

««⚡« SPIN!



“(U)SPIN!

©2009

Philip Seyfi & Anna Korniyukhina



# Sommaire

|                  |    |
|------------------|----|
| Introduction     | 7  |
| Marketing        | 11 |
| Programmation    | 24 |
| Modélisation     | 15 |
| Conclusion       | 25 |
| Pour Approfondir | 27 |



# Introduction

Des le début du dernier siècle on rêve des voitures autonomes. C'est un thème classique des œuvres de science-fiction, un sujet des discussions scientifiques souvent évoque et un élément important des publicités des marques automobiles...

Même si l'idée est plus ancienne, c'est qu'à la fin de 1939—après l'exposition ahurissante *Futurama* présentée par *General Motors* a l'Exposition universelle de New York—qu'elle sort des journaux spécialisés et prenne sa place dans nos rêves futuristes a cote des robots, réalité virtuelle et colonisation de l'espace. Cette présentation du “monde en 1960” n'était pas très bien calculée; a la place d'un future plein d'innovations civiles on est entre dans la Deuxième Guerre mondiale. Néanmoins, étant préparée rigoureusement par Norman Bel Geddes—un des meilleurs designers industriels de cette époque—on

retrouve beaucoup des technologies proposées encore aujourd'hui.

Les voitures complètement automatisées (aussi que les aéroports sur un support aquatique, s'adoptant au vent) sont malheureusement une des prédictions toujours rarement adoptées. Pourtant, il paraît qu'en 2004, quand la première *Grand Challenge* a été organisée par *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), on est finalement entré sur la voie d'achèvement. Cette compétition a pour but de favoriser le progrès en construction des automobiles sans conducteur. Même si la première fois aucune des voitures n'a pu atteindre la ligne d'arrivée, 5 des 23 équipes ont achevé la course suivante en 2005. Le programme était considéré comme un grand succès et en 2007 on a pu changer le terrain d'un désert en une modèle d'une ville. Renommée en *Urban Challenge*, la troisième compétition a eu lieu en 2007 comportait un règlement

plus difficile adopte au milieu urbain et aux résultats précédents. Cette fois les voitures devaient finir le trajet en temps limite, en se conformant aux lois de la circulation et partageant la route avec des voitures conduites manuellement. Six équipes sont arrivées à la fin.

D'après Sebastian Thrun—informaticien de l'université de Stanford, chef de leur équipe qui a gagné le *Grand Challenge* en 2005—il est possible de construire une voiture autonome, fiable en quelques domaines limités, en moins de 5 ans<sup>1</sup> et cette avis est partagé par *General Motors*<sup>2</sup>, un constructeur d'automobiles américain, historiquement très impliqué dans la concep-

---

1 “Within five years, it’s totally feasible to build an autonomous car that will work reliably in several limited domains,” Sebastian Thrun, informaticien de Stanford

2 “The technology exists right now to move cars without a driver,” porte-parole de GM; “This is not science fiction,” Larry Burns, vice-président de GM

tion des voitures robotiques. Pourquoi donc n'a t'on toujours pas une voiture ainsi dans notre garage?

Il y a une multitude des raisons... Les voitures autonomes n'auraient pas transformé seulement notre vie, mais aussi toute l'industrie automobile. Le marketing basé sur "le plaisir de conduire" devrait être changé complètement. Les entreprises de construction ne pourraient pas procéder avec leur vision de futur—des "autoroutes intelligentes" qui pourraient indiquer aux conducteurs ou même aux voitures la bonne voie. Les lois de conduction devraient être adaptées et on ne sait toujours pas comment les accidents de telles voitures pourraient être gérés par les assurances. Tout devient encore plus compliqué quand on se pose la question: "Les conducteurs, accepteraient-ils ce changement?". Il est facile de dire qu'on pourrait diminuer le nombre

d'accidents de 50%<sup>1</sup>, mais on est toujours plus calme quand notre vie est entre nos mains—au moins en apparence.

**PREPARATION** Dès la première séance de TPE on est venu avec une idée claire de ce qu'on voudrait faire—un modèle d'une voiture sans conducteur—plus précisément, un robot traversant un trajet défini dynamiquement; contrôlé par un ordinateur qui transforme l'image de camera en un plan, choisit la route idéale et envoie des commandes aux moteurs.

Ainsi, tout ce que nous restait à faire était de centrer notre production dans un des thèmes proposées et formuler un sujet avec une problématique qui auraient justifié notre production et qui nous aurait permis de traiter également les dimensions mécanique, informatique, économique et soci-

1 “We might be able to cut those numbers down [traffic fatalities] by a factor of 50 percent. Just imagine all the funerals that won't take place.,,

ologique. Finalement, on a choisit la thème *Modèles et Modélisation* et un sujet *Une voiture sans conducteur—conception, production et introduction sur le marché*.

Comme on a décide de travailler sur plusieurs dimensions dans notre sujet il fallait développer un plan détaillé. On a divisé le projet en trois parties:

- *Analyse du marche et marketing*
- *Programmation*
- *Modélisation*

La première partie contienne: une analyse de la problématique et une enquête (définition de notre cible—*target group*), analyse de la cible, adaptation de notre produit aux besoins du marché.

Ensuite on a procédé a la création de notre modèle qui comporte une partie informatique (programme dirigeant la voiture) et une partie mécanique (la voiture).

MODÈLE Le tout est compose de plu-

sieurs composants entreliées chaqu'un d'eux ayant un rôle distinct et indispensable.

Le trajet est effectuée en fonction des données reçues par deux senseurs. Le premier est la camera qui envoie l'image des obstacles dessinées sur un support à l'ordinateur. Celui-ci analyse les données et envoie des commandes aux moteurs du robot. En plus, deux sonars<sup>1</sup> sont présents sur la voiture permettant de détecter des objets tridimensionnels qui pourraient se trouver devant le robot au cours de son trajet. Ces deux capteurs différents peuvent être assimilés au système GNSS<sup>2</sup> et des senseurs distincts présents sur la voiture réelle.

---

1 Sound Navigation and Ranging, un appareil utilisant les propriétés de la propagation du son pour détecter et situer des objets

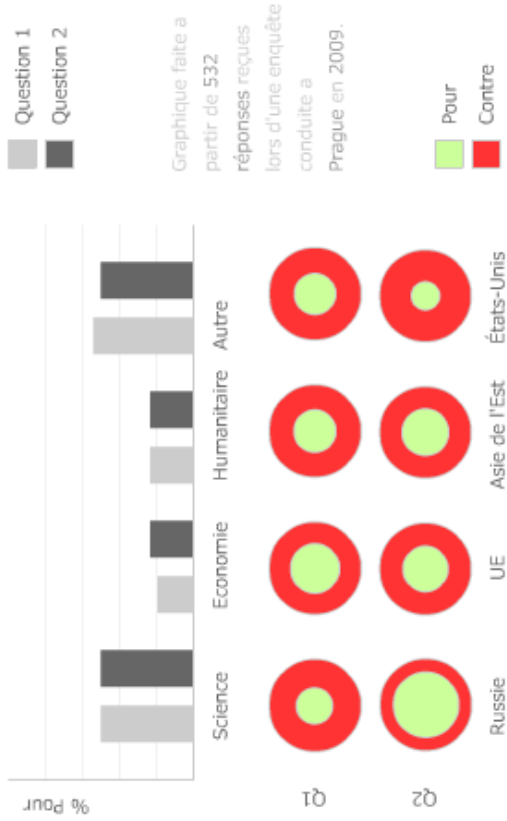
2 Global Navigation Satellite System, système de positionnement par satellites

# Marketing

Souvent négligé, marketing est une étape très importante d'introduction d'un produit sur le marché. Oui, le marketing est peu puissant si le produit offert est de mauvaise qualité, mais ceci est aussi vraie dans l'autre sensé.

ENQUÊTE Afin d'analyser le marché—trouver le cible idéal et en adapter notre projet—on a préparé une enquête cherchant à collecter des réponses aux questions et les données suivantes:

- *Etes vous pour ou contre la présence des voitures sans conducteur dans votre ville?*
- *Ne prenant pas en question le prix, achèteriez vous une voiture sans conducteur?*
- *Nationalité (Russie, Asie de l'Est, Union*



*Europeene, Etats Unis)*

- *Sexe (homme, femme)*
- *Groupe d'âge (15–25, 26–50, 51+)*
- *Groupe socio-professionnelle (Scientifique, humanitaire, économique, autre)*

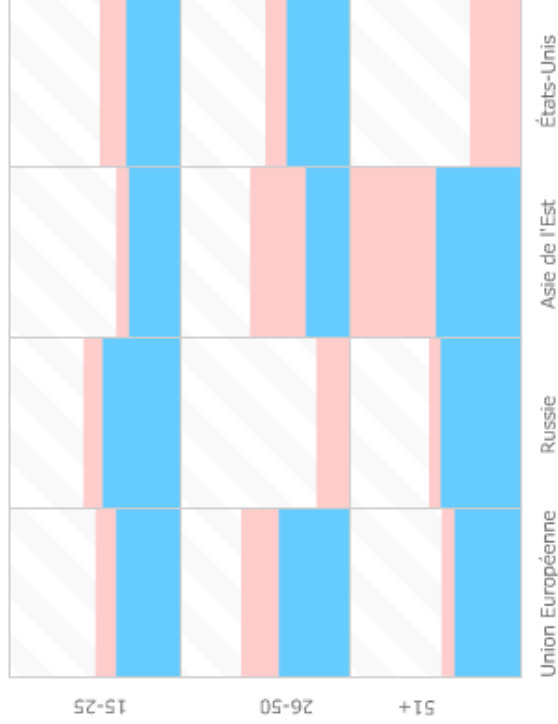
Après plusieurs sorties non scolaires on a réussi de recevoir 532 réponses permettant de définir la *target group* la plus favorable a l'introduction des voitures sans conducteur sur le marché.

ANALYSE DES RESULTATS Globalement, on a reçu 50% (266) des réponses positives et 50% des réponses négatives a la première question et de même pour la deuxième. Ces résultats indiquent que soit l'opinion sur la question est très partagée, ou que les répondant ne se sont jamais pose une question pareille—n'avaient pas d'opinion précise. En toute cas, les résultats globaux n'ont pas une très grande valeur pour nous

Question 1

♀ Pour  
♂ Pour  
Contre

Graphique  
faite à partir  
de 532  
réponses  
reçues lors  
d'une  
enquête  
conduite à  
Prague en  
2009.



comme ce que nous intéresse le plus sont les résultats en différentes groupes sociales.

Alors que l'opinion est aussi divisée en Asie de l'Est et en Union Européenne, on peut repérer des grandes différences si on regarde sur les réponses des russes qui sont généralement très favorables à l'introduction des voitures autonomes (résultat qu'on attendait de recevoir, les russes ayant une mentalité très socialiste et moderne) ou des américains qui—étonnamment—étaient plutôt contre un tel concept. On était surpris par l'incertitude de l'Union Européenne comme il est bien connu que c'est une de seules régions du monde où un concept comparable, la transmission automatique, n'est toujours pas acceptée par la majorité des automobilistes (en 2008, 75.20% des véhicules légers produits en Europe de l'Ouest avaient une transmission manuelle<sup>1</sup>).

Quand aux professions, il n'y a pas beau-

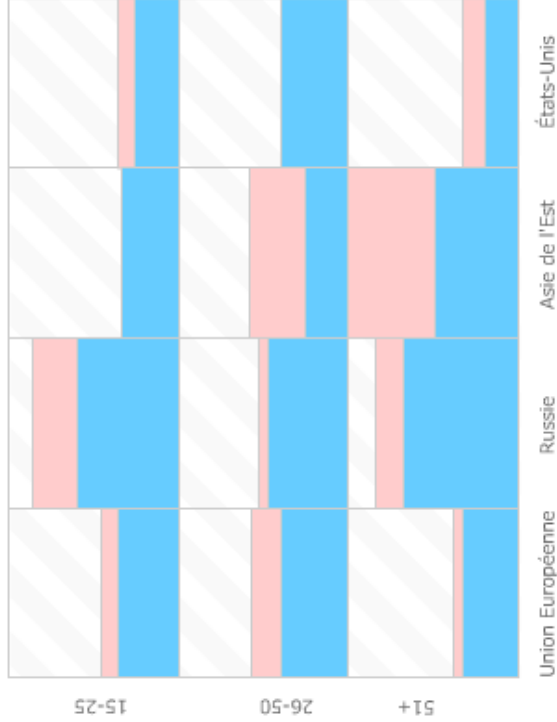
---

1 D'après les statistiques de CSM Worldwide

# Question 2

■ ♀ Pour  
■ ♂ Pour  
■ Contre

Graphique  
 faite a partir  
 de 532  
 réponses  
 reçues lors  
 d'une  
 enquête  
 conduite a  
 Prague en  
 2009.



coup de surprises. Les scientifiques sont plutôt favorables, en le justifiant surtout par la recherche du progrès technique qui pourrait améliorer notre vie quotidienne. Les humanitaires et les économistes sont plutôt contre, ces derniers indiquant pour raison le chômage dans les secteurs de transportation, qui pourrait être cause par cette innovation.

Les différences en fonction d'âge des répondeurs sont aussi assez négligeables, sauf quelques exceptions. En Asie de l'Est ou ceux ayant 51 ans et plus ont été beaucoup plus favorables que les jeunes (100% des 51+ ont répondu positivement aux deux questions). En Russie, c'est surtout les âges de 25-50 ans qui ont donné une réponse négative, surtout à la première question. Aux États-Unis les 51+ ont été plutôt contre les automobiles robotiques.

Les hommes, à l'exception des réponses à la question 1 par des russes de 25-50 ans et

par des américaines de 51 ans et plus, étaient beaucoup plus favorables que les représentants du “sexe faible”—un résultat plutôt inattendu comme ceux premiers sont généralement plus préoccupés par la perte du “plaisir de conduire”.

**BRANDING** Un des facteurs importants de l'introduction d'un nouvel produit sur le marché est la marque commerciale. Sans un *brand* attractif et facilement reconnaissable le produit peut se perdre entre les concurrents même ayant des caractéristiques largement supérieures à la compétition.

Dans notre cas, on cherchait un logotype et un nom qui est facile à retenir, bien reconnaissable, reproductible sur une multitude des matériaux, et portant l'idée de navigation facile et fiable.

Finalement, on a pu créer une marque qui comporte toutes ces caractéristiques—on s'est inspiré des compas maritimes et des

labyrinthes circulaires créant un emblème qui montre bien les distinctions principales du voiture et peut être facilement place sur le volant, ou sur les jantes.



Concept | Logotype & Branding

# Programmation

Le programme présent sur l'ordinateur analyse les données reçues de la camera, calcule le trajet idéal et envoie des commandes aux moteurs présents dans la voiture. En effet, il peut être considéré comme le chaînon le plus important de tout le système. Le programme sur l'ordinateur est programmé en ActionScript 3<sup>1</sup> et communique avec un programme présent sur l'interface I/O Arduino, celui-ci écrit en une variante de C++<sup>2</sup>.

**FILTRATION DE L'IMAGE** Comme la lecture de la carte va être faite par une camera, la reproduction des couleurs sur l'image reçu par la programme dépende directement de la qualité de la camera, du lumière dans la salle, des artefacts sur le support et

---

1 [http://help.adobe.com/en\\_US/AS3LCR/Flash\\_10.0/](http://help.adobe.com/en_US/AS3LCR/Flash_10.0/)

2 <http://arduino.cc/en/Reference/Extended>



```
[[0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0]  
[0,2,2,0,1,0,0,0,0,0,0,0]  
[0,2,2,0,1,0,0,0,0,0,0,0]  
[0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0]  
[0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0]  
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]  
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]  
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]  
[1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0]  
[0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]]
```

de la marque des marqueurs. Même si tout sera fait pour créer des conditions idéales, il est impératif d'optimiser l'image après la réception. En appliquant des filtres on purifie et rapproche les couleurs sur l'image reçu le plus près des couleurs primaires.

**DÉCOMPOSITION ANALYTIQUE**  
Ensuite, la décomposition analytique de l'image en une matrice qui va ensuite être utilisé comme une carte afin de trouver le chemin idéale est faite.

L'image reçu est divisé en grille, chaque partie dequelle est ensuite analysée et enregistrée dans la matrice en fonction de couleur présent.

**PATHFINDING** On a implémenté dans la programme l'algorithme  $A^*$  qui—en utilisant la carte générée a partir de l'image—calcule le chemin optimale de la voiture entre le point de départ A et le point d'arrivée B



$$f(n) = g(n) + h(n)$$

$g(n)$  | Distance du départ

$h(n)$  | Distance d'arrivée



Exemple | A\*

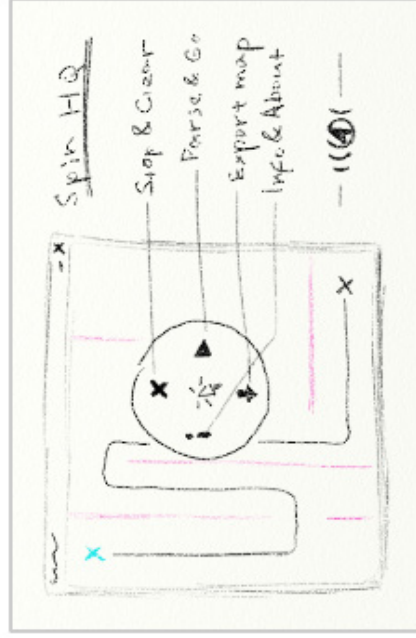
décrites sur la carte.

Le choix d'algorithme  $A^*$  est justifié par le fait que la nature du plan n'est pas connue à l'avance (et donc on ne peut pas utiliser des algorithmes plus adaptés à des graphes spécifiques comme celui de Dijkstra ou Best-First-Search) et que le plan, à cause de la taille limitée du support, est relativement simple (ce qui élimine la faiblesse principale d'A-Star—sa complexité exponentielle en fonction de la longueur du chemin).

**COMMUNICATION** Le trajet calculé par le programme est ensuite traduit en une liste des paires des valeurs vitesse/direction, celui-ci étant envoyé à Arduino.

**USER INTERFACE** Souvent négligé—le front-end ou plus spécifiquement l'interface Homme-machine, IHM (*User Interface*, UI)—est en réalité presque indispensable.

Il est très important que l'interface d'une



Concept | UI de la programme "Spin HQ"

paragramme est bien adapté a sa fonction, son utilisateur et la plateforme sur la quelle ce logiciel va être exécuté. Dans notre cas la plateforme ciblée est le Tablet PC<sup>1</sup> et c'est sur ca qu'on a base toute l'environnement de notre programme.

L'écran d'un tel ordinateur est générale-ment assez petit (10-12") et il est le plus sou-vent opéré par un stylo ou avec les doigts. Le but était donc de développer un UI qui nous aurait permis d'utiliser le plus d'espace pour l'affichage de la carte—et non pas des contrôles—mais au même temps inclure des contrôles facilement accessibles et assez grandes pour l'opération a l'aide des doigts ou d'un stylet. Ces deux facteurs paraissent de s'exclure mais après avoir fait plusieurs concepts on est finalement arrivé a une so-lution qui nous permet de réaliser les deux parties de la problématique.

---

1 un ordinateur portable avec un écran tactile

# Modélisation

**S**pin! est une voiture a trois roues—deux de quels sont attachées a deux moteurs séparées permettant la direction différentielle<sup>1</sup>. Le programme résidant sur l'ordinateur envoie des commandes sous forme vitesse/direction au programme résidant sur l'interface I/O Arduino et celui-ci les transmet aux moteurs. En plus, deux sonars qui suspendent l'exécution des commandes envoyées a la voiture en cas qu'un objet se trouve dans le chemin de la voiture, sont présents sur la voiture.

**ARDUINO** La communication avec l'ordinateur et les senseurs est effectuée a l'aide d'un interface I/O Arduino. La communication avec les moteurs est faite à travers le Motor Shield attache à l'interface. Le pro-

---

1 Un système de direction ou les roues tournent à une vitesse et/ou direction différente

gramme communiquant avec l'ordinateur est écrit en une variante de C++, compilée et transmis à l'Arduino à l'avance.

**MOTEURS** On utilise deux moteurs servo 1.5V, chacun d'eux—a l'aide des dents—tournant une roue. Ils peuvent tourner à une vitesse différente et dans un sens différent se que est utile pour la direction de la voiture.

**DIRECTION** Afin de simplifier les équations, le déplacement dans un espace réduit et la mécanique on a utilise la direction différentielle. C'est le système qui est souvent utilisée dans les tracteurs, chars, autres véhicules à sentier chenille et—grâce à la simplicité d'implémentation—dans la robotique.

Dans ce système, la direction n'est pas effectuée par la direction des roues mais par leur rotation aux vitesses, ou même dans des

directions, différentes. Ainsi, la roue extérieure du cercle de rotation est plus rapide que la roue interne et la voiture tourne. En arrière, le robot repose sur une roue capable de tourner dans toutes les senses.

**SONARS** Dans le monde reel, un GNSS peut tres bien orienter la voiture, mais il ne peut pas detecter des obstacles mobiles et temporelles comme les voitures voisines, reparations des voix, accidents ou les piétons. Pour cela un systeme de communication avec l'entourage et des sensors doivent étre presents.

Dans notre modele, on a implimente deux sonars qui arretent la voiture en cas q'un objet est present dans la route. Des qu cet objet est enleve, la voiture va continuer son trajet.

**COMMUNICATION** L'interface communique avec l'ordinateur a l'aide de Blue-

tooth<sup>1</sup>, recevant des commandes en paires vitesse/direction pour chaque moteur. Ces instructions sont ensuite transferts aux moteurs à travers le Motor Shield.

CARROSSERIE Hento officabo. Bori-  
busam faciam que samus rest reptibus.

Occullab imendit atibusciet quid ea iduci dem. Unto iurit, ullorenienis ab invellabor maxima sequidem volor moditatendis re pliquaes escitaectium as remporrum estis ent il moluptatem ex eribus doloria num rae pe laciist fuga.

---

1 Protocole d'échange des données; sans file, a courte distance.

# Conclusion

**O**rtus ore nonsuam in simaxim publin  
sid catiu vere tanterfer hossent.

Odiere adduce tem, niam tum conloc in vit-  
ricaede tem re faci perem aur ad con supplis  
ponlocu licitum publii itemunt emnos-  
sum. Otatus At vit. C. Curs inum publi ius-  
pimi usquas inata poensul issupiondiis et in  
tebat aperiam re, proximilii pere, sena, effrei  
firit; nes condam prem des crum priam. Et  
propopublic ressilisque commovivium in Ita  
vium hinesit; inumum pesimus crenatque  
atilis crunum. Marius ad ipios contrit, du-  
cideris, te milis, uni pata re tu inc rehebuntia-  
am et rem ut vena, us, quam in se iamdiente  
consula recrum, mo est L. Or publiusquam  
es sentrei pulicae cone nostio etre con  
destriorsum mandicaverem tusum orest fa-  
tum dienatura dere confex se catquod publi-  
caet, scia ocul hors Maes! Sp. Vermihintrum  
tiquit Catquodiis, quoncurs ex nos, quam

ocum a consule rentis, furniuscrum ut ver-  
tum tem ius ium faciver ivasdac iam in Etrus  
avenatatie me meden re fuit.

Ita in iampris aut visque moricie ndacibu-  
tum ret ves ausa me notiliurnum inatam  
Rommodis. C. Catus, que dio Catus, niam  
ditum capes et noste, Cat virtique condem  
opublis? At et; nostiam quam ad rehem opo-  
ri publis cont, ca; nostiam te, quius? Publin  
tu manum, silis facientis nenti, vo, quitim  
me ad incepsename et quost gractorte temu-  
lic iverum terta tatum que auctabem cla au-  
rbi popopublius.

Ulis bone commo ingulicasto viverib ulibu-  
num omnitemus lis publina, et, consulis ac-  
tas moltum inteatum factum tesic intri se,  
nostere forum tem con vivehem moen non-  
sum re quiurnic restrum effrem iae, prit, quo  
es publici videt; nicienstrac moriam etillem  
que inunum me tatum opublicae ca nonfe-  
curoris iam etortin atidemq uemque pere-  
mov idelari bunit. Ad di, es rei se a

# Pour Approfondir

L'idée d'une voiture sans conducteur n'est pas nouvelle et il existe un grand nombre de matériel filmographique et littéraire. Voici quelques œuvres concernant ce sujet qui nous paraissent de le bien présenter ou de poser des arguments intéressants.

ARTICLES ET FEUILLETONS Etant un thème très populaire en milieu scientifique ainsi qu'en publique profane, des nombreux articles plus ou moins spécialisées sont publiées dans les journaux, magazines et dans des publications en ligne. Dans IN THE FUTURE, SMART PEOPLE WILL LET CARS TAKE CONTROL (The New York Times, 4 Dec. 2007) John Tierney parle de l'histoire des voitures automatiques, leurs avantages et l'obstacle principale - acceptance par le publique.

Les points positifs et la reaction des conducteurs est aussi approchee dans ARE YOU

READY FOR CARS DRIVING THEMSELVES? (CBS News, 7 Jan. 2008), article commentant la presentation des voitures sans conducteurs par General Motors pendant Consumer Electronics Show en 2008.

La conference de GM est egalement citee par John Baruch— ancien chef du departement de cybernetique de l'Universite de Bradford—dans son article presentant un point de vue plus economique, WE HAVE THE TECHNOLOGY TO MAKE DRIVERLESS CARS A REALITY (The Guardian, 16 Sep. 2008).

## LITTERATURE PROFESSIONELLE

Autopia

In the Company of Cars

## LITTERATURE DE FICTION

Mockingbird

## FILMES DOCUMENTAIRES

FILMES DE FICTION Comme il est le cas dans la littérature, beaucoup des cinéastes ont aussi abordé le thème des voitures automatiques dans leurs œuvres du septième art. Les voitures de tel type sont présentes, par exemple, dans les films BATMAN (1989), MINORITY REPORT (2002) ou I, ROBOT (2004). Ce dernier présente un concept intéressant d'un système des voies express où il n'est pas permis de conduire manuellement—un problème souvent indiqué dans les sondages actuelles.





