



ELSEVIER

Disponible en ligne sur

ScienceDirect  
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France

EM|consulte  
www.em-consulte.com



RAPPORT ET RECOMMANDATIONS DE L'ANM

# Rapport 22-12. Accidentologie des trottinettes électriques<sup>☆</sup>



## E-scooter accidents

A.-C. Masquelet\*, J. de Saint-Julien, au nom d'un groupe travail de la Commission VIII de l'Académie nationale de médecine<sup>1</sup>

Académie nationale de médecine, 16, rue Bonaparte, 75006 Paris, France

Disponible sur Internet le 15 décembre 2022

### MOTS CLÉS

Trottinette électrique ;  
Prévention ;  
Accidents de la circulation

**Résumé** Avec l'expansion de l'offre de location des trottinettes électriques, l'accidentologie liée à leur utilisation est devenue un problème sanitaire majeur. Les facteurs de risque de cette nouvelle pratique de la micro-mobilité urbaine sont liés notamment à la conception des engins, au comportement des conducteurs, à l'état des voiries et au partage de l'espace public. Pour réduire le nombre d'accidents la première mesure réside dans le respect de la réglementation existante ; encore faut-il également envisager des avancées dans la conception des engins, en termes de sécurité, des règles de prévention pour les conducteurs, comportant formation et protection renforcée, ainsi qu'une réflexion sur le partage de l'espace public dans les centres urbains.

© 2022 Publié par Elsevier Masson SAS au nom de l'Académie nationale de médecine.

### KEYWORDS

Electric scooter;  
Injury prevention;  
Traffic accident;  
Trauma

**Summary** Electric scooter-related accidents are associated with a significant number of serious injuries, which raises a true public health problem. Multiple aspects are concerned involving the vehicle, the rider and the road system. Following strictly the existing regulation could reduce the accidents. Nonetheless improvements are possible regarding the design of the machine, the safety of the rider by developing education, protection and regulation, and a reflection on the shared public space.

© 2022 Published by Elsevier Masson SAS on behalf of l'Académie nationale de médecine.

<sup>☆</sup> Un rapport exprime une prise de position officielle de l'Académie nationale de médecine. L'Académie dans sa séance du mardi 29 novembre 2022, a adopté le texte de ce rapport par 89 voix pour, 1 voix contre et 4 abstentions.

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [acmasquelet@free.fr](mailto:acmasquelet@free.fr) (A.-C. Masquelet).

<sup>1</sup> Membres du Groupe de travail: Jacques Caton, Didier Mainard, Jean Louis Peix, Sylvain Rigal, Jean-François Barbet (invité permanent).

## Introduction

La trottinette électrique (TE) appartient réglementairement au groupe des engins de déplacement personnel motorisés (EDPM) qui réunit, outre la TE, le monoroué, le gyropode et l'hoverboard. Le vélo électrique, qui requiert une participation active, ne fait pas partie des EDPM. La TE est majoritairement utilisée dans le cadre de la micromobilité urbaine. Elle concentre l'essentiel des problèmes, raison pour laquelle le rapport est centré sur cet engin. De plus, face au développement massif des TE, l'utilisation des autres EDPM est anecdotique d'autant que l'offre de location y est quasiment absente. L'essor de la TE est plurifactoriel : en effet, outre les raisons socio-environnementales traditionnellement évoquées ([Annexe 1](#)), l'usage exponentiel de la TE ([Annexe 2](#)) au cours des années 2019–2020 est directement lié à l'offre de location. Face à cette nouvelle pratique, une réglementation tardive par rapport aux avancées technologiques, et médiocrement observée par les usagers, ajoutée à un environnement souvent mal adapté et à des contraintes floues imposées aux constructeurs, ont rendu son développement chaotique, source d'une accidentalité croissante.

L'objectif du rapport est d'analyser les différents aspects de ce phénomène sociétal devenu enjeu de santé publique et d'apporter des propositions susceptibles de remédier aux problèmes soulevés.

## Méthodologie

Les membres du GT se sont appuyés sur trois sources de données :

- des auditions d'experts concernés par l'accidentologie de la TE ;
- des documents écrits et publiés ;
- des analyses de séries hospitalières et de thèses étudiées pour la circonstance.

### Six séances d'audition ont été réalisées en présentiel, totalisant seize orateurs

([Annexe 3](#)). Ont ainsi été entendus :

- séance n° 1 : deux édiles de la ville de Lyon et le médecin en chef de la Brigade des Sapeurs- Pompiers de Paris ;
- séance n° 2 : le président d'une association de victimes de trottinettes électriques. (Association philanthropique, Action contre l'Anarchie urbaine, vecteur d'incivilités : APACAUVI) et le directeur du Centre Européen, Études de sécurité et Analyse des risques (CEESAR).
- séance n° 3 : deux représentants de la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF) ;
- séance n° 4 : trois chirurgiens des Hôpitaux de Paris concernés par la traumatologie de la TE (chirurgie maxillo-faciale, chirurgie orthopédique et neurochirurgie) ;

- séance n° 5 : trois représentants du Laboratoire « Mécanismes d'accidents » de l'Université Gustave Eiffel, spécialisée dans l'étude des villes et des processus d'urbanisation ;
- séance n° 6 : trois représentants de la société de transport en commun Keolis de Lyon, regroupant autobus et tramways.

### Les données écrites ont été extraites de plusieurs sources

- articles de presse ;
- réglementation en vigueur : Code de la route, loi sur l'orientation de la mobilité, norme NF EN 1728 « Véhicules électriques personnels légers-Exigence de sécurité et méthodes d'essai », Commission AFNOR/S55T « Petits engins motorisés » ;
- descriptifs des caractéristiques des engins ;
- rapport d'étude, intitulé « Usages, Risques et accidentali-té des EDPM » réalisé en octobre 2020 par le Cabinet d'étude « Smart Mobility Lab » ([Annexe 4](#)) ;
- communiqués de l'Office national interministériel de la Sécurité routière (ONISR) ;
- 80 articles médicaux pour la plupart d'origine étrangère ([Annexe 5](#)) ;
- séries hospitalières émanant du CHU de Nancy et des hôpi-taux de l'Assistance Publique de Paris, Saint Antoine et Trousseau et deux thèses réalisées à Lyon concernant des études rétrospectives sur des accidents impliquant la TE en 2019 ([Annexe 6](#)).

Les conditions d'utilisation de la TE montrent que l'accident est la conséquence d'une défaillance d'un système complexe à quatre composantes : l'engin, le conducteur, l'environnement (infrastructures et autres usagers de l'espace public) et la réglementation au sens large (normes AFNOR, règles de sécurité et de prévention, Code de la route).

L'analyse et les résultats sont exposés pour chacune des composantes, incluant les données observées et les facteurs de risque susceptibles d'être modifiés.

Nous utiliserons parfois le terme générique EDPM, car les statistiques ne font pas toujours le partage de ce qui relève, stricto sensu, de la TE.

## Résultats

### La fréquence des accidents

- en 2019, 10 décès accidentels dus aux EDPM sur l'ensemble du territoire national. Le registre du Rhône ([Annexe 7](#)) faisait état à lui seul de près de 1200 blessés, totalisant 2500 lésions dont 600 fractures et 3,7 % de blessures graves. (Pr Sautet, audition n° 4) ;
- en 2020, 7 décès (contre 178 cyclistes et 391 piétons). 870 lésions corporelles concernant 774 blessés ont été enregistrées par les forces de l'ordre (communiqué de l'ONISR du 20/10/2021) ;
- en 2021, 22 décès liés aux EDPM (contre 234 cyclistes et 462 piétons) et 20000 blessés (CEESAR, audition n° 2). Pour

Paris intramuros, 1188 accidents liés aux EDPM totalisant 1227 victimes dont deux décès et 43 urgences absolues (BSPP, audition n° 1) ;

- Pour 2022 une lecture non exhaustive de la presse quotidienne régionale a permis d'entrevoir l'ampleur du problème (Annexe 8). Sur une brève période de 15 jours allant du 14/06/2022 au 30/06/2022, quatre décès et deux blessés graves en coma profond ont été rapportés. Un recensement partiel réalisé fin août fait état de 19 décès depuis le début d'année 2022 (Sécurité routière).

En dehors des décès, l'estimation de la fréquence annuelle des accidents liés aux EDPM est difficile à établir pour plusieurs raisons :

- les forces de l'ordre n'interviennent que lorsqu'il existe un tiers responsable ;
- des blessés légers ne sont pas toujours pris en charge dans un établissement de soin ;
- certains blessés légers échappent aux services de secours.

On peut néanmoins estimer que le nombre de blessés « EDPM » a augmenté de près de 180 % par rapport à 2019 sur la période d'août 2021 à juillet 2022 (Le Parisien du 23/08/2022, d'après les données de la Sécurité routière) (voir aussi Annexe 6).

## Les lésions corporelles

Les lésions affectent principalement l'extrémité crânio-faciale et les membres, plus particulièrement le membre supérieur. Ces localisations des lésions résultent d'une chute en avant qui rend l'extrémité céphalique et les membres supérieurs très exposés [1,2]. L'extrémité céphalique est plus souvent atteinte dans les accidents de TE que dans les accidents de vélo où la chute se produit latéralement. (74 % vs 43 %) [3].

### Lésions de l'extrémité céphalique

Les lésions des parties molles isolées ou associées à des fractures concernent surtout l'étage moyen de la face. Les avulsions ou les luxations dentaires sont fréquentes [4–6]. Les lésions des parties molles du front et du menton montrent que les étages supérieur et inférieur sont susceptibles d'absorber des traumatismes de moyenne énergie sans fracture [5]. En revanche, l'étage moyen peut être le siège de multiples fractures intéressant les os propres du nez, le zygoma, l'orbite, le maxillaire, la région condylienne et, dans les cas extrêmes, d'une disjonction crânio-faciale (Lefort 3) ou d'un fracas facial concernant plusieurs étages. Dans la série de Hennocq et al. [6] près d'un patient sur deux (125 au total) a dû être opéré pour une fracture de la face. Ces traumatismes de l'extrémité céphalique peuvent être responsables de séquelles durables au plan esthétique et fonctionnel (ankylose, diplopie...) (Dr Foy, audition n° 4). Leur fréquence a augmenté considérablement depuis 2018 [4,6]. Chez les patients, une intoxication à l'alcool ou aux substances addictives était noté dans près de 50 % des cas, tandis que le port du casque était absent dans neuf cas sur dix [4–6]. Le casque type cycliste qui n'aurait aucun effet

protecteur sur les lésions des parties molles de la face, semble réduire le pourcentage de fractures et de lésions dentoalvéolaires selon une importante étude israélienne [7]. Les traumatismes crâniens isolés sont difficiles à recenser, contrairement aux accidents impliquant des cyclistes. Si l'on note la survenue, peu fréquente au demeurant, d'hématome sous dural ou d'hémorragie méningée (Dr Foy, audition n° 4), la lésion la plus fréquente est la survenue d'un syndrome commotionnel post traumatique dans près de la moitié des cas. En raison de l'énergie cinétique, le casque n'évite pas la commotion cérébrale. Toutefois il protège des lésions de contact direct et évite les fractures ouvertes du crâne (Pr Decq, audition n° 4).

### Lésions des membres

La répartition globale des lésions est variable selon les séries (Annexe 9) mais les traumatismes du membre supérieur ont tendance à augmenter [8] : 53,1 % de l'ensemble des lésions pour Moftakhar et al. [9], 47 % pour Störmann et al. [10], avec une proportion de fractures (ceinture scapulaire, coude, avant-bras, poignet) plus importante qu'au membre inférieur, lequel est dominé par les lésions superficielles des parties molles. Les lésions graves au membre inférieur sont les fractures de la rotule, de l'extrémité proximale du tibia, de la cheville et les luxations fractures de l'avant pied [11]. Au membre supérieur, il faut souligner l'atteinte des mains et des poignets sous forme de fractures ou de lésions des parties molles [12].

## L'engin en question

La diversité des modèles de TE (Annexe 10) se reflète dans leur conception et leurs équipements. La TE est directement inspirée des patinettes, considérées comme jouets pour les enfants, auxquelles on a adjoint un moteur électrique. Les qualités proprement mécaniques de l'engin (résistance aux chocs, verrouillage de la charnière en cas d'engin pliable) ont été renforcées par l'obligation faite aux fabricants de se soumettre à la norme AFNOR de 2020 qui détaille toutes les mesures de sécurité du circuit électrique. De plus, depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2020, les TE doivent être équipées de feux de position avant et arrière, de dispositifs rétro-réfléchissants (catadioptrés), d'un système de freinage sur les deux roues et d'un avertisseur sonore. Malgré cette normalisation réglementaire destinée à renforcer la sécurité, des lacunes persistent :

- Liberté complète est laissée aux industriels pour définir le diamètre des roues et la largeur de la plateforme, deux paramètres essentiels qui contribuent à la stabilité de l'engin et de son conducteur. Sur les modèles « bas de gamme », la plateforme étroite n'offre pas au conducteur un polygone de sustentation stable. Poser un pied en arrière de l'autre fragilise un équilibre déjà perturbé par un centre de gravité haut placé, induit par la station debout. Dans ces conditions, le moindre geste comme tourner la tête ou tendre un bras en lâchant le guidon pour signaler un changement de direction, expose le conducteur à une perte d'équilibre et donc à une chute. Cet état de fait est aggravé par le faible diamètre des roues (17,5 cm incluant les pneus, en règle générale) qui

amplifie les irrégularités de la chaussée ou de la voie cyclable (soulèvement du bitume, « nids de poule », etc.). Les grilles de caniveaux et les rails de tramways sont des pièges pour les roues de largeur réduite. En raison de la surélévation du centre de gravité de l'ensemble conducteur-TE, un freinage brutal, surtout s'il est le fait d'un frein avant prédominant, a pour effet de faire décoller l'arrière de l'engin, avec le risque de précipiter le conducteur dans une chute en avant, en « coup de fouet » (CEESAR, audition n° 2).

- La vitesse est théoriquement limitée à 25 km/h (20 km/h dans certaines agglomérations), mais il n'y a aucune limitation de puissance pour les TE (alors que les vélos électriques qui dépassent 250 W sont considérés comme des cyclomoteurs et sont soumis de facto à une homologation préalable avec délivrance d'un certificat de conformité, sans toutefois d'immatriculation nécessaire). L'apparition sur le marché de TE super puissantes (jusqu'à 6000 W !) bien que bridées pour ne pas dépasser 25 km/h pose deux problèmes : le plus important est la possibilité de débrider le moteur pour augmenter la vitesse, tentation d'autant plus grande pour le conducteur privé que les modalités du débridage sont aisément accessibles sur le Net. L'autre problème est la promotion de la part du fabricant d'une selle optionnelle amovible, qui fait rentrer la TE dans la catégorie des cyclo mobiles légers (« draisiennes ») soumis à une homologation spécifique. Dans les deux cas le conducteur est dans l'illégalité.

Les contrôles des autorités compétentes révèlent qu'un tiers des revendeurs sont en défaut ; 69 % des engins ne sont pas conformes (DGCCRF, audition n° 3). Il peut s'agir de manquements simples comme l'absence de connaissance de l'importateur ou de marquage CE, mais aussi de manquements plus graves liés à la commercialisation ou à des pratiques trompeuses visant notamment une clientèle jeune et naïve. Les mesures de rétorsion vont du rappel ou de l'injonction de mise en conformité au retrait par arrêté préfectoral (Annexe 11).

## Le conducteur

Dans un échantillon de population générale, 22 % sont des pratiquants de TE dont la moitié sont des utilisateurs réguliers. Près de trois quarts des utilisateurs ont entre 18 et 30 ans (M Soulard, audition n° 1) et 26 % des « trottinettistes » sont d'anciens automobilistes convertis. 75 % de ceux qui ont recours au libre-service ont moins d'un an de pratique.

De notables différences distinguent les propriétaires d'engins privés des conducteurs occasionnels, adeptes du « free floating », terme qui désigne un accord entre un organisme loueur et une municipalité. Chez les premiers, l'utilisation de la TE est plus étalée dans la journée et concernent les déplacements professionnels ou à visée scolaire. Pour les seconds l'utilisation est concentrée dans les après-midis et les soirées et est davantage destinée aux loisirs (rapport du Smart Mobility Lab).

L'épreuve de la crise sanitaire a fait ressortir les aspects utilitaires des EDPM (autonomie, gain de temps, économie) et, en conséquence, plus d'un quart des Français déclaraient avoir modifié leurs modes de déplacement ; près d'une per-

sonne sur dix avait opté pour la TE, avec une prédominance marquée chez les jeunes entre 18 et 34 ans (rapport du Smart Mobility Lab). Un usage moins fréquent semble être l'apanage des utilisateurs du libre-service, tandis que les deux groupes reconnaissent emprunter les trottoirs pour 12 à 13 % d'entre eux. Les utilisateurs d'EDPM ne perçoivent pas leur mode de transport comme le plus dangereux, bien qu'ils se sentent les moins en sécurité de tous les usagers de l'espace public (rapport Smart Mobility Lab). Cette impression est confirmée par des données objectives : dans une récente étude de l'Université de Californie portant sur 1354 blessés par TE entre 2014 et 2020 [13], le nombre estimé de blessures par million de trajets était supérieur ( $n = 115$  pour les TE) à celui lié aux motos ( $n = 104$ ), aux vélos ( $n = 15$ ), aux voitures particulières ( $n = 8$ ) et enfin aux piétons ( $n = 2$ ) [14]. A contrario, les utilisateurs d'EDPM sont perçus comme les moins respectueux de tous les usagers de l'espace public (rapport Smart Mobility Lab).

Les propriétaires de TE sont plus enclins à se protéger que les utilisateurs de TE en libre accès ; ainsi le port du casque est présent dans neuf cas sur dix pour les propriétaires versus un cas sur dix pour les utilisateurs du libre-service (rapport du Smart Mobility Lab).

La nouvelle réglementation relative aux TE (interdiction de rouler sur les trottoirs, de rouler à deux sur le même engin, de porter des écouteurs ou de téléphoner en conduisant, en sus de la limitation de vitesse) est connue par près de six usagers sur dix, les propriétaires ayant une meilleure connaissance, comparés aux utilisateurs du libre-service.

## L'assurance

Les trois quarts des propriétaires de TE sont informés des conditions assurancielles de leur engin ; 62 % d'entre eux ont souscrit une assurance en responsabilité civile, rendue obligatoire par le décret 2019-1082 (JO du 23 octobre 2019) alors qu'un utilisateur de libre-service sur cinq, seulement, a vérifié les caractéristiques de la couverture au moment de la location. L'usage d'une TE est exclu de l'assurance multirisque habitation, et l'organisme loueur assure l'engin en responsabilité civile mais pas le conducteur occasionnel. De plus, il est recommandé de souscrire une assurance supplémentaire « garantie corporelle » d'autant que les trois quarts des accidents sont dus à une chute isolée. En l'absence d'assurance, conformément au Code de la route, les sanctions sont lourdes et la victime sera indemnisée par le Fonds de Garantie des Assurances Obligatoires (FGAO), lequel se retournera ensuite contre le conducteur responsable de l'accident afin d'exiger le remboursement intégral des sommes versées à la victime (APACAUVI, audition n° 2).

## L'environnement : les autres usagers de l'espace public et les infrastructures

L'accidentologie touche principalement les utilisateurs d'engins en libre-service. Les usagers de l'espace public les plus concernés par des accidents impliquant des EDPM sont les piétons (1/3 des cas) puis les automobilistes et les cyclistes (rapport Smart Mobility Lab).

Les zones accidentogènes selon la fréquence et la gravité des accidents sont :

- la chaussée routière : les facteurs de risque sont les revêtements défectueux, les défaillances techniques du matériel, et, dans une moindre mesure, l'erreur humaine.

Les accidents survenant sur la chaussée sont pour la plupart relativement bénins (rapport Smart Mobility Lab).

- les intersections (carrefours, passages piétons...) : ce sont des zones de ralentissement des flux de circulation. Les accidents qui s'y produisent sont, en général, graves. Le scénario type met en présence une automobile qui double un EDPM, puis tourne vers la droite à l'intersection, alors que le conducteur de l'EDPM poursuit une trajectoire linéaire en franchissant le passage piéton de la voie de droite (Université G Eiffel, audition n° 5). Les facteurs de risque surajoutés résident dans l'espace aveugle, dit « angle mort » qui affecte les camions et les bus, et l'arrondi de trajectoire que ces longs véhicules doivent effectuer en se déportant du côté opposé au virage qu'ils s'apprêtent à négocier, pouvant laisser penser qu'ils se dirigent du côté opposé. (Cette manœuvre concerne surtout les semi-remorques) (Société Kéolis, audition n° 6).
- les voies cyclables sont de deux types : les bandes cyclables tracées à même la chaussée et les pistes cyclables spécialement aménagées où circulent les vélos et les TE, conformément à la réglementation. Les principales causes d'accidents graves proviennent du non-respect de la réglementation routière, notamment la remontée en sens inverse d'une voie ou d'une piste, du non-respect des feux de signalisation aux intersections et la survenue d'un fait inattendu. S'y ajoute, dans certaines localités ou certains quartiers de grandes villes, l'existence de couloirs de bus à contre-courant que les TE et autres EDPM sont enclins à emprunter.

### L'accident (La plupart des données proviennent du rapport Smart Mobility Lab)

Les accidents surviennent principalement en semaine, l'après-midi ou en début de soirée. Près de la moitié d'entre eux ont lieu sur la chaussée routière ; viennent ensuite les trottoirs et les voies cyclables. Dans deux tiers des cas, un non-respect de la réglementation est en cause : les excès de vitesse et la circulation sur les trottoirs viennent en première ligne (Annexe 12). Un tiers des accidents sont dus à un événement imprévu, un obstacle, notamment (Annexe 13). Un accident sur cinq résulte d'infrastructures défaillantes : état inadapté de la chaussée et déficit de pistes cyclables (Annexe 14). Les défaillances techniques des engins sont peu fréquentes. Une utilisation inadaptée de la TE par inexpérience est probablement en cause dans de nombreux cas, mais elle est difficile à évaluer d'autant qu'elle est souvent mêlée à d'autres causes extrinsèques (Annexe 15).

La chute isolée qui est la première cause des accidents (de 70 à 80 % en fonction des séries) est en rapport avec une perte du contrôle de l'engin, par défaut d'attention (utilisation d'un téléphone portable en roulant), conduite d'une main, manque d'expérience, vitesse excessive, obstacle... Dans la majorité des cas, le manque de stabilité du conducteur sur son engin est un facteur contributif.

Dans les dossiers d'accidents vécus ou observés on retrouve les données suivantes (rapport Smart Mobility Lab) :

- deux tiers des conducteurs ne portait pas de casque de protection ;
- deux tiers des TE n'avaient pas d'éclairage ;
- quatre conducteurs sur cinq n'étaient pas munis d'un équipement rétro réfléchissant ;
- quatre conducteurs sur cinq n'étaient pas équipés d'autres accessoires de protection (coudières, genouillères...);
- à noter que lors de survenue d'accidents les conducteurs de TE privées portaient un casque dans plus d'un cas sur trois, versus un cas sur cinq pour les conducteurs d'un engin de location.

### Discussion

L'introduction du libre-service (septembre 2017 aux États-Unis, juin 2018 en France, août 2018 en Israël, juin 2019 en Allemagne) a été le facteur majeur d'augmentation des accidents [15] en relation avec multiplication des TE de location proposées par différents opérateurs. Trois mille TE (bientôt quatre mille) dans l'hypercentre de la métropole lyonnaise, 25 000 à Paris initialement, chiffre ramené à 15 000 en raison d'un développement jugé anarchique. Selon le registre du Rhône (Annexe 7) le nombre d'accidents de TE a été multiplié par 7,3 par rapport aux trois dernières années pleines (2015–2017) dépourvues de TE de location [3]. Plusieurs auteurs confirment cette évolution : à Auckland les accidents sont passés de 2 à 35 par semaine après l'introduction du libre-service [16]. Aux États-Unis, Namiri et al., s'appuyant sur le National Electronic Injury Surveillance System (NEISS) ont relevé 14 651 accidents impliquant des TE en 2019, contre 4582 en 2014 [17]. Enfin, à Vienne, les admissions en structure d'urgence pour accidents de TE sont passées de 13 en 2018 à 116 en 2019 [8].

Nous suivrons le plan déjà adopté pour étudier les problèmes qui relèvent de l'engin, du conducteur, de l'infrastructure et des intrications avec la réglementation.

### L'engin

Débordées par la diffusion rapide et massive de ce nouveau mode de déplacement motorisé, les instances de régulation ont focalisé les normes de construction sur la résistance mécanique et la sécurité électrique, en laissant par ailleurs une grande liberté aux fabricants.

La plupart des modèles sont munis actuellement d'un éclairage avant et arrière, de catadioptrés et d'un avertisseur sonore, à vrai dire peu puissant. Rares sont les modèles offrant des clignotants de changement de direction. Certains engins de « haut de gamme » disposent d'un feu stop à l'arrière, indiquant un ralentissement par freinage.

Par ailleurs les fabricants n'ont pas attendu une mise à jour de la réglementation pour s'intéresser au défaut majeur des premiers engins, l'instabilité, due en grande partie au faible diamètre des roues (12,5 cm) qui étaient pleines ou munies de pneus increvables, accentuant la transmission des vibrations et des secousses. Le diamètre des roues a été porté à 10 pouces (25,4 cm) voire 11 pouces (28 cm) et

la largeur des roues a également été augmentée (jusqu'à 9,2 cm pour un modèle chinois) permettant de franchir sans risque les rails de tramway et les grilles d'égout. De nombreux modèles, à présent, sont pourvus de pneus gonflables et d'amortisseurs.

Le système de freinage de type électromécanique est efficacement complété par un système ABS, notamment sur la roue avant, permettant de freiner le moteur et de réalimenter la batterie.

La largeur de la plateforme conditionne la stabilité du conducteur. La norme AFNOR précise que « si l'utilisateur se tient debout en permanence, chaque plateforme doit être dotée d'une surface antidérapante d'une superficie d'au moins 150 cm<sup>2</sup> ». Or les plateformes actuelles ont une largeur de 14 cm, ce qui est insuffisant pour joindre les pieds qui couvrent une largeur de 20 cm (23 cm chaussé) pour un adulte de taille moyenne. Il est donc impossible au conducteur d'avoir une position debout stable, c'est à dire les pieds parallèles et légèrement écartés (Annexe 16). Cette position nécessiterait une plateforme plus large (certaines ont 20 cm de largeur pour des engins hyperpuissants) avec comme conséquence une augmentation du poids de l'engin, en contradiction avec l'un des arguments de vente qui est le poids réduit permettant le transport à la main, une fois la TE repliée.

La puissance est sujette à de nombreux errements, car elle conditionne la vitesse. Sur ce point les constructeurs restent très discrets.

Au-delà de 25 km/h une homologation et un certificat de conformité sont certes réglementaires (Annexe 17). Mais la possibilité de débrider un moteur est un argument implicite de vente et un véritable fléau, car la puissance réelle du moteur de l'engin est une incitation au débridage pour le conducteur privé. Il faut savoir toutefois que le débridage d'un moteur de TE rend caduque toute espèce d'assurance.

Aux publicités péchant par omission, il faut ajouter celles trompeuses ou franchement ambiguës sinon mensongères. Pour exemple, cette promotion pour une TE destinée aux enfants de 8 à 12 ans, où il est rappelé en préalable que l'engin doit être utilisé uniquement sur des terrains privés pour les moins de 12 ans, mais il est stipulé un peu plus loin que « la trottinette est réservée aux enfants de 8 à 12 ans pour leur permettre d'effectuer des déplacements en milieu urbain » !

En résumé, l'évolution vers des engins plus sécurisés reste anarchique, d'autant que de nombreux modèles proposés à la vente viennent de l'étranger et échappent au marquage CE (DGCCRF, audition n° 3).

## Les conducteurs

Les conducteurs ont, à l'évidence, des profils différents :

- le propriétaire d'un engin, dont il prend soin, est un utilisateur régulier notamment pour des déplacements quotidiens à visée professionnelle. Il connaît la réglementation et l'obligation de posséder une assurance responsabilité civile. Il est équipé en conséquence ;
- à l'inverse, l'utilisateur occasionnel, peu soucieux du matériel loué, moins au fait de la réglementation, s'avère inexpérimenté et insuffisamment équipé.

Ce sont, bien sûr, des tableaux caricaturaux, mais c'est pour signifier que le facteur humain est le risque prédominant, surtout pour les utilisateurs occasionnels. Le sentiment de liberté conquérante, procuré par la conduite d'une TE, prédispose à la transgression des règles de comportement et d'utilisation prudente, donnée qui, paradoxalement, n'est pas corrélée à l'accidentologie (Univers G Eiffel, audition n° 5).

En revanche, les conditions d'une chute isolée, sans facteur extérieur évident, sont difficiles à cerner. Il s'agit d'une perte de contrôle de l'engin dont les causes sont multiples. Une simple rotation de la tête pour jeter un regard en arrière est susceptible de déséquilibrer le conducteur. Cela revient à incriminer le manque structurel de stabilité de l'engin et le défaut d'équipement.

L'absorption d'alcool ou de substances addictives comme facteur de risque supplémentaire est très variable selon les séries. 28 % des accidentés étaient sous l'influence de l'alcool dans la série de Graef et al. [18], 36 % dans l'article de Blomberg et al. [19], mais d'autres séries ont relevé des taux plus réduits d'alcoolisation (4 %–16 %) [3,12,20] (voir aussi Annexe 6).

En matière d'équipements pour le conducteur, la réglementation est assez floue :

Le port d'un vêtement auto-réfléchissant est obligatoire la nuit et le jour par faible visibilité, mais qu'est-ce qu'une faible visibilité ? Par ailleurs le casque est recommandé en agglomération et obligatoire hors agglomération en respectant l'obligation de circuler sur les voies vertes ou les pistes cyclables. Or cette disposition paraît illogique dans la mesure où la majorité des accidents se produisent en ville. Cependant il est difficile pour les organismes loueurs de proposer des casques. En outre on peut arguer que le casque de vélo ne protège pas la face qui est le siège d'un grand nombre de lésions parfois gravissimes. Certes le casque prévient le risque de fracture ouverte du crâne mais n'évite pas la contusion cérébrale par transmission de l'onde de choc (Pr Decq, audition n° 4). Pour prévenir les lésions du massif facial, il ne semble pas judicieux de proposer un casque intégral type moto, difficile à porter. Le casque idéal qui serait adapté aux TE reste à concevoir, associant à la classique protection crânienne une protection du massif facial, tout en gardant un poids et un encombrement réduits. Quoiqu'il en soit, nombre d'auteurs déjà cités dans ce rapport recommandent fermement le port du casque, allant dans le sens d'une quasi-obligation. À titre d'exemple il a été rendu obligatoire à Brisbane depuis 2019 [21] et d'autres pays ou grands centres urbains l'ont également imposé : le Japon, la Corée du Sud, Québec, Los Angeles, Bogota, Barcelone, bientôt Monaco, et la liste devrait s'allonger (Annexe 18). En France les instances politiques commencent à s'interroger sur les questions de réglementation liées à l'usage de la TE (Annexe 19).

L'âge minimum autorisé pour conduire une TE varie selon les pays et les expériences rapportées. Le jeune âge du conducteur et son inexpérience sont des facteurs de risque majeurs. En effet, près d'un tiers des accidents concerne des enfants ou des adolescents [1,17,19,20]. Par voie de conséquence le gouvernement de l'état de Californie a décrété un âge minimum de 18 ans, assorti de l'obligation d'un permis pour utiliser une TE de location [12]. En Suède la ville

de Stockholm exige un permis pour accéder au « free floating » (APACAUVI, audition n° 2). En Allemagne l'engin est autorisé à partir de 14 ans, sans permis [12]. En France, l'âge minimum de 12 ans paraît inadapté à la conduite d'engins de location, notamment en raison de la petite taille de certains enfants. Récemment, la municipalité de Lyon, en accord avec les organismes loueurs, a relevé l'âge d'utilisation d'une TE de location à 18 ans.

## La conception des infrastructures

La conception des infrastructures doit logiquement être couplée à la réglementation et à la régularisation des circulations, toutes deux indispensables au partage de l'espace public urbain. Certaines municipalités ont interdit le « free floating » : Nantes, Toulouse, Nice, Nancy, Göteborg en Suède (M Albertin, APACAUVI, audition n° 2) ; En agglomération les TE doivent, selon la réglementation, circuler sur les pistes ou les bandes cyclables conçues à cet effet et, à défaut, sur les chaussées où la vitesse de la circulation générale est limitée à 50 km/h. En réalité, au niveau des croisements de flux, dans les grandes agglomérations, le risque de collision n'a pas été réduit car les aménagements ont été pensés et réalisés pour la circulation des seules automobiles. Il faut donc réorganiser les voiries en intégrant toutes les mobilités (Univ G Eiffel, audition n° 5).

Même si la chaussée routière concentre près de la moitié des accidents impliquant la TE, paradoxalement, les traumatismes consécutifs y sont moins graves que ceux résultant d'un accident à une intersection ou sur une piste cyclable (rapport du Smart Mobility Lab, 2020). On peut en inférer la proposition, contre intuitive, que la solution résiderait peut-être dans un espace de circulation unique, partagé, sans séparation des flux, sous réserve d'une stricte limitation de vitesse (Univ G Eiffel, audition n° 5).

Enfin, à titre d'exemple, dans l'esprit de limiter les comportements transgressifs, la métropole de Lyon a créé une plateforme de déplacement régulée par GPS, pour les TE de location, prenant en compte à la fois la circulation des engins et le stationnement (M Klein, audition n° 1). La ville a défini des zones « sanctuarisées » de stationnement dans l'hypercentre, des zones de stationnement interdit, des zones de circulation interdite, où la TE s'arrête instantanément et, enfin, des zones de ralentissement, piétonnes, où la TE ne peut circuler qu'à la vitesse de 6 km/h, le tout commandé à distance par la plateforme. À Paris, depuis décembre 2021, la vitesse des TE de location est partout limitée à 10 km/h, avec contrôle à distance par géolocalisation, par les opérateurs, en dehors des grands axes parisiens et des voies disposant d'une piste cyclable sécurisée où la vitesse reste réglementée à 20 km/h.

En raison des risques liés à la vitesse, qui concernent majoritairement les propriétaires privés susceptibles de débrider de puissantes machines, Lyon et Paris ont fait le choix d'abaisser la vitesse maximale à 20 km/h ; Toutefois les engins restent bridés à 25 km/h et il est difficile (en dehors d'un contrôle radar) de distinguer un véhicule qui roule à 25 km/h d'un autre roulant à 20 km/h. D'autres métropoles, à l'étranger, connaissent des évolutions semblables. À Brisbane, la vitesse officielle a été réduite de 30 à 25 km/h [21]. Au Danemark [15] et en Allemagne [18]

la vitesse maximum a été fixée à 20 km/h. L'argument cinétique avancé est pertinent. En effet pour un adulte de 70 kg, la réduction de vitesse de 25 à 20 km/h diminue l'énergie cinétique de 35 %, ce qui peut être appréciable en cas d'obstacle. Pour Uluk et al. [12] une vitesse supérieure à 20 km/h est responsable d'un plus grand nombre de traumatismes graves. Ces données sont cohérentes entre elles.

## Conclusion

Loin d'être un effet de mode, l'usage de la TE connaît une forte expansion dans le cadre de la micro-mobilité urbaine. L'accidentologie qui lui est liée est en augmentation au point de prendre les proportions d'un enjeu de santé publique dans de nombreux pays, dont la France, même si de nombreuses réactions sont nourries par une forte émotion. L'accident impliquant une TE est la conséquence d'une défaillance d'un système complexe à quatre composantes : l'engin, le conducteur, l'environnement, le tout assujéti à un ensemble normatif évolutif.

Vouloir diminuer l'accidentalité impose donc de prendre des mesures judicieuses sur les trois composantes matérielles du système, en laissant aux responsables des politiques urbaines le soin d'aménager l'environnement qui, pour l'essentiel concerne les voiries et le partage de l'espace public.

## Recommandations finales

### 1. L'engin :

- exiger des normes pour la largeur de la plateforme, le diamètre et la largeur des roues afin d'assurer une réelle stabilité au conducteur ;
- compléter l'équipement par des clignotants de changement de direction localisés au guidon ou intégrés dans l'équipement du conducteur, et par un feu stop à l'arrière ;
- aligner la puissance réelle des engins sur la puissance autorisée permettant de respecter la réglementation existante ;
- contrôler les engins de location par plateforme GPS en fonction des zones urbaines.

### 2. Le conducteur :

- relever l'âge des conducteurs à 16 ans ;
- mettre en place une formation de base dans les établissements scolaires ;
- exiger, pour les mineurs, un certificat d'aptitude pour piloter une TE de location ;
- rendre obligatoire le port de gants et surtout d'un casque adapté ;
- des éléments de protection des membres (coudes, poignets, genoux) sont, par ailleurs, recommandés ;
- organiser des campagnes de sensibilisation sur les risques d'utilisation de la TE et les conditions d'assurance.

3. Faire impérativement respecter la réglementation existante.

4. Tenir compte de ce nouveau mode de mobilité dans les aménagements urbains.

5. Le suivi épidémiologique :

- mettre en place, à l'échelle de chaque département, un vaste réseau impliquant toutes les formations sanitaires, en s'inspirant du Registre du Rhône ;
- solliciter les sociétés savantes concernées pour entreprendre des recueils prospectifs de données et en faire des thèmes de symposiums ou tables rondes.

## Déclaration de liens d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Supplément en ligne. Matériel complémentaire

Le matériel complémentaire accompagnant la version en ligne de cet article est disponible sur <http://www.sciencedirect.com> et <https://doi.org/10.1016/j.banm.2022.12.008>.

## Références

- [1] Trivedi B, KesterkeMJ, Bhattacharjee R, Weber W, et al. Craniofacial injuries seen with the introduction of bicycle-share electric scooters in an urban setting. *J Oral Maxillofac Surg* 2019;77:2292–7.
- [2] Mayhew LJ, Bergin C. Impact of e-scooter Injuries on emergency department Imaging. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2019;63:461–6.
- [3] Bagou G, Ndiaye A, Hugenschmitt D, Ebroussard G, et al. Traumatismes consécutifs aux accidents de trottinettes. *Ann FR Med Urgence* 2021;11:144–9.
- [4] Pepper T, Barker M, Smyth D, Kingham M, et al. Electric scooters: a quick way to get to the emergency department? *British dental Journal* 2022;232:535–7.
- [5] Faraji F, Lee JH, Faraji F, Mac Donald MB, et al. Electric scooter craniofacial trauma. *Laryngoscope Investigative Otolaryngology* 2020;5:390–5.
- [6] Hennocq Q, Schouman T, Khonsari RH, Sigaux N, et al. Evaluation of electric scooter head and neck injuries in Paris, 2017-2019. *JAMA Netw. Open* 2020;3:e2026698, <http://dx.doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.26698>.
- [7] Hamzani Y, Hai DB, Cohen N, Drescher MJ, et al. The impact of helmet use on oral and maxillofacial injuries associated with electric-powered bikes or powered scooter: a retrospective cross sectional study. *Heah & Face Medicine* 2021;17:36.
- [8] LaGreca M, Didzbalis CJ, Oleck NC, Weisberger JS. Increasing incidence of hand and distal upper extremity injuries associated with electric scooter use. *J Hand Surg Am* 2022;47:478.
- [9] Moftakhar T, Wanzel M, Vojcsik A, Kralinger F, et al. Incidence and severity of electric scooter related injuries after introduction of an urban rental in Vienna: a retrospective multicenter study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2021;141:1207–2121.
- [10] Störmann P, Klug A, Nau C, Verboket RD, et al. Characteristics and injury patterns in electric-scooter related accidents; a prospective two-center report from Germany. *J Clin Med* 2020;9:1569, <http://dx.doi.org/10.3390/jcm9051569>.
- [11] Ishmael CR, Hsiue PP, Zoller SD, Wang P, et al. An early look at operative orthopaedic injuries associated with electric scooter accidents: bringing high-energy trauma to a wider audience. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102:e18, <http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.19.00390>.
- [12] Uluk D, Lindner T, Dahne M, Bickelmayer JW, et al. E-scooters incidents in Berlin: An evaluation of risk factors and injury patterns. *Emerg Med J* 2022;39:295–300.
- [13] Ioannides KLH, Wang PC, Kowsari K, Vu V et al. E-scooter related injuries: using natural language processing to rapidly search 36 million medical notes. *Plos One* 17: e0266097.
- [14] Beck LF, Dellinger AM, O'Neil ME. Motor crash injury rates by mode of travel, United States: Using exposure-based methods to quantify differences. *Am J Epidemiol* 2007;166:212–8.
- [15] Shichman I, Shaked O, Factor S, Weiss-Meilik A, et al. Emergency department electric scooter injuries after the introduction of shared e-scooter services: a retrospective review of 3,331 cases. *World J Emerg Med* 2022;13:5–10.
- [16] Bekhit MNZ, Le Fevre J, Bergin CJ. Regional healthcare costs and burden of injury associated with electric scooters. *Injury* 2020;51:271–7.
- [17] Namiri NK, Lui H, Tangney T, Allen IE, et al. Electric scooter injuries and hospital admissions in the United States, 2014-2018. *JAMA Surg* 2020;155:357–9.
- [18] Graef F, Doll C, NiemannM, Tsitsilonis S, et al. Epidemiology, injury severity a pattern of standing e-scooter accidents: 6-month experience from a German level I Trauma Center. *Clin Orthop Surg* 2021;13:443–8.
- [19] Blomberg SN, Rosenkrantz OC, Lippert F, Collatz Christensen H. Injury from electric scooters in Copenhagen: a retrospective cohort study. *BMJ open* 2019;9:e033988.
- [20] Beck S, Barker L, Chan A, Stanbridge S. Emergency department impact following the introduction of an electric scooter sharing service. *Emerg Med Austr* 2020;32:409–15.
- [21] Haworth NL, Schramm A. Illegal and risky riding of electric scooters in Brisbane. *Med J Austr* 2019;211:412–3.