

**ÉTUDE DES PERFORMANCES REALISEES EN SITUATION
DE TEST DE CONDUITE CHEZ 15 TÉMOINS
ET COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS OBSERVES
CHEZ DES BLESSES MÉDULLAIRES**

*Dr Ch. FAKACS
CR.N.
Route de Liverdy - 77140 Coubert*

La conduite automobile représente une étape supplémentaire de la réinsertion sociale et professionnelle des blessés médullaires. L'appréciation de l'aptitude physique de ces patients n'est pas simple et repose souvent sur des critères subjectifs, soit parce que l'examineur ne connaît pas bien cette pathologie, soit parce qu'on manque d'éléments objectifs. En effet, si le niveau neurologique donne une idée des possibilités motrices d'un individu, il ne permet pas toujours *ipso facto* d'en déduire l'état fonctionnel réel.

C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à cet aspect du problème.

L'équipe du Centre de rééducation motrice de Fontainebleau, sous l'impulsion du Dr M. Maury, puis du Centre de rééducation neurologique de Coubert, a conçu et réalisé un banc de conduite qui fonctionne depuis 1983.

Les valeurs « normales » ont été déterminées à partir de deux sources :

- valeurs moyennes nécessaires à la conduite de modèles automobiles courants fournies par le laboratoire de physiologie ;
- ergonomie du produit de la Régie Renault ;
- étude personnelle portant sur 15 témoins valides (communication à Handitec 1987).

Nos travaux de recherche sont toujours en cours. Notre série de sujets valides est encore trop peu importante pour que nous puissions tirer des conclusions formelles lorsque nous testons un patient (quelle que soit la déficience). Nous manquons également de témoins dans chaque pathologie, c'est-à-dire des sujets handicapés ayant repris la conduite depuis un délai suffisamment long.

I. METHODOLOGIE

Le protocole que nous suivons consiste à effectuer des mesures au niveau du « couple-volant » développé (en bimanuel et en unimanuel, en statique instantané et sur 60 secondes, en dynamique) ainsi que sur la force appliquée sur la pédale (ou la manette) de frein et le temps écoulé entre l'accélération maximale et le freinage maximal (pour des durées d'accélération aléatoires et fixes : 5 et 15 secondes).

Chez les patients handicapés, il nous est possible d'utiliser diverses aides techniques et de déterminer celle qui est la plus efficace, sur les valeurs mesurées et sur l'aisance de la conduite. En effet, le test est réalisé par un praticien connaissant parfaitement les pathologies dont nous nous occupons ainsi que les adaptations disponibles sur le marché.

Nous tenons compte dans l'appréciation des résultats obtenus du « statut » physique du sujet (sexe, âge, taille, poids, surface corporelle, latéralisation, pathologie) et de son « statut de conducteur » (date d'obtention du permis de conduire, kilométrage annuel moyen, nombre d'accidents).

Les valeurs mesurées sont acquises sur micro-ordinateur grâce à une interface et à un logiciel conçus à Coubert. Nous pouvons ainsi intégrer les valeurs mesurées et obtenir les surfaces correspondant au travail fourni.

L'aspect psychomoteur tel qu'il est étudié par d'autres systèmes (matériel fourni par la Société Mercurielle, par exemple) n'a pas été pris en compte. Ce développement devrait pouvoir être réalisé dans les années à venir.

II. RESULTATS OBTENUS CHEZ 15 SUJETS VALIDES

Nous avons testé une vingtaine de témoins mais nous ne présentons ici que les résultats concernant des sujets de sexe masculin, droitiers.

A. Epreuves bimanuelles (tableaux 1, 2, 3)

Nous constatons que la valeur du couple volant est toujours nettement supérieure aux besoins théoriques.

En effet, même si lors de l'épreuve de tenue du couple volant maximum pendant une minute (Tableau 1), la diminution de « force » est sensible, la valeur en fin de test reste supérieure à celle qui est nécessaire pour des manœuvres de parking sans déplacement du véhicule (sans assistance de direction).

Les braquages alternatifs rapides (Tableau 2) correspondent à 60 changements de direction en une minute en demandant au sujet un effort maximal. La diminution de la valeur du couple volant est moins sensible que dans l'épreuve précédente.

La position des mains sur le volant semble peu influencer les résultats. Celles qui semblent être les plus efficaces (sur le couple volant) sont 10 h 10 (classiquement conseillée) et 11 h 05.

Ces trois tests, réalisés rappelons-le chez des droitiers, montrent que la valeur du couple volant est un peu meilleure lors des braquages à gauche que lors des braquages à droite.

B. Epreuves unimanuelles (Tableaux 4 à 8)

Nous avons réalisé en unimanuel les trois tests décrits ci-dessus :

- tenue du couple maximal pendant soixante secondes (Tableaux 4 et 5) ;
- braquages alternatifs rapides (Tableaux 6 et 7) ;
- mesure du couple maximal instantané lors d'un braquage à droite puis à gauche en faisant varier la position de la main sur le volant (Tableau 8).

Les conclusions sont assez superposables à celles que l'on a tirées des épreuves bimanuelles : la fatigabilité est plus sensible en statique qu'en dynamique.

En statique (tenue du couple maximal), le membre qui « tire » sur le volant est nettement plus efficace que celui qui « pousse », alors qu'en dynamique, cette constatation n'est plus vérifiée.

L'efficacité la plus grande du membre supérieur droit pour braquer à droite est 2 h, 3 h pour braquer à gauche.

Pour le membre supérieur gauche, la position donnant le meilleur résultat est 10 h pour braquer à droite et 9 h pour braquer à gauche.

Si l'on additionne les valeurs droite/gauche de chacune des positions, on obtient des résultats à peu près semblables.

On retrouve là les conclusions de l'épreuve bimanuelle : la position des mains sur le volant la plus « rentable N se situe entre 10 h 10 et 11 h 05.

C. Tests de freinage (Tableaux 9 et 10)

La latence moyenne entre l'accélération maximale et la fin de course de la pédale de frein est de 449 ms, ce qui correspond à une distance parcourue, avant blocage des roues, d'environ 7,5 m à 60 km/h, de 11,2 m à 90 km/h et de 16,2 m à 130 km/h. Nous n'étudions pas encore la courbe de décélération mais l'informatisation du système devrait nous permettre de remédier à cet état de fait.

La durée de la phase d'accélération avant que ne soit donné l'ordre de freiner intervient peu dans la latence de la réponse. Il est un peu plus élevé lorsque l'accélération est prolongée mais la différence n'est pas significative.

La force développée sur la pédale de frein se trouve toujours largement au-dessus de ce qui est nécessaire. On considère en effet qu'il faut, sur les modèles automobiles courants, une force de 25 daN pour obtenir une décélération de -8 m/s^2 , ce qui correspond au blocage des roues.

La « fatigabilité » ne se fait pas sentir lors du test de freinages itératifs puisque la force mesurée est un peu plus élevée en fin d'épreuve qu'au début.

III. RESULTATS OBTENUS CHEZ LES BLESSES MEDULLAIRES

Nous présenterons ici une série de paraplégiques. Le nombre de tétraplégiques complets testés est encore insuffisant pour que nous en fassions état et l'ensemble des tétraplégiques incomplets regroupe trop de cas disparates pour que la présentation d'une telle série présente un intérêt statistique.

A. Présentation des patients

Nous avons testé 22 patients ayant une atteinte complète, tous de sexe masculin et droitiers, afin de pouvoir comparer avec notre série de témoins. Tous sont à distance de l'accident responsable de leur atteinte neurologique et ils ont repris la conduite automobile depuis au moins un an au moment du test.

Nous les avons répartis en trois groupes selon la limite supérieure du syndrome lésionnel :

- groupe 1 : niveau supérieur D6 et au-dessus (membres inférieurs et tronc paralysés : 10 cas) ;
- groupe 2 : niveau D12 LI (membres inférieurs paralysés en totalité, tronc normal : 7 cas). Nous y avons inclus un patient de niveau D8 mais qui avait un bon équilibre du tronc ;
- groupe 3 : niveau L2 et en-dessous (membres inférieurs partiellement sains, donc assez proches des témoins : 5 cas).

Trois patients ayant une atteinte distale conduisent sans aménagement, deux avec un système à main.

Ils sont en moyenne plus âgés que nos témoins (respectivement 35, 4 vs, 29,8 ans) mais l'âge moyen des trois sous-groupes des paraplégiques est comparable.

Ils ont leur permis de conduire depuis plus longtemps que les témoins (14,5 ans vs 11,1), ont un kilométrage annuel moyen supérieur (25 200 km vs 20 250) mais ils ont moins d'accident (0,5 vs 1,2). Il s'agit donc d'une population de conducteurs expérimentés.

B. Résultats des tests d'aptitude physique à la conduite automobile

Il serait fastidieux de reprendre point par point tous les résultats (60 items ont été étudiés).

Nous nous bornerons donc à dégager les grandes lignes.

1. Tests bimanuels

Les résultats obtenus par les blessés médullaires sont, en moyenne, plus faibles que ceux des valides. Cela est vrai surtout pour les atteintes dorsales et dorso-lombaires, alors que la différence s'amenuise chez les atteintes basses. Il est vraisemblable que cette différence tient au fait que, lorsqu'on demande à un sujet valide un effort maximal sur le volant, l'appui sur les membres inférieurs est une aide précieuse.

La différence existe quel que soit le test. Il faut noter cependant que « l'effet fatigue » est moins net chez les paraplégiques.

La valeur du couple volant reste compatible avec la conduite d'un véhicule sans assistance de direction puisqu'on admet que le couple nécessaire pour la conduite sur route est de 0,2 à 0,3 mdaN, et de 0,5 mdaN pour les manœuvres de parking avec déplacement du véhicule. Par contre, certains de nos sujets peuvent éprouver des difficultés pour les manœuvres de parking sans déplacement puisque le couple nécessaire est de l'ordre de 2,5 mdaN.

2. Tests unimanuels

Les remarques faites à propos des tests bimanuels restent valables.

Le couple développé, quelle que soit l'épreuve, est faible, interdisant les manœuvres de parking sans déplacement du véhicule. Il est malgré tout assez rare que l'on soit, dans la réalité, confronté à ce type de problème.

3. Freinage

Les patients n'ont pas été étudiés avec le même type d'appareillage. Nous ne donnerons pas ici les résultats en fonction du matériel car notre série est trop courte pour conclure et, à très peu de choses près, ils se valent.

La latence de freinage semble, à première vue, nettement allongée chez les patients dont le niveau neurologique est le plus bas. Ce résultat tient au fait que trois patients ont été étudiés au début de notre étude prospective, avec des essais de freinage au pied. Les deux patients testés ultérieurement ont utilisé un système « à main » et leurs résultats sont comparables à ceux des autres paraplégiques.

La vitesse avec laquelle un sujet répond à l'ordre de freiner est tout à fait superposable qu'il existe, ou non, une atteinte neurologique. Cette similitude des latences est encore plus « parlante » si l'on observe les distances parcourues avant le blocage des roues.

Pas plus que chez les valides, la durée de l'accélération ne modifie la latence de freinage.

La force développée sur le système de freinage est sensiblement plus faible pour les paraplégiques que pour nos témoins. Cette différence tient vraisemblablement au fait que le matériel utilisé n'est pas identique (pieds vs main) car les résultats sont homogènes chez les paraplégiques. Le meilleur résultat des niveaux lombaires tient à la disparité du groupe et à une force supérieure avec un freinage au pied. L'effet fatigue, bien que modéré, semble plus net chez les blessés médullaires que chez les valides. Cette force permet presque à tout coup d'obtenir le blocage des roues.

IV. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus sur simulateur de conduite par les blessés médullaires permettent de chiffrer les performances possibles. Nous avons vu que, dans la plupart des cas, elles ne contre-indiquent pas la conduite d'un véhicule sans assistance de direction. La rapidité avec laquelle ils freinent est comparable à celle des valides.

L'intérêt de notre matériel est double

- permettre de classer un paraplégique en fonction de ses résultats compte tenu de son niveau, et être ainsi capable de le conseiller, quant à son aptitude physique à la conduite automobile ;
- étudier avec lui les aménagements à prévoir et être à même de lui conseiller les aides techniques qui lui conviennent le mieux.

Chaque test est donc à la fois une étude clinique et une approche ergonomique personnalisée.

Nous espérons augmenter régulièrement le nombre de patients testés afin d'avoir des séries statistiquement utilisables dans tous les domaines de handicap moteur :

- neurologique : lésions médullaires, lésions encéphaliques (hémiplegies, traumatismes crâniens) ;
- traumatologiques et orthopédiques : séquelles de fractures, amputés...

Enfin, il faut signaler que nous ne donnons pas de conclusion définitive sur l'aptitude d'un patient sans l'avoir étudié en situation réelle et l'avis du moniteur d'auto-école qui travaille régulièrement avec nous est pris en compte.

Tableau 1
Tenue du couple maximal en bimanuel

| | Braquages à droite | Braquages à gauche |
|-------|--------------------|--------------------|
| Début | 6,8 (1,8) | 7,4 (2) |
| Fin | 4 (1,2) | 4 (1,4) |
| Ecart | 2,8 | 3,4 |
| Temps | 60" | 60" |

Tableau 2
Braquages alternatifs rapides en bimanuel

| | A droite | A gauche |
|-------|-----------|-----------|
| Début | 6,4 (2,1) | 6,8 (2,4) |
| Fin | 5,5 (1,7) | 6,0 (2,4) |
| Ecart | 0,9 | 0,8 |
| Temps | 60" | 60" |
| N | 60 | 60 |

Tableau 3
Couple maximal bimanuel selon la position des mains sur le volant

| | A droite | A gauche | Total |
|---------|-----------|-----------|-------|
| 8 h 20 | 6,9 (1,9) | 7,2 (1,9) | 14,1 |
| 9 h 15 | 6,4 (2) | 7,5 (1,9) | 13,9 |
| 10 h 10 | 6,8 (2,1) | 7,4 (2,4) | 14,2 |
| 11 h 05 | 7,0 (1,9) | 7,2 (2,3) | 14,2 |

Tableau 4
Tenue du couple maximal main droite

| | Braquage à droite | Braquage à gauche |
|-------|-------------------|-------------------|
| Début | 6,1 (2,1) | 4,8 (1,7) |
| Fin | 3,1 (1,2) | 2,8 (1,2) |
| Ecart | 3 | 2 |
| Temps | 60" | 60" |

Tableau 5
Tenue du couple maximal main gauche

| | Braquage à droite | Braquage à gauche |
|-------|-------------------|-------------------|
| Début | 4,7 (1,8) | 6,4 (2,4) |
| Fin | 2,7 (0,9) | 3,3 (1,1) |
| Ecart | 2 | 3,1 |
| Temps | 60" | 60" |

Tableau 6
Braquages alternatifs rapides
main droite à 3 h 00

| | Braquages à droite | Braquages à gauche |
|-----------|--------------------|--------------------|
| Début | 4,9 (2) | 5,1 (2,3) |
| Fin | 2,9 (1,2) | 3,4 (1,8) |
| Temps | 60' ' | 60" |
| N (D + G) | 60 | 60 |

Tableau 7
Braquages alternatifs rapides
main gauche à 9 h 00

| | Braquages à droite | Braquages à gauche |
|-----------|--------------------|--------------------|
| Début | 3,7 (1,2) | 4,2 (1,6) |
| Fin | 2,9 (1,4) | 2,9 (1,3) |
| Temps | 60" | 60" |
| N (D + G) | 60 | 60 |

Tableau 8
Position de la main sur le volant

| | Maint droite | | | Main gauche | | |
|-------|--------------|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 12h | 2h | 3h | 12h | 10h | 9h |
| BAD* | 6,1 (2,2) | 6,8 (2) | 5,8 (1,9) | 3,6 (1,8) | 4,1 (1,6) | 4,8 (0,6) |
| BAG** | 4,8 (2,4) | 4 (1,1) | 5,1 (1,2) | 5,6 (2,2) | 6,2 (1,9) | 5,7 (2) |

*Braquages à droite

**Braquages à gauche

Tableau 9
Latences de freinage (en ms)

| Temps d'accélération | |
|----------------------|-----------|
| Aléatoire | 449 (94) |
| 5 secondes | 448 (134) |
| 15 secondes | 462 (84) |

Tableau 10
Freinages itératifs

| Force appliquée sur la pédale de frein | |
|--|-------------|
| En début d'épreu38 | (16) |
| En fin d'épreuve:- | 38,8 (14,7) |

Tableau 11
Couple maximal instantané bimanuel chez les paraplégiques

| | A droite | A gauche |
|----------|----------|----------|
| Groupe 1 | 3,38 | 3,58 |
| Groupe 2 | 2,98 | 2,97 |
| Groupe 3 | 5,65 | 6,14 |

Tableau 12
Latence de freinage

| | Groupe 1 | Groupe 2 | Groupe 3 |
|----------------------|----------|----------|----------|
| Temps d'accélération | | | |
| Aléatoire | 452 | 478 | 613 |
| 5 secondes | 439 | 452 | 565 |
| 15 secondes | 455 | 460 | 544 |

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - BOITARD J.A. Handicap physique et conduite automobile. Mémoire pour le D.U.S. de Rééducation (Paris-XII, 1982).
- 2 - BOSSION A. Handicap moteur et conduite automobile. EMC (Paris), Kinésithérapie, 26152 A 20, 1988.
- 3 - Code de la route. Tome IV ; Aménagement des véhicules 213-240. Arrêté du 18 août 1955 (modifié) relatif au freinage des véhicules automobiles. Journal officiel.
- 4 - FAKACS Ch. et coll. Handicap moteur et aptitude physique à la conduite automobile. Colloque Handitec 1987.
- 5 - FAKACS Ch. Etude des performances réalisées en situation de test de conduite chez 15 témoins et comparaison avec les résultats observés chez des blessés médullaires. Colloque INRETS, Lyon, 1989.
- 6 - FAKACS Ch. Intérêt d'une chaîne de mesure de l'aptitude physique à la conduite automobile. Journée nationale de l'A.N.F.E., Coubert, septembre 1989.
- 7 - FAKACS Ch. Aptitude physique à la conduite automobile et handicap moteur. Colloque régional : « Pour une nouvelle politique du handicap l'exemple de la Seine-et-Marne », Melun, octobre 1989.
- 8 - GURGOLD G. & all. Assessing the driver potential of the handicapped. American Journal of Occupational Therapy. 1978, 32, 41-46.
- 9 - HOLMES J.F. Driver education. Rehabilitation Institute of Chicago.
- 10 - KOPPA R.J. & all. Handicapped driver controls operability : device for clinical evaluation of patients. Archives of Physical medicine and rehabilitation, 1978, 59, 227231.
- 11 - PIERA J.B.
Le paraplégique et l'automobile. In « La paraplégie » (M. Maury), Flammarion Médecine Science Ed. (Paris, 1981), 574-577.
- 12 - TALBOT B. Le diminué physique et l'automobile. Annales de médecine physique, 1968, XI, 2, 151-159.