

ACCIDENTOLOGIE ET RECONSTITUTION CINÉMATIQUE

L'accident de la princesse Lady Diana Spencer survenu le 31 août 1997 à Paris a donné lieu à nombre de spéculations sur les circonstances exactes de la tragédie.

Une reconstitution cinématique effectuée par un expert indépendant a cependant permis d'élucider une grande partie du mystère régnant autour de cet accident.

Nous publions ici le résumé de cette reconstitution et la méthode utilisée, dite "méthode de la reconstitution inverse".

Cette méthode originale et inédite consiste à reconstituer les trois séquences d'un scénario d'accident (approche, collision, erre) en procédant dans l'ordre inverse de leur déroulement.

L'ACCIDENT DE DIANA SPENCER

Du point de vue de la physique, une collision se définit comme une variation brutale et incontrôlée de l'énergie cinétique accumulée par un véhicule.

L'accidentologie est la science qui étudie le mécanisme des accidents, et plus particulièrement la manière dont l'énergie cinétique se dissipe. En effet, la variation d'énergie cinétique résultant d'une collision est certes brutale, mais rarement complète.

La connaissance des lois de la physique permet de reconstituer un scénario d'accident, ce travail étant facilité par un découpage méthodique des différentes séquences qui composent le scénario. Les trois séquences communes à tous les accidents sont l'approche, la collision, et l'erre. Examinons-les en détail.

L'approche se définit comme l'ensemble des événements qui se déroulent entre le moment où le conducteur se rend compte de l'imminence de la collision et le début de la collision proprement dite.

Cette séquence est importante parce qu'elle conditionne la vitesse initiale au moment de la collision, donc la quantité d'énergie cinétique qui sera dissipée au cours de celle-ci et qui causera les dommages.

Autant le dire tout de suite, la séquence d'approche est la plus mystérieuse, et le restera tant que les voitures seront dépourvues de systèmes d'enregistrement de données.

Néanmoins, en procédant à un recoupement d'indices, il est très souvent possible de reconstituer

cette séquence, même si les données objectives font défaut.

La séquence de percussio de l'obstacle est celle qui est la mieux connue. Son mécanisme a été décrit dans le précédent numéro.

Rappelons seulement que l'intensité de la décélération subie par une voiture est fonction du carré de sa vitesse initiale, et fonction inverse de la longueur de déformation de la carrosserie, selon la relation :

$$\gamma = \frac{1}{2} v^2 / d$$

(γ : décélération moyenne, exprimée en m/s^2 ; v : vitesse initiale, exprimée en m/s ; d : longueur de déformation de la carrosserie, exprimée en m).

L'erre désigne la distance parcourue par la voiture après la collision(*). En effet, si la collision n'a pas dissipé la totalité de l'énergie cinétique, l'épave se trouve livrée à elle-même et continue sa course jusqu'à l'immobilisation complète.

Il est important de connaître cette distance car il est alors possible de calculer la vitesse résiduelle, c'est-à-dire la vitesse de la voiture juste après la collision. L'énergie dissipée au cours du choc apparaît ainsi comme la différence entre l'énergie cinétique initiale et l'énergie cinétique résiduelle.

Les données qu'il est donc nécessaire de recueillir sur le terrain sont les suivantes : la longueur de l'erre, une estimation de la décélération de la voiture sur son erre, la longueur de la déformation de la voiture, ainsi qu'une estimation de la décélération supportée par les passagers à partir des dommages corporels subis.

Une fois ces données recueillies, il est préférable de les utiliser en procédant dans un ordre

chronologique inverse : d'abord calculer la vitesse résiduelle à partir de l'erre, ensuite calculer la vitesse initiale en combinant la vitesse résiduelle et la décélération subie par les passagers. Une fois les résultats obtenus, il est enfin possible de comprendre comment l'accident a pu se produire.

Cette méthodologie a permis de reconstituer le scénario de l'accident survenu le 31 août 1997 à Paris, dans le tunnel du pont de l'Alma, accident dans lequel la princesse Lady Diana Spencer a trouvé la mort.

Les données qui ont été utilisées sont les suivantes : l'erre est de 15 mètres. La décélération de l'épave sur son erre est estimée à $7 m/s^2$. La longueur de déformation de la voiture résultant de la collision contre le pilier du tunnel est estimée à 1 mètre. La décélération supportée par les passagers lors de la collision est estimée à $200 m/s^2$ (choc mortel pour les passagers non ceinturés, blessures graves pour le passager avant droit, seul ceinturé).

Enfin, l'étude de la configuration du terrain en amont du lieu de l'accident a permis d'élaborer une hypothèse concernant la séquence d'approche.

Voici le résultat de cette reconstitution :

1. La voiture s'est immobilisée une quinzaine de mètres après le pilier. Sa vitesse résiduelle (vitesse après la collision) n'était donc pas nulle. Les conditions d'adhérence relevées sur place permettent d'estimer la décélération de l'épave frottant sur la chaussée à $7 m/s^2$; la vitesse résiduelle se calcule de la manière suivante :

$$v = (2 \cdot \gamma \cdot d)^{1/2}$$

$$v = (2 \times 7 \times 15)^{1/2}$$

$$v = (210)^{1/2} = 14,5 m/s = 52 km/h$$

2. L'intensité de la collision peut être évaluée indirectement en considérant les dommages subis par les occupants de la voiture.

Des témoignages et des indiscretions permettent de penser que le décès de Lady Diana Spencer est dû à une hémorragie pulmonaire causée par un choc thoracique violent, lui-même expliqué par le défaut de ceinture.

Le conducteur et un autre occupant de la voiture sont décédés dans les instants qui ont suivi la collision, sans que nous disposions du moindre renseignement sur la nature des lésions ayant occasionné la mort.

Le seul survivant est le passager avant droit, ceinturé, qui souffre d'un traumatisme facial et d'une fracture de la mâchoire.

Compte tenu de ces informations, il paraît vraisemblable que la décélération moyenne subie par les passagers ait pu se situer autour de 200 m/s².

En effet, ce seuil est généralement considéré comme critique pour la survie de personnes jeunes et en bonne santé. Une décélération supérieure aurait certainement déclenché une hémorragie cérébrale fatale, même chez une personne ceinturée.

Par ailleurs, les photos de l'épave permettent d'estimer à 1 mètre la distance totale de déformation résultant de la collision (compression de la structure avant gauche de la voiture, étirement de la ceinture de sécurité du passager avant droit). La vitesse initiale (vitesse au moment de la collision) se calcule de la manière suivante :

$$v = [v^2 + (2 \cdot \gamma \cdot d)]^{1/2}$$

$$v = [14,5^2 + (2 \times 200 \times 1)]^{1/2}$$

$$v = (610)^{1/2} = 24,7 \text{ m/s} = 89 \text{ km/h}$$

3. Les 200 mètres de chaussée en amont du lieu de l'accident répondent aux caractéristiques suivantes : une première courbe à gauche, suivie d'une section rectiligne d'une centaine de mètres en descente (la déclivité d'environ 4 % correspond à la hauteur du passage souterrain), elle-même suivie d'une deuxième courbe à droite à l'entrée du tunnel.

La distance entre la sortie de la première courbe et le treizième pilier du tunnel est d'environ 140 mètres.

4. D'après un plan de Paris à l'échelle 1 / 10 000, la première courbe à gauche n'autorise pas une trajectoire d'un rayon supérieur à 150 mètres. Pour une valeur limite d'accélération transversale estimée à 9 m/s², la vitesse critique de passage en courbe se calcule de la manière suivante :

$$v = (r \cdot \gamma)^{1/2}$$

$$v = (150 \times 9)^{1/2}$$

$$v = (1350)^{1/2} = 36,7 \text{ m/s} = 132 \text{ km/h}$$

5. La vitesse de la voiture a-t-elle pu varier de 132 km/h (dans la première courbe) à 89 km/h (au moment de heurter le pilier) ? Cette décélération (< 3 m/s²), trop faible pour résulter d'une action sur les freins, peut par contre s'expliquer par une série d'embardees. Cette thèse semble la plus vraisemblable. En effet, si le conducteur a été surpris par la dérobade du train arrière à l'issue de la première courbe, il n'a pu réagir à la fois sur le volant et sur les freins.

6. Ces calculs amènent à retenir l'hypothèse suivante : le conducteur a abordé la première courbe à une vitesse légèrement supérieure à la vitesse critique. Surpris, il a accentué le braquage des roues directrices, provoquant ainsi un transfert de charge sur l'avant de la voiture, et donc un délestage du train arrière.

La voiture, déjà survireuse de par la présence des passagers installés à l'arrière, est partie dans une première embardée, accentuée par la déclivité.

En tentant de reprendre le contrôle de la situation par des mouvements de volant légèrement désynchronisés, le conducteur a déclenché une deuxième embardée. Celle-ci a amené la voiture sur la trajectoire du treizième pilier qui a été heurté à une vitesse d'environ 89 km/h. En tout et pour tout, la séquence d'approche aura duré moins de 5 secondes.

La collision contre le pilier a fait varier la vitesse de la voiture de 89 à 52 km/h, puis le frottement sur l'erre a dissipé le reste de l'énergie cinétique, jusqu'à l'immobilisation complète de l'épave.

La variation de vitesse de 89 à 52 km/h semble faible. En réalité, elle correspond à un choc frontal contre un mur en béton sans échappatoire, avec une vitesse initiale de 72 km/h et une vitesse résiduelle nulle, comme le montre le calcul suivant :

$$v = (89^2 - 52^2)^{1/2}$$

$$v = (7921 - 2704)^{1/2}$$

$$v = 5217^{1/2} = 72 \text{ km/h}$$

Ainsi s'explique la violence de cette collision, et la gravité des dommages corporels subis par les occupants de la voiture.

Alain Sabathié

(*) Du verbe "errer". L'erre est un terme de marine qui désigne la vitesse acquise par un navire lorsqu'on arrête le moteur. Par extension, il désigne la distance parcourue par une épave livrée à elle-même.

[article paru dans la revue
"Formation & Sécurité"
 en mai 2000]