

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

Article pour *Réalités industrielles*, série des *Annales des Mines*, n° de début 2018

Frédéric Héran, économiste et urbaniste à l'Université de Lille 1  
[frederic.heran@univ-lille1.fr](mailto:frederic.heran@univ-lille1.fr) – <http://heran.univ-lille1.fr>

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, au moins pour les 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 qu'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 relève 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 modes et de proposer enfin une typologie de ces formes légères de mobilité.

### *Les choix techniques à réaliser*

**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. Sans 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 deux roues en parallèle, 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

---

<sup>1</sup> C'est la distance entre l'axe des roues les plus éloignées.

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 fatiguant, 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 certaines trottinettes) ou même couché (sur certains vélos) est beaucoup plus reposant.

**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 et il rend le portage du véhicule plus facile.

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

**La rigidité du cadre.** Elle 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, le transport de charges, la protection de l'utilisateur contre les intempéries, etc. En tous cas, un véhicule léger est un compromis délicat entre tous ces choix techniques, où la question du poids est toujours très sensible.

### *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 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. Les roues doivent enfin être capables de bien adhérer au revêtement. Une seule roue offre évidemment une sécurité assez faible : quelques gravillons suffisent pour déraper (Lieswyn *et alii*, 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 plus faible. L'assistance électrique, disponible sur les vélos et les trottinettes, est un bon compromis en autorisant 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 de roues, de la taille des roues, de la gomme des pneus, du gonflage éventuel des pneus et de la qualité des suspensions.

### *La pertinence de chaque mode*

Il est maintenant plus facile de comprendre l'intérêt et les limites de chacune des solutions disponibles sur le marché. Passage en revue des principales.

**La trottinette** (ou patinette) est légère et aisément transportable, mais peu confortable, 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 sur de courts trajets. Si elle est en plus électrique ou avec une assistance électrique, la portée des déplacements s'améliore, mais le confort est toujours aussi

minimal et le danger, lui, s'accroît ; elle prend aussi du poids, ce qui la rend moins transportable.

**Le roller** (et les patins à roulettes) est assez ludique mais a beaucoup de défauts. Il réclame un espace assez large pour accélérer, une grande dextérité pour freiner (surtout dans les descentes), absorbe mal les obstacles, est assez fatigant, peu confortable et se révèle finalement peu sûr, d'où les nécessaires protections (genouillères, coudières, gants, casque). Les patins sont transportables mais assez lourds. Les roues tournant beaucoup s'usent vite. Le skateboard (et autres planches à roulette) 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 passif.

**Le gyropode** a des qualités et des défauts semblables. Ces roues plus grandes et plus larges affrontent mieux 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, passif et se fatigue vite. Il est difficile de s'arrêter et il vaut mieux rouler lentement.

**Le monorou** (ou gyrorou) a presque les mêmes défauts. 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, l'hoverboard, le gyropode et le monorou ont en conséquence une autonomie assez faible, mais qui 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 aux 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 aux deux roues de grand diamètre dotées de chambres à air et à la position assise du cycliste qui peut même se reposer dans les descentes. Il permet enfin 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 réels. Il ne peut pas être facilement transporté, car trop lourd. Il prend une place non négligeable (environ 1 m<sup>2</sup>, deux fois moins si les vélos sont sur deux niveaux) et réclame des dispositifs de stationnement spécifiques et un antivol de qualité. Pour monter dans les transports publics, il exige des 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, défini par une norme européenne. Le VAE cumule ainsi les avantages du vélo classique tout en lui permettant d'aller nettement plus loin. La qualité de la batterie reste un élément crucial et un VAE fiable coûte au moins 1 500 €. Le VAE garde néanmoins les inconvénients du vélo classique et accroît même son poids.

**La draisienne**, inventée à Mannheim en 1817 par Karl Drais, est l'ancêtre du vélo. L'utilisateur pousse alternativement des pieds sur le sol pour avancer. Remise au goût du jour, la draisienne a l'avantage d'être plus légère qu'un vélo, mais elle est moins efficace et la semelle des chaussures s'use vite. C'est un outil efficace d'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 en avion. Le pliage doit cependant être rapide et le poids rester modeste, sans trop dégrader pour autant 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

---

<sup>2</sup> Soit 260 fois moindre que celle d'une Zoé, la voiture électrique la plus vendue en Europe.

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 ressentent (compter au moins 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 du cycliste plus efficace et plus confortable. Mais le cycliste ne peut pas voir au-dessus des voitures.

**Le vélomobile** (ou tricycle caréné) est encore plus efficace face au vent, mais il est plus lourd, ce qui limite ses performances dans les côtes. Tous deux peuvent bénéficier d'une assistance électrique et ont leur version pliante.

**Le bipporteur et le triporteur** (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 deux roues, le bipporteur reste très maniable. Avec trois roues, le triporteur peut déplacer jusqu'à 200 kg.

### *Trois types de mobilité*

De cet aperçu, il ressort que, du point de vue de la mobilité quotidienne (et non pas en général), 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 ne sont guère susceptibles de se développer pour des raisons de sécurité insuffisante et d'inconfort notoire, exigeant de ce fait des compétences particulières que tout le monde ne peut acquérir. Ils connaissent des engouements passagers mais récurrents.

**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 à de petits déplacements et notamment à rejoindre un transport public plus aisément qu'à pied. Il est probable qu'elles trouvent à terme un créneau durable. Elles sont en concurrence avec la marche.

**La mobilité alternative** : vélo de ville classique, VAE, vélo couché, vélomobile, bipporteurs, triporteurs... On retrouve là les différentes sortes de vélos. Ces solutions anciennes sont très éprouvées et 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, de 1861 à 1891, principalement en France, en Allemagne et en Grande-Bretagne. On l'appelait à l'origine la « bicyclette de sécurité », car 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 ne sont aussi sûrs et performants 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 plusieurs 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 rouler sans s'arrêter à une bonne vitesse (comme en son temps la voiture). Concrètement, il s'agit de créer un maillage de super pistes cyclables larges, rapides, franchissant les coupures par des ouvrages, 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, à un coût public et environnemental infiniment moindre.

### Aspects juridiques

Dans 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 (rollers, skateboard et trottinette) y sont tolérés à 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 n'ont pas encore abouti.

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

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

	Poids moyen	Portable	Type	Position	Vitesse maxi*	Sécurité	Auto-nomie	Confort	Prix moyen
Trottinette, patinette	5 kg	oui	actif	debout	12 km/h	moyenne	–	médiocre	100 €
Trottinette à assistance électrique ( <i>e-micro</i> )	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 €
Roller	1,6 kg	oui	actif	debout	20 km/h	faible	–	médiocre	100 €
Skateboard	2,3 kg	oui	actif	debout	12 km/h	faible	–	médiocre	50 €
Hoverboard, smartboard	12 kg	oui	passif	debout	12 km/h	faible	15 km	médiocre	260 €
Monoroue, monowheel	12 kg	oui	passif	debout	20 km/h	faible	25 km	médiocre	300 €
Gyropode ( <i>Segway i2se</i> )	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 €
<i>Halfbike 2</i> (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 ( <i>Brompton</i> )	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 ( <i>AZUB T-Tris pliant</i> )	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 €
Biporteur ( <i>Babboe City</i> )	30 kg	non	actif	assise	30 km/h	bonne	–	assez bon	1 500 €
Triporteur ( <i>Nihola cigar family</i> )	33 kg	non	actif	assise	30 km/h	bonne	–	assez bon	2 500 €

\* En milieu urbain, sur terrain plat et roulant, sans forcer. En italiques, certaines marques.

## Quelques types de matériel



Trottinette électrique



Rollers



Monoroue



Skateboard



Gyropode



Hoverboard



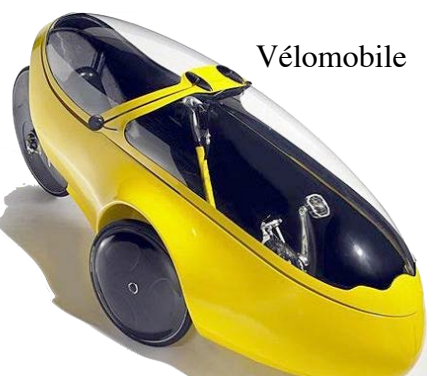
Vélo à assistance électrique



Biporteur



Triporteur



Vélobobile

vélo pliant



Vélo couché



## 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.

## Références

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, p. 15-31. \$

HERAN F., 2014, *Le retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe de 1817 à 2050*, La Découverte, Poche, Paris, 256 p.

JACQUE Ph., 2016, « Trottinette électrique, monoroue... La "micromobilité" urbaine en vogue », *Le Monde* du 6 oct.

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.