

## L'ANNEAU DE VITESSE DE MONTLHÉRY

L'anneau de vitesse de Montlhéry est une piste circulaire destinée aux essais à grande vitesse. Pour le physicien, c'est l'occasion d'étudier les contraintes subies par la voiture dans de telles conditions de roulage.

### Les caractéristiques de l'anneau de vitesse

L'anneau de vitesse de Montlhéry est une piste de 21 mètres de large pour une dénivelée entre les deux bords de 10,5 mètres. L'angle de dévers, progressif, atteint 45° sur une trajectoire extérieure de 275 mètres de rayon.

Pour nos différents calculs, nous allons considérer une voiture de masse 1500 kilogrammes circulant sur une trajectoire de 250 mètres de rayon en dévers à 45°. En minorant la valeur du rayon et en majorant celle du dévers, on escompte une marge de sécurité quant aux résultats.

### Théorie de la trajectoire circulaire

Selon le principe de Newton, une masse ne peut être déviée d'une trajectoire rectiligne que par l'action d'une force. Lorsqu'une voiture circule sur une route parfaitement horizontale et sans dévers, cette force provient uniquement du pivotement des roues directrices et de la réaction (au sens physique du terme) des roues arrière.

Si la voiture circule sur une piste circulaire en dévers, la composante transversale de la force de gravitation participe au guidage.

### La vitesse d'équilibre

Cette composante peut, dans certaines conditions, suffire pour maintenir la voiture sur une trajectoire circulaire sans que le conducteur soit obligé d'agir sur la direction, c'est une question de rayon de trajectoire, de dévers et de vitesse.

Cette condition d'équilibre est toujours indépendante de la masse de la voiture et à rayon de trajectoire et dévers constants, elle est uniquement liée à la vitesse, d'où le nom de *vitesse d'équilibre* donnée à cette valeur.

En dessous de cette vitesse, la voiture "tombe" vers l'intérieur de la trajectoire avec un risque de tonneaux si le dévers est très accentué. Au delà de cette vitesse, le conducteur doit agir sur la direction et solliciter la force de guidage pour conserver la trajectoire souhaitée.

Sur une piste en dévers à 45°, la composante trans versale vaut 71 % du poids de la voiture et sur une trajectoire de 250 mètres de rayon, la vitesse d'équilibre s'établit à 42 m.s<sup>-1</sup> soit environ 150 km.h<sup>-1</sup>.

### **La charge dynamique**

Considérons une voiture immobile stationnée dans le sens de la marche sur une piste en dévers à 45° : dans cette situation, la composante normale à la piste du poids de la voiture est évidemment inférieure à celle relevée sur un sol horizontal. Pour une masse de 1500 kilogrammes, sa valeur dépasse à peine 10 000 newtons.

Considérons la voiture en mouvement : dès qu'elle prend de la vitesse, la courbure de la piste combinée au dévers viennent contrer sa tendance naturelle à décrire une trajectoire rectiligne. La voiture est alors plaquée au sol par la réaction de la piste qui, sur une trajectoire donnée, est proportionnelle à la masse et au carré de sa vitesse.

Lorsque la voiture atteint sa vitesse d'équilibre, la normale à la piste apparaît comme une résultante dont l'intensité est égale à la somme vectorielle du poids de la voiture et du guidage imposé par le dévers.

Cette résultante a pour effet de comprimer les suspensions et les pneumatiques, d'où le nom de *charge dynamique* pour désigner ce phénomène.

À la vitesse d'équilibre, la charge dynamique d'une voiture de masse 1500 kilogrammes décrivant une trajectoire circulaire de 250 mètres de rayon en dévers à 45° est supérieure à 18 000 newtons. Dans de telles conditions, les suspensions et les pneumatiques subissent des contraintes équivalentes à celles d'un supplément de masse de 300 kilogrammes, soit 4 passagers.

Cette contrainte supplémentaire provoque l'échauffement des pneumatiques avec un risque d'éclatement. C'est pourquoi la charge dynamique doit être compensée par une augmentation équivalente de la pression de gonflage.

### **Le carré de la vitesse**

Qu'arrive-t-il si on dépasse la vitesse d'équilibre ?

Première conséquence : la charge dynamique augmente.

À 180 km.h<sup>-1</sup>, la charge dynamique atteint 21 500 newtons, ce qui correspond à un supplément de masse de 650 kilogrammes. Un supplément qu'il est alors difficile de compenser par une simple augmentation de la pression des pneumatiques.

Deuxième conséquence : les pneumatiques sont mis à contribution au niveau du guidage puisque la vitesse d'équilibre est dépassée.

À 180 km.h<sup>-1</sup>, le déficit de guidage par rapport à la vitesse d'équilibre est de 4400 newtons. Il en résulte une contrainte supplémentaire imposée aux pneumatiques et donc un échauffement qui ne peut être compensé, là non plus, par une augmentation de pression.

Dans cet exemple, une telle force pourrait maintenir une voiture de masse 1500 kilogrammes sur une trajectoire circulaire à dévers nul de 250 mètres de rayon avec une vitesse de 27 m.s<sup>-1</sup> soit 100 km.h<sup>-1</sup>.

La différence avec la vitesse d'équilibre n'est donc faible qu'en apparence. En réalité, elle est considérable puisqu'elle varie selon la même loi que la force de guidage, c'est à dire comme le carré de la vitesse.

Un simple calcul, identique à celui qui permet de calculer une variation d'énergie cinétique, permet en effet de vérifier qu'entre 150 et 180 km.h<sup>-1</sup>, la différence dynamique n'est pas de 30 km.h<sup>-1</sup> mais bien de 100 km.h<sup>-1</sup> ! (voir dossier ADILCA "*énergie cinétique*").

### **Le danger des autodromes**

Ces résultats nous font toucher du doigt le danger des autodromes ou des ovales au tracé en dévers :

- la vitesse d'équilibre dépend du rayon de la trajectoire et du dévers, elle génère une charge dynamique qui pèse sur les suspensions et les pneumatiques ;
- au delà de la vitesse d'équilibre, les pneumatiques des roues directrices sont mis à contribution en guidage, d'où un échauffement supplémentaire et un risque d'éclatement accru ;
- le risque d'incident ou d'accident lié à une dégradation des suspensions ou des pneumatiques n'est pas proportionnel à la vitesse mais au carré de la vitesse.

association ADILCA

[www.ifrance.com/adilca](http://www.ifrance.com/adilca)

\* \* \*