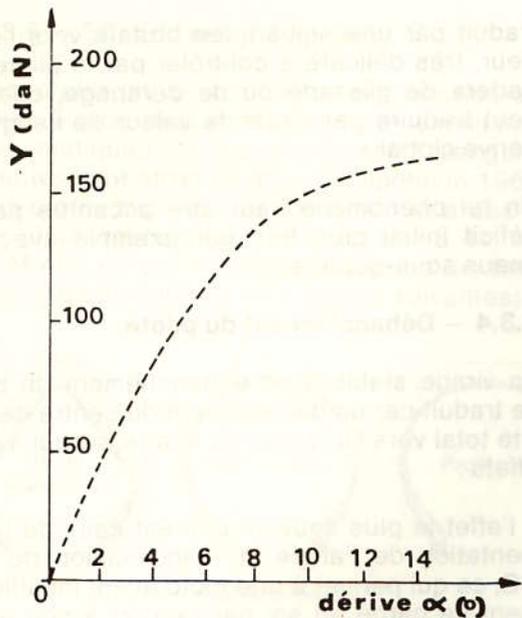
- La valeur initiale nulle de la poussée et sa linéarité permettent de définir la rigidité de dérive D comme le rapport entre la poussée de dérive et l'angle de dérive

$$D = \frac{Y}{\alpha}$$

- La saturation de la poussée aux forts angles de dérive traduit l'apparition progressive de la limite d'adhérence dans l'aire de contact.

Indépendamment des valeurs numériques (l'angle de dérive des pneumatiques moto, en fonctionnement réel, est faible) le fait que ce phénomène existe est fondamental : on ne peut chercher à analyser le comportement latéral d'une moto en négligeant la dérive des pneumatiques.

La structure des pneumatiques moto (structure diagonale, pneu relativement étroit, profil relativement haut) fait que la poussée de dérive est beaucoup plus faible que celle des pneumatiques automobiles, dont les évolutions depuis quarante ans ont été (notamment) la recherche de forte rigidité de dérive (structure radiale, pneu large et profil bas) du fait de l'intérêt de valeurs fortes sur la stabilité et la qualité de la réponse aux manœuvres du conducteur.



Poussée latérale fonction de l'angle de dérive

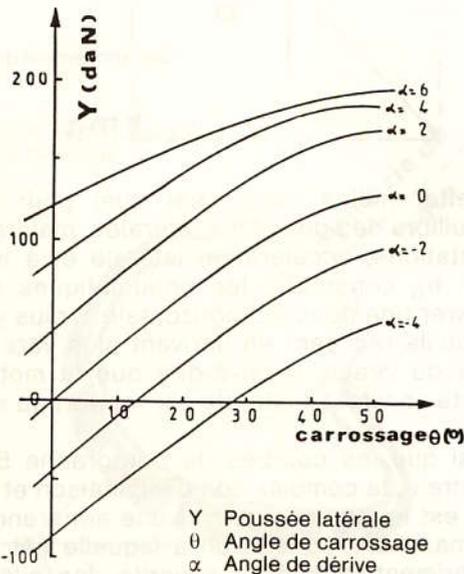
5.2.3 – Autres caractéristiques

Les mouvements de carrossage et de dérive n'induisent pas que des poussées latérales, mais aussi d'autres efforts, notamment :

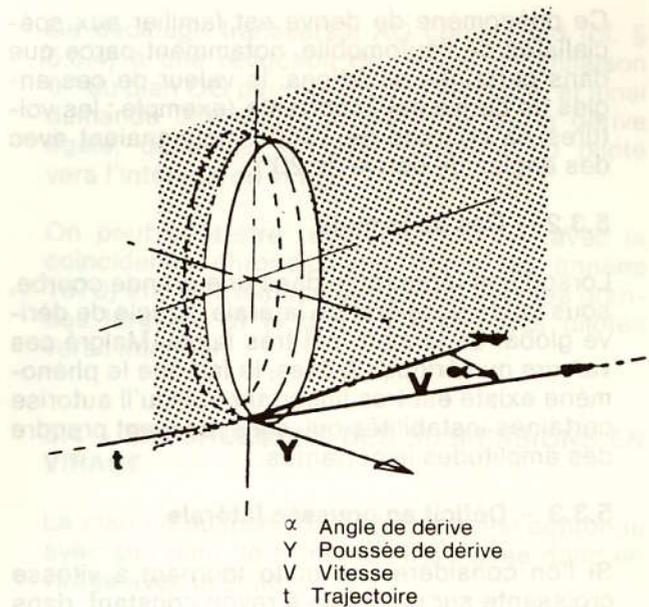
- résistance au roulement,
- moment d'auto-alignement,
- moment de redressement,
- moment de résistance au roulement.

5.2.4 – Poussée maximum

On a vu que l'angle de carrossage permettait la génération de poussées importantes. On observe cependant que la poussée maximale est obtenue par combinaison de carrossage et de dérive (figure ci-dessous).



Poussée latérale, carrossage et dérive combinés

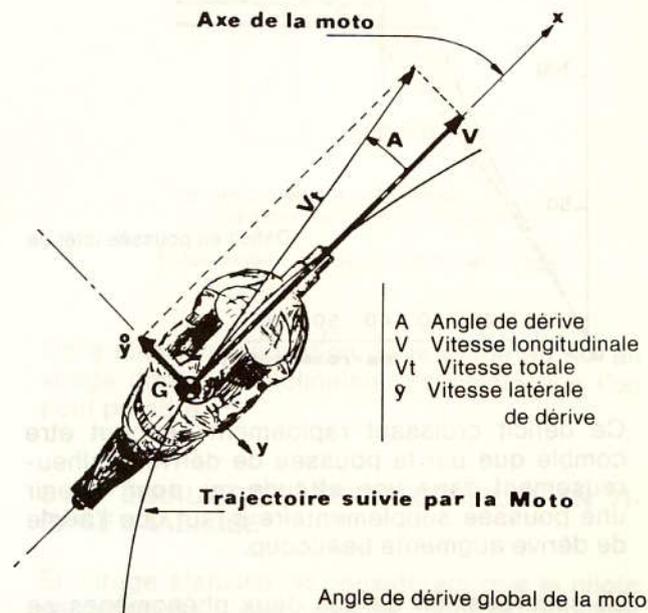


- α Angle de dérive
- Y Poussée de dérive
- V Vitesse
- t Trajectoire

5.3 – DÉRIVE DE LA MOTO

5.3.1 – Angle de dérive global

On appelle angle de dérive global l'angle formé par l'axe du véhicule avec le vecteur vitesse, tangent par définition à la trajectoire. Il est analogue à la notion d'angle de dérive du pneumatique (et est sa conséquence).



- A Angle de dérive
- V Vitesse longitudinale
- V_t Vitesse totale
- y Vitesse latérale de dérive

Angle de dérive global de la moto

Ce phénomène de dérive est familier aux spécialistes de l'automobile, notamment parce que dans certaines situations, la valeur de ces angles de dérive est importante (exemple : les voitures de courses de 1960 fonctionnaient avec des angles de dérive de 20°).

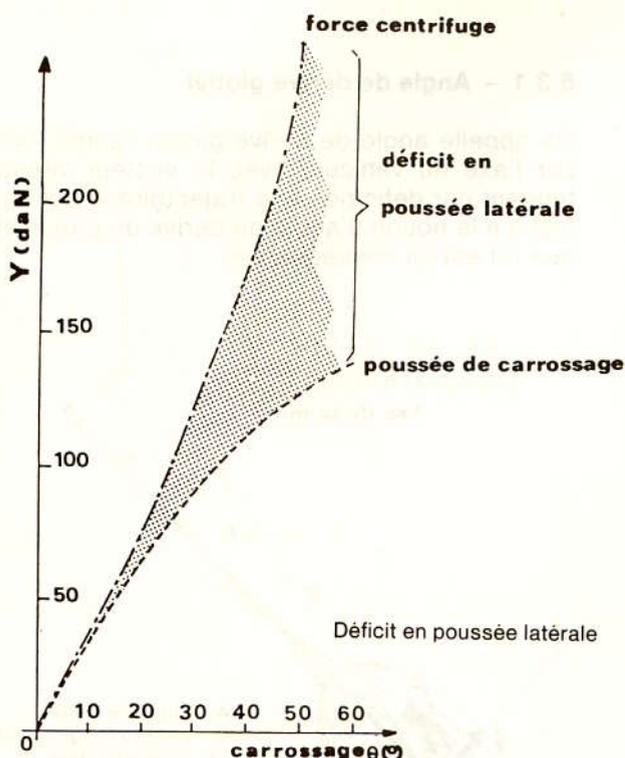
5.3.2 – Cas de la moto

Lorsqu'une moto roule dans une grande courbe, sous faible accélération latérale, l'angle de dérive global de la moto est très faible. Malgré ces valeurs numériques faibles, le fait que le phénomène existe est très important puisqu'il autorise certaines instabilités qui, elles, peuvent prendre des amplitudes importantes.

5.3.3 – Déficit en poussée latérale

Si l'on considère une moto tournant à vitesse croissante sur un cercle à rayon constant, dans un premier temps, l'angle de dérive croît linéairement avec l'accélération latérale, c'est-à-dire relativement lentement.

La vitesse continuant d'augmenter, on atteint progressivement des valeurs d'inclinaison élevées. Alors le déficit entre l'accélération latérale (croissante) et la poussée de carrossage (qui sature) grandit rapidement.



Ce déficit croissant rapidement ne peut être comblé que par la poussée de dérive, malheureusement dans une attitude où, pour obtenir une poussée supplémentaire il faut que l'angle de dérive augmente beaucoup.

La superposition de ces deux phénomènes se

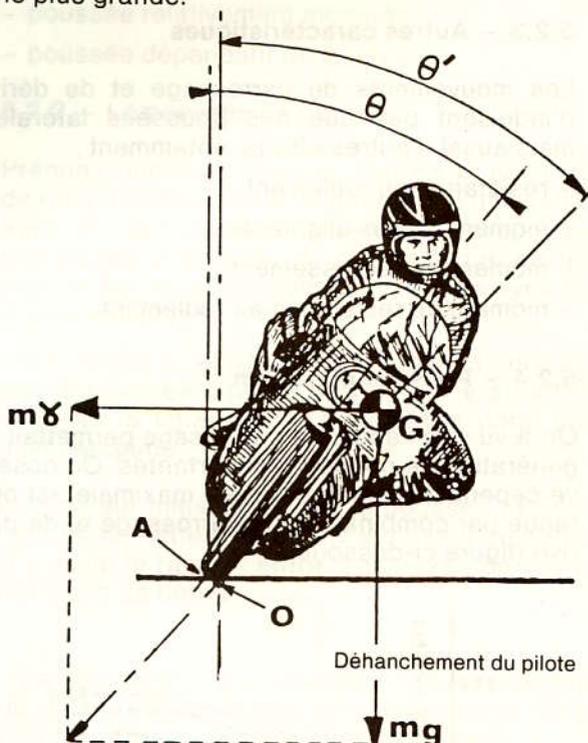
traduit par une embarquée brutale vers l'extérieur, très délicate à contrôler par le pilote, qui parlera de glissade ou de dérapage, que l'on peut traduire par « grande valeur de l'angle de dérive global ».

Un tel phénomène peut être accentué par un déficit initial plus fort, par exemple avec des pneus sous-gonflés.

5.3.4 – Déhanchement du pilote

En virage stabilisé, le déhanchement du pilote se traduit par un déplacement du centre de gravité total vers l'intérieur du virage, ce qui a deux effets :

- l'effet le plus souvent cité est celui de l'augmentation de l'angle θ' d'inclinaison du plan OG, ce qui permet à une moto ayant insuffisamment de garde au sol par rapport à son adhérence limite, de prendre une accélération latérale plus grande.

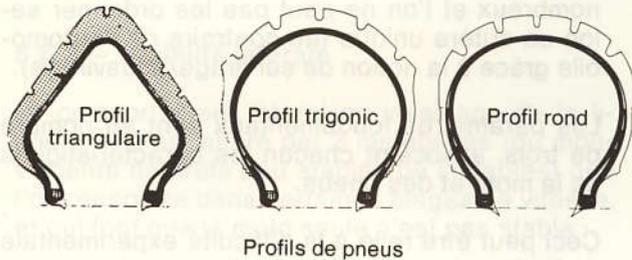


- l'effet moins connu est que, pour obtenir l'équilibre des poussées latérales, malgré l'augmentation d'accélération latérale et à inclinaison θ_0 constante, les pneumatiques doivent délivrer une poussée horizontale Y plus grande, ce qu'ils réalisent en dérivant plus vers l'extérieur du virage, c'est-à-dire que la moto augmente sa vitesse latérale par rapport au sol.

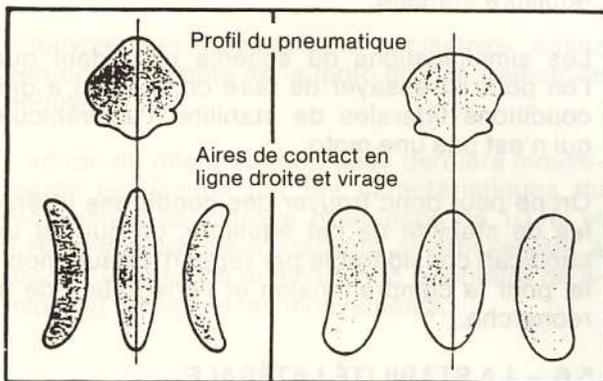
Ainsi que les courbes du paragraphe 5.2.4 le montrent, la combinaison d'inclinaison et de dérive est le moyen d'obtenir une adhérence limite, maximum, conclusion à laquelle est arrivée expérimentalement, la majorité des pilotes de compétition qui se déhanchent vers l'intérieur du virage.

5.3.5 - Effet du profil du pneu

Les profils du pneumatique ont considérablement évolué depuis 10 ans : par exemple, les pneumatiques sont passés de profil triangulaire, relativement étroit (Dunlop Compétition 1960) à des profils trigonic (Dunlop K 81) et à des profils plutôt ronds et larges (Michelin S 41, M 45 et M 48), ce qui influence beaucoup les formes des aires de contact (voir figures suivantes).

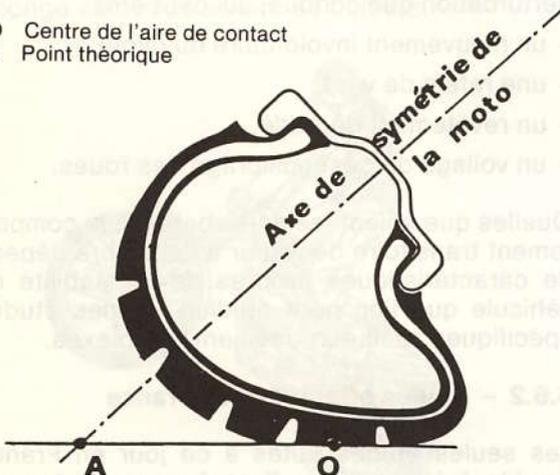


En virage, la forme du profil et la flexibilité latérale influent beaucoup sur la loi de décalage entre l'axe de la moto et le centre de l'aire de contact, en fonction de l'angle d'inclinaison.



Relation entre profil et forme de l'aire de contact

O Centre de l'aire de contact
A Point théorique



Déformation latérale du pneumatique

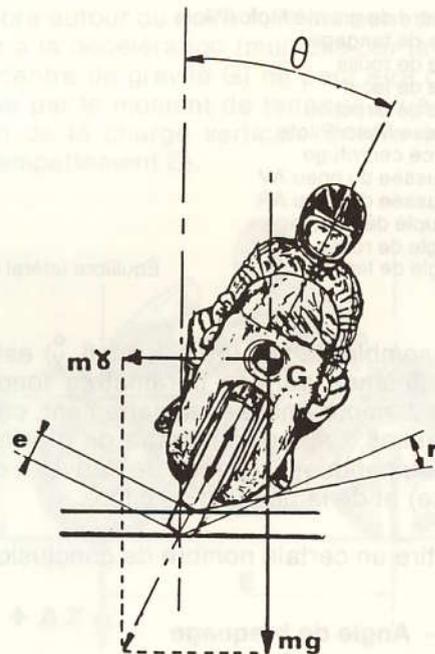
Ce décalage transversal AO correspond (cf. § 5.3.4) à une réduction de l'angle d'inclinaison θ' du plan OG par rapport à la verticale, et ainsi demande une dérive moins forte, ou, à dérive égale, demande un déhanchement du pilote vers l'intérieur du virage.

On peut peut-être rapprocher ce fait avec la coïncidence chronologique (dans les années 1970) entre l'évolution des pneus vers les grandes largeurs et le déhanchement des pilotes vers l'intérieur.

5.4 - ENFONCEMENT DES SUSPENSIONS EN VIRAGE

Le plan de suspension de la moto est confondu avec son plan de symétrie ; il s'incline donc en virage avec la moto.

L'accélération latérale est par définition, horizontale ; elle agit donc sur l'écrasement des suspensions, d'une quantité croissante avec l'angle d'inclinaison et avec la flexibilité des suspensions.



e - enfoncement suspension
r - réduction de garde au sol due à e

Enfoncement des suspensions en virage

On a ainsi une réduction de la garde au sol en virage donc de l'inclinaison maximale que l'on peut prendre.

5.5 - ÉQUILIBRE LATÉRAL COMPLET EN VIRAGE STABILISÉ

En virage stabilisé, et considérant que le pilote se déhanche d'une quantité connue, l'équilibre

« MOTO 1 »

Recherche de conditions littérales de stabilité latérale
 Statico-dynamique latéral
 Dynamique latérale sans pilote
 Dynamique latérale avec pilote

« MOTO 2 »

Statico dynamique longitudinale
 Dynamique longitudinale en ligne droite
 Dynamique longitudinale en virage stabilisé
 Dynamique latérale en régime longitudinale stabilisé

« MOTO 3 »

Dynamique longitudinale et latérale couplée

5.6.3 – Stabilité latérale

Le comportement latéral au voisinage de la ligne droite est altéré par 3 instabilités (ou mouvements naturels peu stables ou instables) que l'on rencontre dans certaines plages de vitesse, et qui font que la moto seule n'est pas stable :

- chute latérale, (peu gênant parce que contrôlable par le pilote dès que la vitesse est supérieure à 10 km/h, et par le pied par terre en dessous de 10 km/h),
- guidonnage (mouvement oscillatoire rapide de l'ensemble guidon-fourche-roue avant),
- louvoiement (mouvement oscillatoire assez lent de l'ensemble de la moto dont la trajectoire ondule).

L'action du pilote sur ces deux derniers mouvements est limitée par les caractéristiques du mouvement oscillatoire (fréquence de 10 Hz et 1 Hz respectivement mauvais amortissement à grande vitesse). Il semble donc prioritaire de limiter au maximum les mouvements.

5.7 – LE CABRAGE ET LA PLONGÉE

Lors de fortes accélérations (ce qui concerne les motos puissantes et celles à démultiplication courte), la moto se cabre et la roue avant se déleste ; inversement, en freinage, la moto plonge et la roue arrière se déleste.



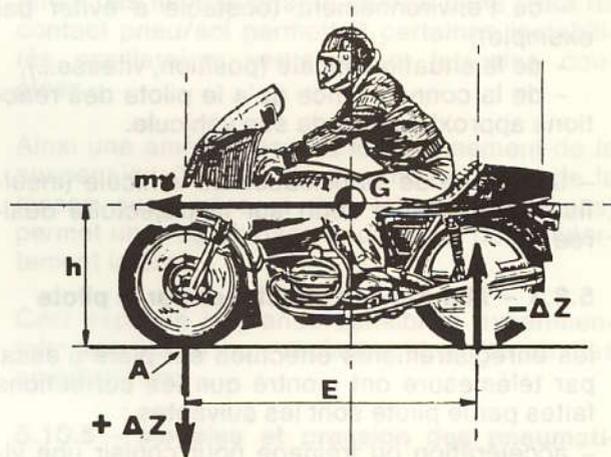
Cabrage



Plongée

Si les systèmes dits « antiplongée » et « anticabrage » peuvent contrôler ces mouvements de cabrage et de plongée, ils ne peuvent modifier sensiblement (contrairement à une opinion répandue) la répartition des charges verticales entre l'avant et l'arrière une fois le régime d'accélération ou de freinage établi.

Cette répartition des charges verticales est en effet gouvernée par l'équilibre global de tangage de l'ensemble moto + roues : si on écrit cet équilibre autour du point A, le moment de tangage dû à la décélération (multiplié par la hauteur h du centre de gravité G) ne peut être compensé que par le moment de tangage dû à la diminution de la charge verticale arrière (multiplié par l'empattement E).



h -- hauteur centre de Gravité

E -- empattement

$m\ddot{x}$.. force de décélération

ΔZ . transfert de charge

Transfert longitudinal de charge en freinage

En régime stabilisé, le transfert longitudinal de la charge ne dépend que de l'accélération (ou décélération) totale, et du rapport géométrique

entre la hauteur du centre de gravité et l'empattement.

Ce rapport vaut sensiblement 0,5 pour une moto au lieu de 0,22 pour une voiture de tourisme. Il en résulte le complet délestage de la roue avant en accélération et la faible charge sur la roue arrière en fort freinage en solo.

Il faut remarquer que le cabrage à l'accélération peut être utilisé dans certains cas comme possibilité supplémentaire de contrôle par le pilote : en tout terrain, particulièrement en trial, pour franchir un obstacle.

5.8 – LE PILOTAGE D'UNE MOTO

5.8.1 – Généralités

Le pilotage d'une moto est incontestablement délicat, il demande un apprentissage assez long, mais est une source d'agrément pour le pilote expérimenté qui sait commander sa moto.

5.8.2 – Décomposition

Le pilotage d'une moto peut être décomposé en deux tâches distinctes :

- une tâche de détermination d'une trajectoire, adaptée à la situation et des manœuvres à faire pour la suivre, c'est-à-dire tenant compte
 - de l'environnement (obstacle à éviter par exemple),
 - de la situation initiale (position, vitesse...),
 - de la connaissance qu'a le pilote des réactions approximatives de son véhicule.
- une tâche de stabilisation du véhicule (insuffisamment stable seul) sur la trajectoire désirée.

5.8.3 – Manœuvres effectuées par le pilote

les enregistrements effectués sur piste d'essai par télémétrie ont montré que les corrections faites par le pilote sont les suivantes :

- accélération ou freinage pour choisir une vitesse moyenne adaptée à la manœuvre,
- application d'un couple de correction au guidon,
- inclinaison du buste.

Le terme prépondérant est celui de la correction du couple au guidon, qui est effectuée pour

- empêcher la chute latérale,
- corriger les écarts latéraux par rapport à la trajectoire désirée.

5.8.4 – Qualités nécessaires du pilotage

Il apparaît que le pilotage doit répondre à un certain nombre de nécessités :

- Précision : les corrections doivent être soigneusement dosées, parce que trop de corrections amènent des mouvements oscillatoires inacceptables ;

- Prévision : les corrections doivent tenir compte non seulement de l'erreur instantanée (différence entre trajectoire souhaitée et position instantanée), mais aussi de l'évolution déjà amorcée de cette erreur ;

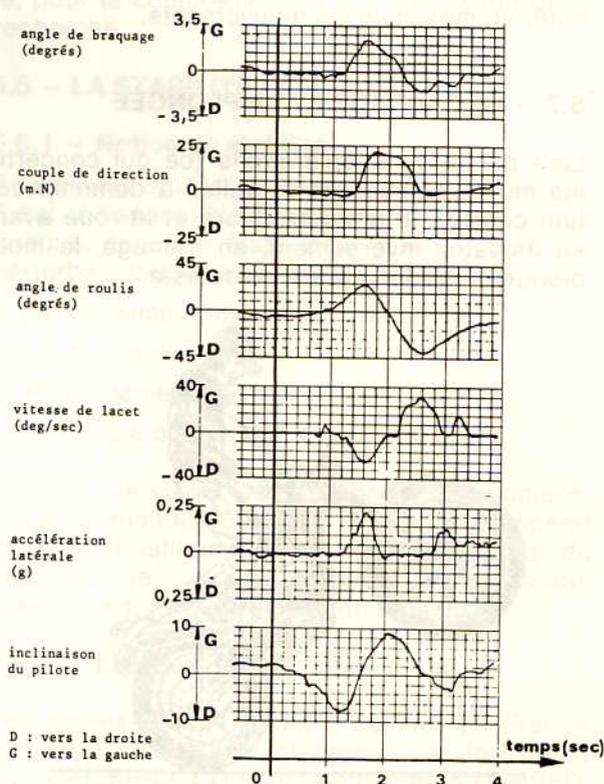
- Dépendance de la vitesse : les corrections effectuées doivent être modulées en fonction de la vitesse, ce qui suppose donc une habitude progressive du pilote à la vitesse ;

- Dépendance de la moto : les corrections ne peuvent être les mêmes pour des motos sensiblement différentes, ce qui suppose une habitude à un nouveau véhicule.

5.9 – MANŒUVRE D'ÉVITEMENT

Les performances en manœuvre d'évitement (ou changement de file) sont médiocres (par rapport à celles des voitures).

En effet, pour une manœuvre d'évitement d'un obstacle par la gauche (voir figure suivante), le pilote braque légèrement à droite pour créer, par la poussée de dérive du pneumatique avant, un couple de roulis qui fait basculer la moto à gauche. Cette inclinaison permet aux pneumatiques avant et arrière de délivrer leur poussée de carrossage, et inscrit la moto sur un virage à gauche.



Comportement en manœuvre d'évitement fonction du temps

Dès qu'il a obtenu une déviation de son cap qui lui permet d'éviter l'obstacle, il effectue la manœuvre exactement inverse pour diminuer son virage à gauche, et le transformer en virage à droite, et se retrouver sur une trajectoire parallèle à sa trajectoire initiale.

On constate donc que l'inscription en virage passe par une phase intermédiaire (dite du braquage inverse) durant environ 1 seconde, pendant laquelle le véhicule progresse à sa vitesse longitudinale sans obtenir d'écart latéral significatif.

Dans cette phase intermédiaire, le déplacement du buste du pilote vers la droite donne une inclinaison à la moto vers la gauche, et aide à réduire la durée de cette manœuvre.

5.10 – SENSIBILITÉ DU COMPORTEMENT AUX PERTURBATIONS

Le comportement routier est très sensible à :

- l'état de la route (revêtement dégradé, rainurage),
- aux coups de vent latéraux,
- aux voilages et déséquilibre des roues,
- à l'usure et aux réglages des amortisseurs,
- au modèle exact et aux pressions de gonflage des pneumatiques utilisés,
- aux blocages de roues en freinage.

Ces constatations expérimentales peuvent être comprises et expliquées par les remarques ci-dessous.

5.10.1 – État de la route

- Du fait de la médiocre stabilité latérale, le véhicule est souvent en phase de correction du pilote, c'est-à-dire en très léger virage pour rattraper la trajectoire idéale. Les poussées latérales ne sont donc pas nulles, ainsi que l'inclinaison latérale (même si les valeurs sont faibles).

- Les rainurages ou le revêtement dégradé créent des variations locales de pression dans les aires de contact, qui se déplacent dans elles à la vitesse de la moto. On a ainsi une modulation de la poussée latérale, c'est-à-dire des fluctuations autour de la valeur moyenne. Ces fluctuations excitent les mouvements latéraux naturels peu stables.

- Du fait des propriétés des pneumatiques, les variations de charge verticales (partiellement amorties par la suspension) provoquées par un revêtement dégradé modulent les poussées latérales non nulles. A leur tour, les poussées latérales influencent l'enfoncement des suspensions et donc les pressions dans l'aire de contact.

- Du fait des déphasages existants entre ces divers mouvements, (principalement nés de l'inertie de la masse suspendue) on peut avoir des instabilités oscillatoires affectant à la fois l'enfoncement des suspensions (sautillement) et le comportement transversal (guidonnage et louvoisement).

5.10.2 – Coups de vent latéraux

Les caractéristiques des motos sont telles qu'une rafale de vent latéral

- augmente les portances aérodynamiques (délestage des roues) qui sont déjà importantes,

- crée une poussée latérale, un moment de lacet et un moment de roulis.

L'ensemble de ces efforts est une forte perturbation de l'équilibre de la moto et peut conduire à des déviations importantes, des chutes latérales ou amorcer des louvoisements.

5.10.3 – Voilage et déséquilibre de roue

les voilages et déséquilibres des roues appliquent sur la moto des efforts latéraux oscillatoires qui excitent ses mouvements naturels peu stables (cf. § 5.6.3).

5.10.4 – Usure et réglage des amortisseurs

On a signalé au paragraphe 5.10.1 que l'existence des fluctuations de charge dans l'aire de contact pneu/sol permettait certaines instabilités oscillatoires verticales et latérales couplées.

Ainsi une amélioration du fonctionnement de la suspension (le contrôle des mouvements de la masse suspendue et des rebonds de roues) permet un progrès dans le domaine du comportement latéral.

Ceci explique la grande sensibilité expérimentale des motos aux réglages et à l'usure des amortisseurs.

5.10.5 – Modèles et pression des pneumatiques

Nous avons souligné au chapitre 5.5.3 la grande sensibilité de la stabilité des motos aux caractéristiques des pneumatiques donc à celles de construction (marque, modèle, profil, structure, gomme...) et à celles d'utilisation (usure, pression).

5.10.6 – Blocage des roues en freinage

Le blocage des roues en freinage modifie drastiquement des efforts instantanés et les propriétés de guidage des pneumatiques (caractéristiques de dérive et de carrossage) ; à la fois l'équilibre staticodynamique et la stabilité sont donc affectés.

Lors d'un blocage de la roue avant, la moto se couche très rapidement, tandis que lors d'un blocage de la roue arrière, la moto se met en travers sans tomber aussi rapidement.

Le blocage de roue avant apparaît donc comme moins contrôlable par le pilote que le blocage arrière (au contraire de l'automobile).

5.11 – PERSPECTIVES D'ÉVOLUTIONS

L'aspect peu satisfaisant de certaines caractéristiques du comportement routier actuel des motos implique obligatoirement, dans un futur plus ou moins proche, des évolutions de l'architecture des motos.

A ce jour, une bonne partie des solutions nouvelles proposées a été décevante, parce que la profondeur de l'analyse des phénomènes physiques en cause n'était pas adaptée à la complexité du problème.

L'évolution qui se fera aura donc nécessairement des appuis scientifiques et techniques importants, et associera des industriels de la moto, des manufacturiers de pneumatiques et des spécialistes de la dynamique.

On peut citer quelques raisons qui ont probablement une certaine causalité dans la médiocre situation actuelle du comportement des motos :

1 – La grande complexité de ces problèmes de stabilité est sans aucun rapport avec la remarquable simplicité technologique d'une bicyclette.

2 – Il n'est pas possible de formuler des conditions mathématiques littérales de stabilité, donc on ne dispose pas de guide pour la recherche.

3 – L'architecture de la moto nécessite des outils d'analyse complexes (beaucoup plus complexes que ceux de l'automobile) alors que le volume des recherches a été bien inférieur à celui de l'automobile.

L'évolution de l'architecture des motos pour les 20 ans à venir se fera probablement dans quelques-unes des directions suivantes :

- augmentation de la surface de gomme des pneumatiques en contact avec le sol,
- systèmes antiplongée et anticabrage,
- antibloquant sur le freinage et système de répartition avant/arrière,
- géométrie de direction jugulant le guidonage,
- abaissement du rapport $\frac{\text{hauteur du centre de gravité}}{\text{empattement}}$
- allègement, même au détriment de la puissance maximum,
- réduction du nombre de cylindres pour le haut de gamme, corrolaire de l'allègement au détriment de la puissance,
- généralisation du carénage, passant du statut d'accessoire au statut de pièce fonctionnelle intégrée,
- reconsidération des systèmes de suspension avant et arrière.