

Transport 21

Numéro 5
Octobre 2009



Une infolettre sur les transports terrestres écologiques du 21^e siècle

Un TGV ou un Monorail ?

On parle beaucoup de TGV au Canada depuis quelques mois, principalement en raison du maire de la ville de Québec, Régis Labeaume, qui s'affaire activement à en faire la promotion pour le corridor Québec-Windsor.

Je suis d'accord avec lui sur l'importance d'un transport en commun électrique rapide

interurbain. La raison est simple, le coût du pétrole va grimper en flèche dans la prochaine décennie (voir le billet «Développements récents concernant le pic pétrolier» dans [le numéro 3 de Transport 21](#)). De plus, la déplétion de l'ensemble des ressources de la Planète dans ce siècle commande d'investir massivement dans les transports en commun (voir le [billet du 8 février 2009](#) sur mon blogue *Électron Vert*).

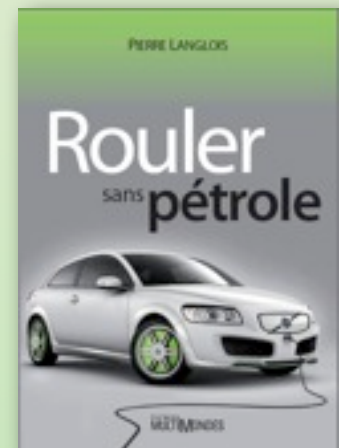


Le TGV Atlantique (photo: [Wikimedia Commons](#))



Monorail suspendu à moteurs-roues conçu par Pierre Couture

Cette revue commentée de l'actualité en écomobilité est réalisée par Pierre Langlois, physicien, auteur de [Rouler sans pétrole](#)



Pour recevoir **Transport 21** gratuitement, adresser les demandes à

pierrel@coopscsf.com

Les autres parutions sont archivées sur le site

www.planglois-pca.com

Par ailleurs, ayant moi-même habité en France pendant deux ans, je sais à quel point le TGV est un moyen de transport agréable et pratique. Je comprend donc les promoteurs et les défenseurs de ce dossier au Canada.

Toutefois, en consultant [les documents](#) disponibles sur le site du *Ministère de l'Écologie, du développement et de l'aménagement durables* du gouvernement français, on constate que le coût moyen du kilomètre des lignes à grande vitesse se situe autour de 23 M\$ Can/km (14,4 M€/km). Ces coûts correspondent à des lignes construites récemment, en construction, ou à des évaluations de projets de lignes. Or, les dépassements de coûts étant fréquents et certaines évaluations datant de 2003, on peut en déduire que le coût réel moyen en 2009 est plus près de 25 M\$ Can/km, en France.

Maintenant, au Canada les températures beaucoup plus froides l'hiver demandent des assises plus profondes qu'en France pour les voies si on veut pallier les inconvénients du gel et du dégel. On peut donc s'attendre à des coûts plus élevés. À 28 M\$/km, une ligne à grande vitesse entre Montréal et Québec (250 km) coûterait 7 milliards de dollars, soit le prix de 7 stades olympiques comme celui de Montréal!

C'est une somme colossale, et le TGV ne pourra jamais être rentabilisé avec le faible bassin de population de la ville de Québec (500 000 hab. en 2007).

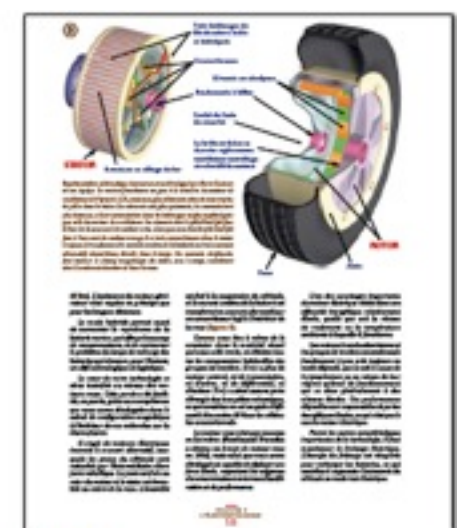
Il faudrait vendre environ 20 000 billets par jour à 80\$, en moyenne, pour payer un tel équipement en 30 ans ([financement à 7%](#)), sans parler du budget d'opération. Sachant que les rames ont généralement 360 sièges, et en supposant 18 heures d'opération par jour, on devrait avoir un départ aux 30 minutes dans chaque direction, si les wagons sont remplis à 75 % en moyenne.

Pour fins de comparaison, environ 2 000 personnes par jour utilisent l'[autocar entre Québec et Montréal](#) (1 000 personnes dans chaque direction), en payant 53 \$ pour un aller simple (tarif régulier). Par ailleurs, [Via Rail transporte quotidiennement 1 000 personnes](#) en train entre ces deux villes, à un coût de **80 \$** pour un aller simple (tarif régulier).

Certains disent qu'il y a un créneau politique et qu'il ne faut pas rater l'opportunité d'avoir un TGV. Mais ce qui m'inquiète c'est la très grave crise économique imminente qui sera causée par la flambée inévitable des prix

du pétrole, lorsque sa production mondiale débutera son déclin, d'ici 5 ans. Dans un tel contexte de fragilité économique, il faut utiliser nos ressources financières de façon très judicieuse. Nous allons en avoir besoin pour électrifier de façon importante tous les modes de transports terrestres, pas seulement les trains rapides.

Heureusement, il y a une solution beaucoup moins chère que le TGV qui pourrait nous transporter à 250 km/h. Il s'agit du monorail suspendu à moteurs-roues (voir la figure de la page précédente) proposé par Pierre Couture de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ) dans les années 1990. Pour mémoire, c'est ce chercheur qui a mis au point, avec son équipe, des moteurs-roues électriques encore inégalés à ce jour et présentés en 1994 sur une Chrysler Intrepid modifiée. Pour plus d'information sur le moteur-roue Couture, vous pouvez télécharger l'épisode 2-29 du volume 2 de mon ouvrage «*Sur la route de l'électricité*» [ICI](#).



L'épisode 2-29 de mon livre «Sur la route de l'électricité», vol. 2



Le monorail suspendu en image de synthèse superposé à une séquence vidéo de l'autoroute 20 tel qu'il apparaît dans l'entête du site Internet de l'organisation TRENs Québec (gracieuseté de [TRENs Québec](#)).

Je parle du monorail Couture dans mon livre [Rouler sans pétrole](#), sorti en novembre 2008. Tout récemment, la nouvelle organisation [TRENs Québec](#) a commencé à faire la promotion du monorail suspendu rapide et vient de lancer son [site Internet](#) en octobre 2009. TRENs est l'acronyme pour *Transport Rapide Électrique National Suspendu*. Sur ce site vous pourrez visionner des vidéos très convaincants montrant le monorail rouler à grande vitesse au milieu de l'autoroute 20, traverser le pont de Québec et circuler au dessus du trafic sur le boulevard René Lévesque à Québec. Je montre des extraits dans mes conférences.

Mais revenons au docteur Couture, le concepteur, et à son analyse. Ce qui coûte cher dans un TGV c'est le travail du sol pour les voies ferrées et le grand nombre d'ouvrages d'art (viaducs, ponts et tunnels). Les expropriations de terrains contribuent également au prix élevé d'une ligne à haute vitesse.

Or, le monorail suspendu qu'il propose nécessite très peu de travail du sol, soit quelques mètres

carrés à tous les 60 mètres environ pour les assises des pylônes. Les structures en acier sont construites en usine à l'aide de procédés robotisés, 12 mois par année.

Par ailleurs, puisque le monorail est équipé de pneus à haute performance, on peut installer la ligne au milieu d'une autoroute puisqu'il peut gravir les pentes sans problème. On peut également utiliser l'emprise d'une voie ferrée existante, en faisant circuler le monorail au dessus des trains de marchandise. On évite dans les deux cas les expropriations.

Le dessous du monorail étant à 10 mètres du sol, il peut enjamber les viaducs. De plus, la plupart des rivières ayant une largeur inférieure à 60 mètres, on n'a pas besoin de pont pour le monorail, un pylône de chaque côté de la rivière suffit. Les tunnels ne sont que rarement requis puisque le monorail peut suivre le relief des montagnes le long de tracés appropriés, comme le font les véhicules routiers.

En fait la composante principale du coût d'une ligne de monorail suspendu est la structure d'acier.

Or, le monorail est constitué de navettes autonomes transportant 60 passagers, dont le poids en pleine charge est de 15 tonnes environ. Par conséquent, la structure entre deux pylônes aura à supporter au plus deux navettes (une dans chaque direction), soit 30 tonnes.

Bien qu'il soit assez complexe de calculer précisément la quantité d'acier requise pour la structure, on peut en faire une évaluation grossière en considérant 100 tonnes d'acier pour la poutrelle ajourée de 60 mètres de portée (distance entre les pylônes) à laquelle s'ajoute l'acier des pylônes. La quantité d'acier au kilomètre serait entre 2 000 et 3 000 tonnes, ce qui à [700 \\$ Can/tonne](#) coûterait en acier entre 1,4 à 2,1 M\$ Can. En multipliant par 2 pour la mise en forme de l'acier (procédés automatisés), on arrive à un coût de 3 à 4 M\$/km pour les composants de la structure. Il reste l'arpentage, les fondations pour les pylônes, et l'assemblage de la structure pour lesquels 2 M\$/km semble réaliste. Le tronçon Montréal-Québec (250 km) reviendrait alors à moins de 1,5 G\$. Le coût des navettes est inférieur

à 25 M\$ car une douzaine pourraient assurer la liaison entre les deux villes. En prévoyant 500 millions de dollars pour les imprévus on arrive en bout de ligne à un coût de l'ordre de 2 G\$ pour la construction d'un monorail rapide entre Québec et Montréal, au lieu de 7 G\$ pour un TGV.

On a donc une différence de coût de l'ordre de cinq milliards de dollars entre un TGV et un monorail, sur le tronçon Québec-Montréal. Pour réaliser ce que cela signifie, il suffit de dire qu'avec un tel montant on pourrait acheter 5 000 autobus électriques biberonnés, ou donner 5 000 \$ de rabais sur 1 000 000 de véhicules hybrides rechargeables avec une batterie suffisamment grosse pour parcourir 40 à 70 km en mode électrique, avec l'électricité du réseau. Ces véhicules pourraient ainsi faire 80 % de leur kilométrage à l'électricité, et les rabais permettraient une pénétration plus rapide du marché. On pourrait également utiliser cet argent pour implanter des usines de biocarburants de deuxième et troisième génération. Bref, l'économie faite avec un monorail au lieu d'un TGV nous permettrait d'avoir un impact majeur sur l'ensemble de la mobilité routière sans pétrole.

Sans compter que le TGV profiterait principalement aux habitants de Montréal et de Québec, mais pas réellement aux régions. Par contre, avec un monorail il devient pensable de desservir plusieurs régions, comme l'Estrie, la Beauce, Saguenay, Charlevoix, et aller jusqu'à Rimouski.

Le monorail deviendrait alors un moyen de stimuler les économies régionales au lieu de tout concentrer à Québec et à Montréal et de faire payer les régions pour un TGV dont elles ne pourraient profiter.

Le nombre de passagers requis pour payer le monorail Québec-Montréal (2 G\$) en 30 ans est de 5 500 par jour, en considérant des billets à 80 \$ et un financement à 7 %. Une navette à tous les 20 minutes, dans chaque direction, pendant 18 heures d'opération par jour, assurerait le débit requis.

Le monorail offre un avantage extraordinaire dans les régions à faible densité de population, du fait que les navettes transportent seulement 60 passagers. Ces navettes peuvent partir à tous les dix minutes, comme aux deux heures. On n'a pas besoin de remplir une rame de 360 places avant le départ. Toutefois, si on a besoin de transporter un gros débit de passagers, le monorail peut s'adapter, en faisant démarrer plusieurs navettes ensemble, qui se distanceront pendant le trajet et se regrouperont à l'arrivée aux autres gares.

Pour évaluer la durée des trajets, il faut connaître les accélérations du monorail et du TGV. Les 16 moteurs-roues du monorail peuvent l'accélérer de 0 à 250 km/h en moins de 20 secondes, sur 700 mètres, et le freinage électromagnétique le ralentir aussi rapidement, ce qui correspond à l'accélération d'un gros avion commercial au décollage. De son

côté un TGV met environ 8 minutes sur 20 km pour atteindre sa vitesse de croisière de 320 km/h et autant pour s'arrêter.

Pour un parcours Québec-Montréal (250 km) la durée du trajet en TGV serait donc de 56 minutes, alors que le monorail prendrait 60 minutes. Et si on fait un arrêt entre les deux villes, disons à Drummundville, alors le monorail arriverait à Montréal avant le TGV. Avec un monorail on peut donc faire des arrêts plus fréquents et desservir plus de villes moins peuplées, ce qui, encore une fois, rend le monorail plus intéressant pour les régions.

De plus, une liaison Montréal-New-York devient abordable alors qu'avec un TGV il faudrait un grand nombre de ponts et tunnels pour traverser la chaîne de montagne des Appalaches, ce qui ferait grimper la facture à un niveau indécent.

On notera également que les frais d'entretien du monorail sont minimums car on n'a pas besoin de déneiger les rails l'hiver, ils sont recouverts.

Certains diront oui mais le TGV est une technologie qui a fait ses preuves alors que le monorail reste à développer. À ceux-la je répond que les lampes à l'huile avaient fait leurs preuves et que les disques de vinyle avaient fait leurs preuves. Cela n'a pas empêché l'éclairage électrique et les disques au laser de prendre le marché. Je ne dis pas que le TGV est désuet, il rend de loyaux services

dans les régions à forte densité de population.

Par ailleurs, la technologie à développer pour le monorail s'appuie sur des réalisations solides. En effet, déjà en 1994 Pierre Couture avait développé à l'IREQ [des moteurs-roues de 15 pouces affichant un couple de 1 200 N-m](#) et une puissance de 100 kW. Un budget annuel moyen de l'ordre de 30 à 40 M\$ devrait permettre de mettre au point en 5 ans un prototype précommercial du monorail et une ligne expérimentale de 5 km.

Une fois la technologie développée, elle constituera une source de développement économique majeure. Car il y a fort à parier que plusieurs pays vont bien apprécier se procurer un transport rapide électrique ABORDABLE.

En fait, la différence entre un TGV et un monorail au Québec et au Canada c'est la différence entre s'endetter et s'enrichir. Soyons innovateurs!

Fisker Automotive investit dans les voitures hybrides rechargeables

[Fisker Automotive](#) est désormais bien connu pour avoir présenté en 2008 sa Karma, une berline sport de quatre places dont les premiers exemplaires seront livrés en 2010. Cette voiture de 89 K\$ est propulsée par deux moteurs électriques de [Quantum technologies](#) à l'arrière. Sa batterie Li-ion de [Advanced Lithium Power](#) lui assure une autonomie en mode électrique de 80 km.



La Karma de Fisker Automotive sortira en 2010. Cette berline sport 4 places de 89 K\$ peut rouler pendant 80 km à l'électricité seulement après quoi un moteur-générateur à essence prolonge l'autonomie à 480 km sur un plein d'essence. (photo: Fisker Automotive)

Le moteur à essence n'est pas connecté aux roues et sert uniquement à actionner un générateur qui recharge la batterie en cours de route. La vitesse maximale est de 200 km/h alors que la Karma accélère de 0 à 100 km/h en 5,8 secondes. Un plein d'essence lui permet de parcourir 480 km sans perte de performance lorsque la batterie a été déchargée jusqu'à son niveau de maintien. L'autonomie est donc illimitée aussi longtemps qu'on fait le plein d'essence à intervalles réguliers. C'est ce qu'on appelle une voiture hybride série rechargeable ou encore une voiture électrique avec prolongateur d'autonomie. C'est le même genre de groupe de traction que sur la Chevrolet Volt de GM.

Avec de telles voitures, on n'a pas besoin de nouvelles infrastructures pour faire le plein, et on n'est pas limité par l'autonomie comme le sont les voitures tout électriques. Henrik Fisker

nous parle de son bébé dans [ce vidéo YouTube](#).

Maintenant, Fisker Automotive compte bien produire une voiture plus familiale et moins chère d'ici 2012, la Nina. Le prix de vente ciblé est de 40 000 \$ US après le rabais de 7 500 du gouvernement fédéral étatsunien. La technologie utilisée sera similaire à la Karma.

À cette fin, la nouvelle compagnie automobile [vient d'obtenir un prêt à faible taux d'intérêt du département de l'énergie \(DOE\) de 528 M\\$](#).

De plus, Fisker [vient d'annoncer](#) le 27 octobre qu'ils ont acheté une usine d'assemblage en liquidation de l'ancienne compagnie GM, à Wilmington au Delaware, pour construire la Nina.

Fisker s'aligne donc pour devenir un joueur important dans le monde automobile de demain.

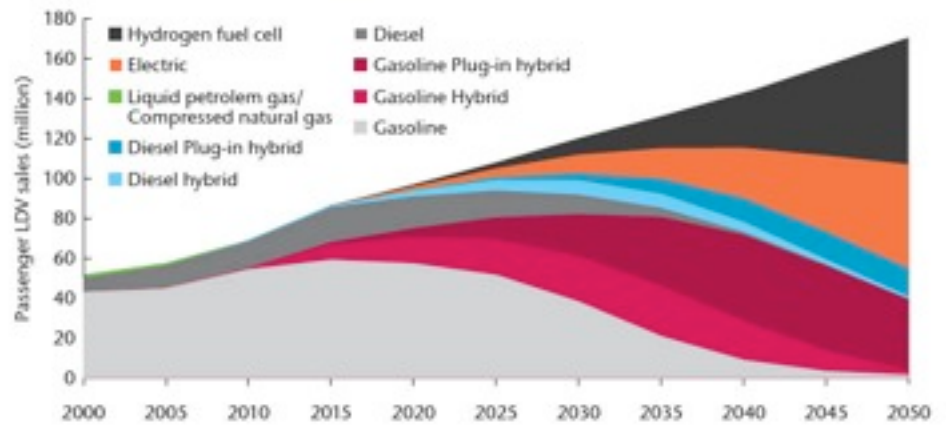
L'agence internationale de l'énergie publie une feuille de route technologique pour la motorisation électrique des véhicules légers

À la demande du G8, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) vient de sortir, sous forme d'un rapport, une feuille de route technologique pour les véhicules légers. La perspective qui constitue la trame de fond de cette feuille de route est de réduire les gaz à effet de serre liés à l'énergie de 50 % globalement d'ici 2050, par rapport à 2005.

Ce qui ajoute de la crédibilité à ce rapport c'est le grand nombre de personnes extérieures à l'AIE qui y ont contribué. On retrouve des gens de l'Electric Power Research Institute, de Tokio



Page couverture du rapport de l'Agence internationale de l'énergie sur la feuille de route technologique en matière de véhicules légers à motorisation électrique (hybrides ou non). (source: IEA 2009)



L'évolution des ventes annuelles de véhicules légers pour passagers (LDV, Light Duty Vehicles), ventilées par technologies, selon le scénario de la feuille de route technologique de l'Agence internationale de l'énergie. (source: AIE/IEA 2009)

Power Corporation, d'EDF, De Argonne National Laboratory, de l'Université de Californie à Davis (PHEV Research center), de Toyota, Volkswagen, Nissan et Renault, entre autres.

Les principaux résultats concernant les technologies sont présentés dans deux graphiques, dont l'un figure sur cette page et l'autre à la page suivante. Ils sont tirés du document de l'IEA, qu'on peut télécharger [ICI](#).

Ces deux graphiques représentent l'évolution des ventes annuelles de véhicules légers pour passagers (Light Duty Vehicles, LDV) d'ici 2050, et montrent les parts de marché de chaque technologie. Le deuxième graphique fait un zoom sur les véhicules tout électriques (EV, Electric Vehicle) et hybrides branchables (PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicle).

La première observation qui saute aux yeux avec le premier graphique est qu'en 2050 tous les véhicules sont branchés sur

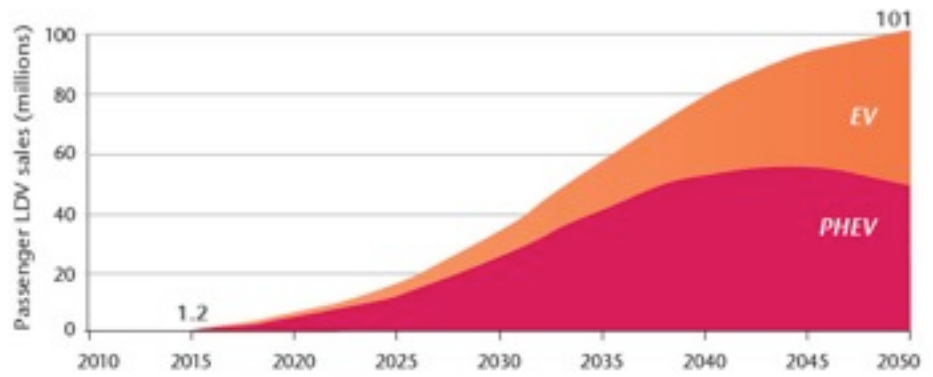
le réseau, soit ils utilisent de l'hydrogène. Le tiers environ des véhicules de 2050 sont des hybrides branchables, le tiers des véhicules tout électriques (à batterie) et le dernier tiers utilise une pile à combustible et de l'hydrogène.

Mais puisque dans la feuille de route de l'AIE on mentionne qu'il serait souhaitable que les véhicules à hydrogène soient hybrides, il y a fort à parier qu'ils feraient la majorité de leur kilométrage grâce à une batterie et l'électricité du réseau, puisque l'évolution naturelle des hybrides est de leur permettre de se brancher sur le réseau. Par conséquent, ce que dit indirectement ce graphique c'est que le pourcentage des kilomètres parcourus avec de l'hydrogène par l'ensemble des véhicules légers de la planète en 2050 serait inférieur à 10 %. C'est tout un changement de la part de l'établissement qui essayait jusqu'à très récemment de nous convaincre que les véhicules munis d'une batterie

qu'on recharge sur le réseau n'étaient qu'une transition vers la «solution ultime» l'hydrogène. On constate par ailleurs qu'**en 2030 à peine 5 % des nouveaux véhicules vendus utiliseraient de l'hydrogène**. On aurait alors moins de 1 % du parc mondial de véhicules légers fonctionnant à l'hydrogène. Quant à moi, cette technologie est une voie sans issue comme je l'explique dans *Rouler sans pétrole* et sur mon blogue Électron Vert [ICI](#).

Le deuxième graphique, lui, nous dévoile que selon l'AIE, **en 2030 pratiquement les trois quarts des véhicules à motorisation électrique, excluant les véhicules à hydrogène, seraient des hybrides branchables (PHEV)**, alors qu'environ 25 % seraient des véhicules électriques (EV).

La feuille de route mentionne que le prix élevé et le poids important des batteries limitent présentement l'autonomie des véhicules tout électriques, et que de plus ces derniers requièrent une nouvelle infrastructure de recharge, contrairement aux hybrides branchables qui peuvent utiliser toutes les stations-service existantes, et jouissent d'une autonomie totale similaire aux véhicules traditionnels. Ce sont définitivement les véhicules hybrides branchables qui constituent la principale solution au transport routier d'ici 2030. C'est également ce que je défends dans *Rouler sans pétrole* et sur mon blogue Électron Vert dans [ce billet](#).



L'évolution des ventes annuelles de véhicules légers (LDV, Light Duty Vehicles) électriques (EV) et hybrides branchables (PHEV), selon le scénario de la feuille de route technologique de l'Agence internationale de l'énergie. (source: AIE/IEA 2009)

L'autre information qu'on peut tirer de ces graphiques c'est que les véhicules qu'on va pouvoir brancher pour recharger la batterie sur le réseau seront relativement peu nombreux en 2020. Les ventes annuelles seraient selon le scénario de l'AIE d'à peine 7 millions sur un total de 90 millions, ce qui représente moins de 8 % des ventes.

Cela est très préoccupant, car on devrait avoir de sérieux problèmes avec la disponibilité et le prix du pétrole d'ici 2020. L'AIE mentionne que les taux de pénétrations sont basés sur les objectifs de différents pays. Il va falloir faire beaucoup mieux. On a fait des efforts bien supérieurs lors de la deuxième guerre mondiale.

Pour accélérer notre sevrage du pétrole l'installation de systèmes après vente pour réduire la consommation des véhicules traditionnels va devenir très importante de même que la conversion de véhicules traditionnels en véhicules électriques, ou encore l'ajout de batteries à des véhicu-

les hybrides comme la Prius pour les rendre branchables. Nous en reparlerons dans le prochain numéro de *Transport 21*.

Il y a un dernier commentaire que j'aimerais faire sur ces courbes. Dans les quarante prochaines années, il est prévu, selon l'AIE que les ventes de véhicules légers dans le monde vont tripler, passant de 53 millions à 160 millions. Or l'épuisement des ressources de la Planète commande qu'on soit beaucoup plus sobres, car s'il fallait que tout le monde vive comme aux États-Unis présentement, les environmentalistes nous disent qu'on aurait besoin de cinq planètes Terre pour fournir les ressources nécessaires! On n'a simplement pas le choix, il faut développer beaucoup plus MASSIVEMENT les transports en commun.



On aurait besoin de 5 Terres pour fournir les ressources afin que tous les habitants de la Planète puisse vivre comme les Étatsuniens le font présentement.

Activités publiques en novembre 2009

Le samedi 14 novembre 2009 à Montréal,
dans le Hall d'entrée de l'[École de technologie supérieure](#)

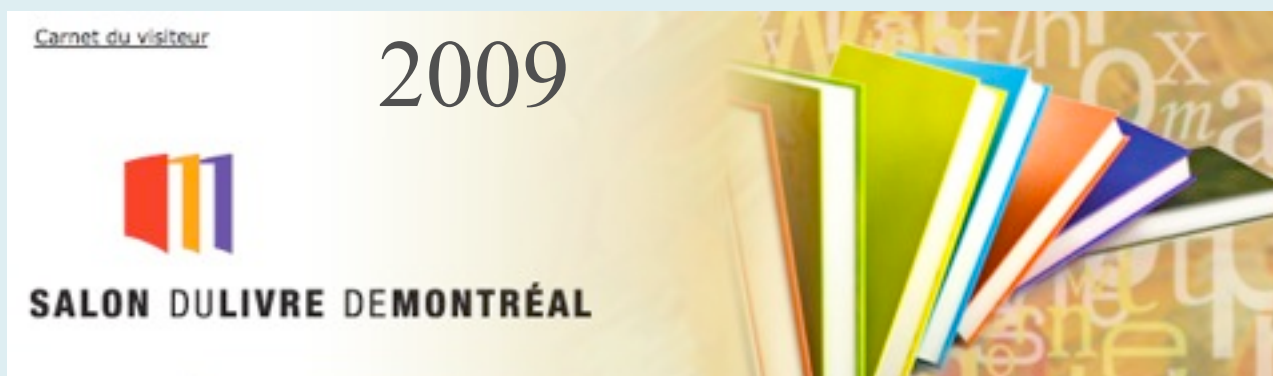


(SAE : Society of automotive engineers)

Deux conférences de 75 minutes

10:00 h : *Rouler sans pétrole*

14:00 h : *Le moteur-roue: du vélo électrique au monorail à grande vitesse*



Séances de signature au kiosque des Éditions MultiMondes

Jeudi le 19 novembre 2009 : 19:00 h à 20:00 h

Vendredi le 20 novembre 2009 : 18:00 h à 19:00 h

Samedi le 21 novembre 2009 : 14:00 h à 15:00 h

[Place Bonaventure](#)

Pour plus d'informations:

pierrel@coopscf.com

www.planglois-pca.com