

# Les nouvelles formes de la mobilité : trottinettes électriques, *hoverboards*, bicyclettes électriques...

Par Frédéric HÉRAN

Économiste et urbaniste à l'Université Lille 1

Depuis quelques années, de nouvelles formes légères de mobilité urbaine se développent, utilisant des matériels innovants ou des solutions anciennes revisitées, avec de nombreuses variantes et des appellations commerciales foisonnantes. La presse croit déceler dans ce phénomène un nouveau style de glisse urbaine, une mobilité alternative ou une micromobilité qui révolutionnerait nos modes de vie, ou tout du moins celui des citadins les plus branchés (JACQUÉ, 2016). Beaucoup moins gourmands en énergie et en matériaux que les voitures individuelles et produisant peu de nuisances, ces « engins de déplacement personnel » (EDP), auxquels s'ajoutent les vélos de tous types, méritent que l'on s'y attarde. Ils sont cependant toujours mis sur le même plan, comme s'ils avaient tous autant de chances de se développer. Pour apprécier leur pertinence à long terme, les études de marché sont peu adaptées, car, en reposant sur l'observation des ventes passées et sur des enquêtes auprès de la clientèle, elles ont tendance à surestimer le marché potentiel et à considérer comme durable ce qui ne relève que d'un simple effet de mode. Pour mieux comprendre les avantages et les limites de chaque solution existante, ou même potentielle, il est préférable de passer en revue les principaux choix techniques à réaliser pour innover dans ce domaine, puis d'apprécier les conséquences de ces choix sur la performance de ces différents modes de déplacement et, enfin, de proposer une typologie de ces formes légères de mobilité.

## Les choix techniques à effectuer...

*La motorisation.* Elle peut être totale, partielle ou inexistante. Dans le premier cas, le mode de déplacement est dit passif, car l'utilisateur n'a pas à utiliser sa force musculaire, ce qui est reposant. Dans les autres cas, il est dit actif, car l'utilisateur doit se dépenser physiquement. En l'absence de moteur, l'utilisateur ne peut compter que sur sa force musculaire. Avec l'assistance électrique, ses efforts sont plus modérés et il affronte plus facilement les démarrages, les côtes, le vent de face, le transport de charges, les longs trajets, les coups de fatigue...

*Le polygone de sustentation* déterminé par les points d'appui des roues. Avec un fort empattement<sup>(1)</sup>, la stabilité en ligne est assurée. Avec trois ou quatre roues, les virages doivent être pris à vitesse réduite, sauf si le véhicule peut lui-même s'incliner. Avec deux roues en ligne, la vitesse en courbe peut être assez grande, mais la stabilité à petite vitesse est compromise, notamment lors des démarrages. Avec une seule roue ou avec deux roues en pa-

rallèle, la stabilité dépend de moteurs électriques asservis à des capteurs gyroscopiques, ces matériels ne pouvant alors qu'être électriques. Les deux groupes de quatre roues des rollers ne leur assurent qu'une faible stabilité.

*La taille des roues et des pneus.* Des roues de grande taille et des pneus larges dotés de chambres à air permettent d'absorber les défauts de la chaussée, alors que des petites roues pleines se coincent dans la moindre entaille, escaladent difficilement de modestes bordures et engendrent de fortes vibrations.

*La position de l'utilisateur.* Se déplacer debout est vite fatigant, car le corps doit supporter sans cesse son propre poids, tout en absorbant les vibrations du transport ; effectuer de longues distances devient pénible. Être assis (sur les vélos classiques ou sur certaines trottinettes) ou même couché (sur certains vélos) est beaucoup plus reposant.

(1) C'est la distance entre l'axe des roues les plus éloignées.



Quelques types de matériel.

*Le poids.* Un faible poids a un double avantage : il facilite le démarrage et la montée des côtes, car la puissance à fournir est réduite, il rend également le portage du véhicule plus facile.

*Le pliage.* Un véhicule pliable ou facilement démontable rend son transport et son rangement plus aisés, à la condition, toutefois, que son poids reste faible.

*La rigidité* du cadre améliore les performances du véhicule, qui réagit mieux aux efforts, avec moins de pertes d'énergie.

On pourrait encore citer bien d'autres caractéristiques, telles que la durabilité des pièces, la facilité de réparation, la possibilité de transporter des charges, la protection de l'utilisateur contre les intempéries, etc. Dans tous les cas, un véhicule léger est un compromis délicat entre tous ces choix techniques dans lesquels la question du poids est toujours très sensible.

### ... et la performance qui en découle

Ces choix techniques permettent d'assurer avec plus ou moins d'efficacité trois grandes fonctions : la sécurité, la portée et le confort.

*La sécurité* résulte de nombreux facteurs. Il est d'abord préférable, surtout en milieu urbain, que le regard de l'utilisateur puisse porter au-dessus des voitures afin d'anticiper les dangers : les piétons qui surgissent, les véhicules qui s'arrêtent brusquement ou qui débouchent d'une ruelle ou d'une sortie riveraine. Il est ensuite impératif que le freinage soit efficace et rapide. Des roues en ligne et un empattement important sont la solution idéale (qu'utilise le vélo), car cela évite au conducteur de basculer vers l'avant. Toute autre solution est moins sûre, car elle oblige à quelques acrobaties, voire à sauter du véhicule au risque d'une grave chute. Enfin, les roues doivent être capables de bien adhérer au revêtement. Une seule roue offre évidemment une sécurité assez faible : quelques gravillons suffisent pour dérapier (LIESWYN *et al.*, 2017).

*L'autonomie* et la *portée* dépendent de la réserve d'énergie disponible et de la vitesse atteinte. Une motorisation électrique totale impose des batteries suffisamment capacitaires et se heurte vite aux distances à franchir. À l'inverse, avec un peu d'entraînement, l'énergie humaine est moins limitée, mais la puissance est plus faible. L'assistance électrique, disponible sur les vélos et les trottinettes, est un bon compromis permettant de parcourir des distances largement suffisantes, sans trop fatiguer l'utilisateur.

Le confort découle à la fois de la position de l'utilisateur (debout, assis ou couché), des matériaux de l'assise ou du baquet, du nombre des roues, de leur taille, de la gomme des pneus, de leur gonflage éventuel et, enfin, de la qualité des suspensions.

## La pertinence de chaque mode

Il est désormais plus facile de comprendre l'intérêt et les limites de chacune des solutions de mobilité disponibles sur le marché. Nous allons passer en revue les principales d'entre elles.

La *trottinette* (ou patinette) est légère et aisément transportable, mais elle est peu confortable et fatigante, voire dangereuse, car une roue peut rester coincée (dans une plaque d'égout, par exemple) ou heurter un obstacle (pierre, bordure...). Le freinage est toutefois assez efficace. Elle ne peut convenir que pour de courts trajets. Si elle est en plus électrique ou dispose d'une assistance électrique, la portée des déplacements s'améliore. Mais le confort est toujours aussi minimal et le danger, quant à lui, s'accroît ; elle prend aussi du poids, ce qui la rend moins facilement transportable.

Le *roller* et les *patins à roulettes* sont assez ludiques, mais présentent beaucoup de défauts. Il réclame un espace assez large pour pouvoir accélérer, une grande dextérité pour freiner (surtout dans les descentes), absorbent mal les obstacles, sont assez fatigants, peu confortables et se révèlent finalement peu sûrs, d'où la nécessité de protections (genouillères, coudières, gants, casque). Les *patins* sont transportables, mais ils sont assez lourds. Les roues, qui tournent beaucoup, s'usent vite. Le *skateboard* (et autres *planches à roulettes*) a presque les mêmes qualités et défauts.

L'*hoverboard* (ou *smartboard*) est surtout un gadget. Sa stabilité est mauvaise, car il est difficile de freiner avec deux roues en parallèle. Les petites roues absorbent mal les irrégularités du revêtement. Le confort est médiocre et l'utilisateur est cantonné dans un rôle passif.

Le *gyropode* a des qualités et des défauts semblables à ceux du *hoverboard*. Ses roues plus grandes et plus larges permettent de mieux avaler les obstacles, son système de stabilité dynamique est plus sûr, mais son poids (48 kg, pour le Segway i2se) le rend peu transportable. Le conducteur reste debout, il est passif et se fatigue vite. Il est difficile de s'arrêter, il vaut donc mieux rouler lentement.

Le *monoroue* (ou *gyroroue*) présente quasiment les mêmes défauts. Pour son utilisateur, il est encore plus difficile de s'arrêter, car l'adhérence est moindre. Mais son poids est cependant bien plus faible, quoique non négligeable (environ 12 kg).

Exclusivement électriques, le *hoverboard*, le gyropode et le monoroue ont par voie de conséquence une autonomie assez faible. Mais celle-ci tend à s'améliorer avec l'arrivée de batteries plus performantes. Leur vitesse est limitée, en principe, à 25 km/h.

Le *vélo de ville classique* est une solution qui cumule beaucoup d'avantages. Il est assez sûr, grâce à ses deux roues

en ligne, à une vitesse qui reste modeste, à un freinage efficace et à la position haute du cycliste. Il est confortable, grâce à ses deux roues de grand diamètre dotées de chambres à air et à la position assise du cycliste, lequel peut même se reposer dans les descentes. Enfin, il permet de parcourir des trajets de bonne portée, grâce à une vitesse appréciable sur terrain plat (15 km/h de moyenne de porte à porte, en milieu urbain). Ses inconvénients sont cependant bien réels. Il ne peut pas être facilement transporté, car il est trop lourd ; il prend une place non négligeable (environ 1 m<sup>2</sup>, deux fois moins si les vélos sont parqués sur deux niveaux) et il réclame des dispositifs de stationnement spécifiques et un antivol de qualité. Pour pouvoir le monter dans les transports publics, il faut que ceux-ci disposent d'espaces adaptés.

Le *vélo à assistance électrique* (VAE) bénéficie d'une puissance additionnelle limitée à 250 Watts<sup>(2)</sup>, qui ne s'enclenche que si le cycliste appuie sur les pédales et qui s'arrête au-delà de 25 km/h. Cette solution est une aide tout à fait appréciable, car elle double la puissance spontanée du cycliste, sans pour autant le rendre inactif ou trop rapide (ce qui serait source de danger). C'est un assez bon compromis, qui a été défini par une norme européenne. Le VAE cumule ainsi les avantages du vélo classique tout en permettant de couvrir des distances plus importantes. La qualité de la batterie reste un élément crucial et cela explique qu'un VAE fiable coûte au minimum 1 500 €. Le VAE garde néanmoins les inconvénients du vélo classique et accroît même son poids.

La *draisienne* (qui fut inventée, à Mannheim, en 1817, par Karl Drais) est l'ancêtre du vélo. Pour avancer, l'utilisateur pousse en posant alternativement ses pieds sur le sol. Remise au goût du jour, la draisienne a l'avantage d'être plus légère qu'un vélo. Mais elle est moins efficace et les semelles des chaussures s'usent vite. C'est un outil efficace pour l'apprentissage du vélo.

Le *vélo pliant*, en ne prenant pas plus de place qu'une valise, peut être emporté en voiture et dans tous les transports publics, y compris l'avion. Son pliage doit cependant être rapide et son poids rester modeste, sans pour autant trop dégrader les autres caractéristiques du vélo, au risque de le rendre peu sûr. Le cadre doit rester suffisamment rigide, les roues assez grandes pour un meilleur confort et l'empattement le plus long possible. Il est préférable aussi de disposer de plusieurs vitesses et de solutions de transport de charges (porte-bagages avant et arrière). En pratique, seules quelques marques haut de gamme (Brompton, Riese und Müller...) sont capables de réaliser un compromis satisfaisant, non sans que le coût s'en ressente (compter au minimum 1 500 €). Une assistance électrique est désormais proposée sur les meilleurs vélos pliants.

Le *vélo couché* a un double avantage : une pénétration dans l'air bien meilleure et une position plus efficace et plus confortable pour le cycliste. Mais celui-ci ne peut pas voir au-dessus des voitures.

(2) Soit 260 fois moindre que celle d'une Zoé, la voiture électrique la plus vendue en Europe.

Caractéristiques de quelques modes de déplacement alternatifs  
(pour un matériel de base, mais de qualité correcte)

|   | Poids moyen | Portabilité | Type          | Position | Vitesse maxi* | Sécurité | Autonomie | Confort   | Prix moyen |
|---|-------------|-------------|---------------|----------|---------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Trottinette, patinette                        | 5 kg        | oui         | actif         | debout   | 12 km/h       | moyenne  | –         | médiocre  | 100 €      |
| Trottinette à assistance électrique (e-micro) | 7,5 kg      | oui         | surtout actif | debout   | 25 km/h       | faible   | 15 km     | médiocre  | 900 €      |
| Trottinette électrique                        | 12 kg       | oui         | passif        | debout   | 25 km/h       | faible   | 20 km     | médiocre  | 1 000 €    |
| <i>Roller</i>                                 | 1,6 kg      | oui         | actif         | debout   | 20 km/h       | faible   | –         | médiocre  | 100 €      |
| <i>Skateboard</i>                             | 2,3 kg      | oui         | actif         | debout   | 12 km/h       | faible   | –         | médiocre  | 50 €       |
| <i>Hoverboard, smartboard</i>                 | 12 kg       | oui         | passif        | debout   | 12 km/h       | faible   | 15 km     | médiocre  | 260 €      |
| Monoroue, <i>monowheel</i>                    | 12 kg       | oui         | passif        | debout   | 20 km/h       | faible   | 25 km     | médiocre  | 300 €      |
| Gyropode (Segway i2se)                        | 48 kg       | non         | passif        | debout   | 20 km/h       | faible   | 25 km     | moyen     | 6 700 €    |
| Draisienne pour adulte                        | 10 kg       | non         | actif         | assise   | 15 km/h       | bonne    | –         | moyen     | 500 €      |
| Halfbike 2 (pliable)                          | 8,2 kg      | oui         | actif         | debout   | 30 km/h       | moyenne  | –         | moyen     | 600 €      |
| Vélo de ville                                 | 16 kg       | non         | actif         | assise   | 30 km/h       | bonne    | –         | assez bon | 350 €      |
| Vélo pliant (Brompton)                        | 13 kg       | oui         | actif         | assise   | 30 km/h       | bonne    | –         | assez bon | 1 400 €    |
| VAE (vélo à assistance électrique)            | 22 kg       | non         | surtout actif | assise   | 25 km/h       | bonne    | 50 km     | assez bon | 1 500 €    |
| Vélo électrique (deux-roues motorisé)         | 24 kg       | non         | passif        | assise   | 45 km/h       | faible   | 40 km     | assez bon | 2 500 €    |
| Vélo couché                                   | 18 kg       | non         | actif         | couchée  | 35 km/h       | bonne    | –         | bon       | 2 500 €    |
| Tricycle couché (AZUB T-Tris pliant)          | 17 kg       | oui         | actif         | couchée  | 40 km/h       | bonne    | –         | bon       | 2 300 €    |
| Vélobobile (tricycle caréné)                  | 30 kg       | non         | actif         | couchée  | 40 km/h       | bonne    | –         | bon       | 4 000 €    |
| Vélobobile à assistance électrique            | 35 kg       | non         | actif         | couchée  | 40 km/h       | bonne    | 50 km     | très bon  | 7 000 €    |
| Bipporteur (Babboe City)                      | 30 kg       | non         | actif         | assise   | 30 km/h       | bonne    | –         | assez bon | 1 500 €    |
| Triporteur (Nihola cigar family)              | 33 kg       | non         | actif         | assise   | 30 km/h       | bonne    | –         | assez bon | 2 500 €    |

\* En milieu urbain, sur terrain plat et roulant, sans forcer. Entre parenthèses : noms de certaines marques.

Le *vélobobile* (ou *tricycle caréné*) est encore plus efficace face au vent, mais il est plus lourd, ce qui limite ses performances dans les côtes. À l'instar du vélo couché, il peut bénéficier d'une assistance électrique et existe en version pliante.

Le *bipporteur* et le *tripporteur* (ou *cargocycles*) peuvent transporter des personnes ou des biens. Ils servent à l'accompagnement d'enfants ou même d'adultes et au transport d'achats, de colis ou de divers matériels. Avec ses deux roues, le bipporteur reste très maniable. Doté de trois roues, le triporteur peut même permettre de déplacer jusqu'à 200 kg de charges.

### Trois types de mobilité

De cet aperçu, il ressort que du point de vue de la mobilité quotidienne (mais non de manière générale), les engins de déplacement personnel peuvent être classés en trois types, aux frontières certes un peu floues : la mobilité ludique, la micromobilité et la mobilité alternative.

*La mobilité ludique* : roller, skateboard, hoverboard, gyropode, monoroue... Ces engins procurent un plaisir certain, mais ils ne sont guère susceptibles de se développer pour des raisons de sécurité insuffisante et d'inconfort notoire ; leur parfaite maîtrise exige des compétences particulières que tout le monde ne peut acquérir. Ils connaissent un engouement passager, mais récurrent.

*La micromobilité* : trottinette, draisienne, vélo pliant rudimentaire... Ces solutions sont un peu plus sûres que les précédentes, mais elles ne permettent pas de franchir des distances quotidiennes importantes faute d'une efficacité correcte et d'un confort suffisant. Elles peuvent néanmoins servir pour de petits déplacements, notamment pour rejoindre un transport public plus aisément qu'à pied. Il est probable qu'elles trouveront, à terme, un créneau durable. Elles sont en concurrence avec la marche.

*La mobilité alternative* : vélo de ville classique, VAE, vélo couché, vélobobile, bipporteurs, triporteurs... On retrouve là les différentes sortes de vélos. Ces solutions anciennes aux qualités éprouvées restent aujourd'hui pertinentes. Il faut se souvenir que la bicyclette moderne est le produit de centaines de brevets déposés en une trentaine d'années, entre 1861 et 1891, principalement en France, en Allemagne et en Grande-Bretagne. On l'appelait à l'origine la « bicyclette de sécurité », car elle était bien plus sûre et fiable que les matériels précédents, grâce notamment au pédalier, à la transmission par chaîne, aux deux roues de taille identique, à la chambre à air, au cadre de type diamant et à la position un peu en arrière du cycliste. Aucun des engins de déplacement personnel récemment inventés n'est aussi sûr et performant que le vélo. En outre, depuis quelques années, la bicyclette et ses nombreux avatars bénéficient à nouveau d'efforts d'innovation considérables, dont on peut voir les résultats édifiants dans divers salons professionnels spécialisés.

Pour exprimer pleinement leur potentiel, le vélo et ses dérivés plus élaborés ont cependant besoin d'un système qui s'appuie sur un réseau performant permettant de rou-

ler sans s'arrêter à une bonne vitesse (comme ce fut le cas, en son temps, pour la voiture). Concrètement, il s'agit de créer un maillage de super-pistes cyclables larges, rapides, franchissant les coupures (routes, cours d'eau, voies ferrées...) par des ouvrages d'art, dotées si possible d'ondes vertes calées sur une vitesse de 15 ou 20 km/h. Les Pays-Bas, le Danemark, certains *Länder* allemands et des villes françaises comme Strasbourg, Grenoble ou Paris se sont lancés dans la réalisation de tels aménagements. Dans ces conditions, la majorité des distances domicile-travail actuelles deviendraient réalisables à vélo (sachant que la distance moyenne était de 14,7 km, selon l'ENTD de 2008). La bicyclette représenterait alors une réelle alternative à l'automobile, pour des coûts budgétaire et environnemental infiniment moindres.

### Aspects juridiques

En l'état actuel de la réglementation, les engins de déplacement personnel (EDP) n'ont aucun espace où rouler. Les trottoirs et les aires piétonnes sont réservés aux piétons et seuls les EDP non motorisés (roller, skateboard et trottinettes) y sont tolérés, à la condition d'y rouler « à l'allure du pas » (6 km/h) et de ne pas gêner les piétons. Les aménagements cyclables sont réservés aux seuls cyclistes et la chaussée est interdite aux EDP. Des discussions sont en cours pour faire évoluer cette réglementation, mais elles n'ont pas encore abouti.

Par ailleurs, les EDP motorisés (gyropode, monoroue, hoverboard ou encore trottinette électrique) sont soumis à la même obligation d'assurance de responsabilité civile que des véhicules motorisés tels que les motos ou les voitures.

### Remerciements

Cet article a bénéficié des remarques avisées de Sylvie Banoun, Pierre Toulouse et de plusieurs collègues du GERI vélo de l'IFSTTAR. Je les en remercie vivement, tout en restant seul responsable des propos tenus ici.

### Références bibliographiques

- BRENAC Th. (2015), « Sécurité et nouvelles pratiques de l'espace public : le cas des trottinettes, skateboards et autres engins à roulettes », *Carnets d'accidentologie*, vol. 2015, pp. 15-31.
- HÉRAN F. (2014), *Le Retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe de 1817 à 2050*, La Découverte, Poche, Paris, 256 p.
- JACQUÉ Ph. (2016), « Trottinette électrique, monoroue... La "micromobilité" urbaine en vogue », *Le Monde* du 6 octobre.
- LIESWYN J., FOWLER M., KOOREY G., WILKE A. & CRIMP S. (2017), "Regulations and safety for electric bicycles and other low-powered vehicles", NZ Transport Agency research report 621, 182 p.