

T. rex superstar

Jean Le Loeuff

S'il ne doit en rester qu'un, ce sera sans doute lui. À la question « quel dinosaure connaissez-vous », 90% des gens répondent : « le tyrannosaure ! » Jean Le Loeuff, d'une plume érudite et irrésistiblement drôle, dresse le portrait de cet archétype du grand prédateur qu'est *Tyrannosaurus*, à la lumière des découvertes scientifiques les plus récentes.

240 pages • 19 € • 978-2-7011-9768-5

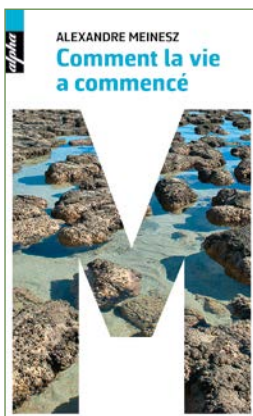


À quoi servent les dinosaures ?

Eric Buffetaut

À la fin d'une conférence que donnait l'auteur sur la paléontologie, vint une question à laquelle il ne s'attendait pas : « Mais Monsieur, à quoi cela sert, ce que vous faites ? » Rien d'agressif dans le ton de la dame qui l'interrogeait ainsi, mais une perplexité certaine : quelle utilité cela pouvait-il bien avoir de s'intéresser à des êtres morts depuis des millions d'années ?

96 pages • 12 € • 978-2-7465-0666-4



Comment la vie a commencé

Alexandre Meinesz

D'où vient la vie ? Comment est-elle apparue sur Terre ? Quels ont été les premiers organismes vivants ? Comment l'évolution a-t-elle sculpté le vivant au fil du temps ? L'auteur raconte avec passion les découvertes les plus récentes sur l'histoire de la vie.

160 pages • 11.90 € • 978-2-7011-9803-3

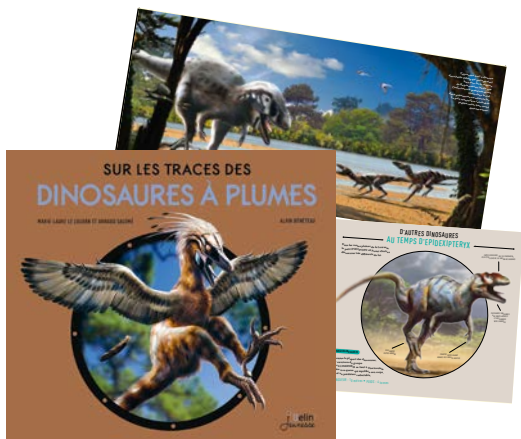


Le paléontologue et l'évolution

Pascal Tassy

Vous êtes-vous jamais demandé comment, à partir d'une simple mandibule, on peut identifier une espèce disparue ? En véritable détective, le paléontologue reconstruit ici pas à pas la formidable histoire du vivant. Les fossiles nous livrent tous leurs secrets !

128 pages • 8 € • 978-2-7465-1110-1



NOMINÉ AU PRIX LE GOÛT DES SCIENCES 2016

Sur les traces des dinosaures à plumes

Marie Laure Le Louarn Bonnet, Arnaud Salomé, Alain Bénétteau (illustr.)

D'*Epidexipteryx*, le plus ancien animal couvert de plumes, à *Archaeopteryx*, le premier dinosaure capable de planer, jusqu'à *Eoniatornis*, un dinosaure très habile au vol, voici un fascinant voyage dans le temps, qui débute il y a 175 millions d'années.

52 pages • 19.95 € • 978-2-7011-8959-8



Les dinosaures, ce qu'on ne sait pas encore

Anna Alter, Ronan Allain, Benoît Perroud (illustr.)

Sur les épaules de Ronan Allain, paléontologue au Muséum national d'Histoire naturelle, Anna Alter nous propose un voyage surprenant et richement illustré au temps de ces animaux légendaires, qui continuent d'alimenter les débats scientifiques et les rêves de chacun... Et si les dinosaures n'avaient pas eu le sang froid mais tiède ?

48 pages • 13.90 € • 978-2-7465-1102-6



Les voitures en quête d'autonomie

Steven Shladover

L'automatisation complète des véhicules n'est pas pour demain. En revanche, la conduite automatisée dans des lieux et voies équipés à cet effet sera bientôt une réalité.

Bientôt, nous aurons tous un chauffeur. Il sera électronique et, quand nous le souhaiterons, il nous emmènera partout et en toute sécurité, du moins tant que nous n'aurons pas à tourner à gauche au milieu du trafic... Et puis, il arrivera que l'état de la chaussée lui crée un problème, comme la neige et la glace le feront à coup sûr... Il faudra aussi le surveiller un peu, pour lui rappeler d'éviter la gendarmerie, les ambulances, les camions de pompiers... et en ville, les piétons susceptibles de surgir de tous côtés.

Lors de telles rencontres sur la route, un pilote humain convenablement entraîné aura facilement toutes les réactions appropriées. En revanche, un pilote automatique ne les aura probablement pas, tant elles sont difficiles à programmer. Les problèmes d'automatisation correspondants sont encore ouverts et les résoudre exigera beaucoup de temps, d'efforts et d'argent. Or, dans le même temps, les gens ont autre chose en tête: ils s'attendent pratiquement d'un jour à l'autre à voir passer un véhicule entièrement automatique au coin de la rue.

D'où viennent ces attentes irréalistes? D'abord, de l'amalgame terminologique qui frappe les systèmes de conduite automatisée. Tant les médias que les constructeurs automobiles emploient sans distinction les termes d'« autonome », de « sans

conducteur », de « conduite automatique », alors qu'ils désignent des solutions techniques très différentes.

Les services commerciaux des constructeurs, des équipementiers (les industriels spécialisés dans les sous-systèmes automobiles) et des bureaux d'études, par exemple, créent sans cesse du matériel publicitaire qui exploite sciemment le flou régnant sur la part réelle du processus de conduite qui est automatisée.

Pour leur part, les journalistes du domaine ont une tendance acharnée à l'optimisme technologique, sans doute parce que cela leur permet de faire le spectacle en dépeignant un étonnant futur.

Les attentes de plus en plus irréalistes ainsi créées sont d'autant plus néfastes que l'avènement d'une forme de conduite automatisée est proche et devrait sauver des vies, réduire la pollution et la consommation de carburant. Elle n'aura toutefois pas la forme à laquelle les gens s'attendent.

Comment définir la conduite automatisée

La conduite d'un véhicule est une activité bien plus complexe que ne l'imaginent la plupart des gens. Elle demande de très nombreuses capacités, dont certaines sont plus faciles à

automatiser que d'autres. Par exemple, maintenir une vitesse constante sur une route dégagée est facile. Les régulateurs de vitesse usuels le font déjà depuis des décennies. Aujourd'hui, des régulateurs de vitesse adaptatifs, capables de maintenir à la fois une vitesse et une distance appropriées, font partie des options courantes. Il existe aussi des systèmes de maintien dans la voie de circulation. Ceux de Mercedes-Benz et Infiniti utilisent les signaux de caméras et de capteurs afin de contrôler la direction et maintenir le véhicule bien centré dans sa voie.

Si nous avons de plus en plus souvent affaire à des véhicules intelligents, cela ne doit pas nous leurrer : un fossé énorme sépare encore ces systèmes automatiques d'un système que l'on pourra considérer comme un pilote automatique entièrement autonome.

Pour clarifier les choses, SAE International (elle s'appelait anciennement Society of Automotive Engineers), l'association internationale des acteurs techniques du véhicule automoteur, a défini cinq niveaux d'automatisation de la conduite de véhicules. L'absence d'automatisation définit le niveau 0. Les trois niveaux suivants correspondent aux systèmes qui offrent la possibilité d'une intervention d'urgence du conducteur humain. Les dispositifs de maintien de trajectoire, tels les régulateurs adaptatifs de vitesse, les systèmes de maintien dans la voie, par exemple, appartiennent au niveau 1. Le niveau 2 accueille les combinaisons de solutions techniques mises en place pour automatiser des tâches de conduite complexes : un dispositif de maintien dans la voie couplé à un régulateur de vitesse adaptatif par exemple. Les systèmes de niveau 3 se fondent sur les dispositifs de niveaux 1 et 2 pour gérer entièrement une phase particulière de la conduite, par exemple la progression saccadée au sein d'un embouteillage. Toutefois, ils n'existent pas encore dans le commerce : l'automatisation de la conduite est limitée pour le moment aux niveaux 1 et 2.

Les niveaux 4 et 5 sont très différents dans la mesure où ils supposent un fonctionnement sans assistance humaine. Un système de niveau 4 pourra assumer toutes les sous-tâches de la conduite, mais uniquement dans des circonstances strictement définies, par exemple dans un parking clos ou sur une voie réservée de l'autoroute. Tout au sommet de l'échelle définie par SAE International, le niveau 5 est celui des

véhicules entièrement automatisés, fonctionnant sans aucune assistance humaine même en cas d'urgence. Sans doute est-ce à cette autonomie complète que pensent les gens quand ils entendent Carlos Ghosn, le PDG de Nissan et de Renault, annoncer avec aplomb des voitures entièrement automatisées sur nos routes vers 2020.

La vérité est qu'aucun connaisseur de l'automobile ne s'attend à ce que des systèmes automatiques de niveau 5 soient mis sur le marché dès 2020. Selon toute vraisemblance, ce qui sera proposé en sera encore très éloigné. Même les systèmes de niveau 3 pourraient être encore très lointains, même si, paradoxalement, ceux de niveau 4 sont probablement proches. Pour saisir les raisons de cette situation paradoxale, il nous faut parler de logiciels.

Le défi est de dépasser la fiabilité humaine

Contrairement à ce que l'on croit, les conducteurs humains sont remarquablement efficaces, en tout cas pour éviter les accidents graves. Selon l'IRTAD (*International Road Traffic and Accident Database*), la circulation routière est responsable en France d'une dizaine de morts par milliard de kilomètres parcourus, ce qui correspond à peu près à la situation européenne. À cela s'ajoutent beaucoup de blessés. Ces ordres de grandeur indiquent les performances que doivent dépasser les dispositifs de conduite automatique. Nous en sommes encore bien loin, contrairement à ce que veulent bien admettre les adeptes de l'automatisation.

Pour comprendre pourquoi, songez juste au nombre de fois où votre ordinateur personnel s'est figé. Si un système d'exploitation, tel celui qui anime votre machine, était responsable de la conduite d'une automobile, la mort pourrait survenir aussi souvent que les pannes de système sur un ordinateur personnel. Et même quand un tel logiciel évite les blocages, il arrive souvent qu'il se mette à fonctionner lentement : or sur la route, il suffit parfois qu'une réaction soit retardée d'un dixième de seconde pour qu'un accident se produise. C'est bien la nécessité de réactions ultrarapides qui risque de rendre les logiciels de conduite automatique dangereux en situation réelle. Ces derniers doivent donc être conçus et développés avec des exigences bien supérieures à celles des logiciels courants du commerce.

■ L'AUTEUR



Steven SHLADOVER est l'un des fondateurs du projet PATH de transport routier automatisé de l'Institut du transport de l'université de Californie à Berkeley, aux États-Unis.

L'ESSENTIEL

- La voiture qui se conduit elle-même a été survendue. Ce projet est encore loin d'aboutir.
- La conduite automatisée avec assistance humaine en cas d'urgence reste problématique.
- Il est plus facile de développer des dispositifs de conduite automatique dans des environnements aménagés.
- Ainsi, des voitures se garant seules ou pilotées automatiquement sur des voies d'autoroute spécialement conçues devraient être pour bientôt.

LES CINQ NIVEAUX D'AUTOMATISATION DE LA CONDUITE

Les interactions entre les constructeurs et les journalistes du secteur automobile ont produit beaucoup de confusion dans le vocabulaire utilisé pour décrire les différents types d'automatisation de la conduite. Les expressions « véhicule autonome », « véhicule sans conducteur », « voiture autoconduite », souvent employées, sont peu éclairantes.

Pour clarifier les choses, l'association internationale des ingénieurs automobiles, SAE International, a défini cinq niveaux différents

d'automatisation de la conduite. Cette échelle va d'un niveau 0, l'absence de toute assistance automatique à la conduite humaine, à un

niveau 5, qui ne suppose aucune assistance humaine au pilotage automatique du véhicule.

Cette échelle réserve quelques surprises. Par exemple, il s'est avéré que l'automatisation de niveau 4 – la conduite automatique sans aucune assistance humaine en conditions prédéfinies et stables – est beaucoup plus facile à mettre en œuvre que celle de niveau 3 – la conduite

automatique pendant certaines phases de la conduite seulement.

Quant aux dispositifs de conduite automatique de niveau 5 – la voiture est conduite dans toutes les conditions par un pilote automatique – sont très loin d'être en vue. Si les progrès sont suffisants, ces dispositifs ne deviendront réalité que dans plusieurs décennies, selon Steven Shladover.

	Surveillance humaine de l'environnement			Surveillance automatique de l'environnement		
	0 Aucune automatisation	1 Conduite assistée	2 Automatisation partielle	3 Automatisation conditionnelle	4 Automatisation poussée	5 Automatisation totale
	Absence de tout dispositif d'assistance à la conduite.	Des dispositifs aident le conducteur à maintenir sa vitesse ou à rester dans sa voie, mais le conducteur garde la main.	La conduite est partiellement automatisée en combinant plusieurs dispositifs de niveau 1.	Un dispositif automatique surveille l'environnement et conduit, mais le conducteur reprend la main en cas d'urgence.	Dans certaines conditions bien définies, un dispositif automatique pilote entièrement la voiture.	Un pilote automatique a entièrement remplacé le conducteur humain, en toutes circonstances.
Celui qui dirige, accélère et ralentit	 Pilote humain	 Pilote humain et pilote automatique	 Pilote automatique	 Pilote automatique	 Pilote automatique	 Pilote automatique
Celui qui surveille l'environnement routier	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote automatique	 Pilote automatique	 Pilote automatique
Celui qui a la main en cas d'urgence	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote humain	 Pilote automatique	 Pilote automatique
La part de la conduite qui est assistée ou automatisée	 Aucune	 Certaines phases	 Certaines phases	 Certaines phases	 Certaines phases	 Tout

Satisfaire à de telles exigences sera extrêmement difficile. Des avancées fondamentales en ingénierie logicielle et en traitement du signal seront nécessaires. En outre, il faudra définir de nouvelles procédures de certification des performances du véhicule. Pour le moment, il n'y en a pas. Certes, il existe déjà des méthodes formelles afin d'analyser systématiquement tous les dysfonctionnements possibles d'un élément de programme, avant même que celui-ci n'ait été écrit. Ces procédures mathématiques de contrôle sont toutefois inapplicables aux logiciels complexes. Les chercheurs n'en sont qu'aux débuts de leurs travaux sur les possibilités de généraliser les vérifications formelles aux programmes complexes de pilotage automatique de véhicules.

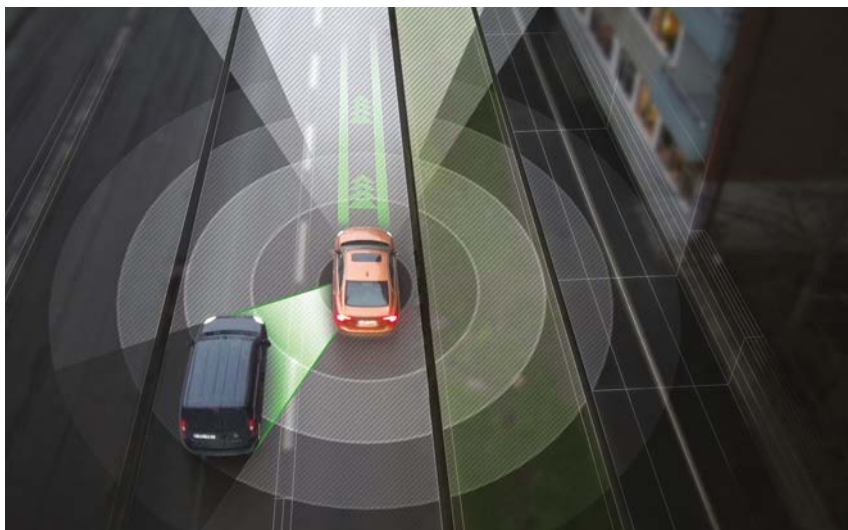
Concevoir les logiciels, les tester, les valider...

Une fois de tels programmes écrits, il faudra aussi des méthodes assez puissantes pour les déboguer et les valider. Les méthodes existantes sont trop lourdes et leur mise en œuvre trop coûteuse.

À titre de comparaison, rappelons que la moitié du coût d'un nouvel avion commercial ou militaire est due à la vérification et à la validation des programmes de commande. Or les logiciels avioniques sont beaucoup moins complexes que ceux dont auront besoin des véhicules routiers automatisés. Quand ils conçoivent des pilotes automatiques, les ingénieurs aéronautiques savent qu'il n'y aura jamais plus d'un ou deux avions à proximité, dont ils n'ont pas besoin de connaître les positions et les vitesses avec une grande précision, car leur éloignement au moment de leur première détection donne plusieurs dizaines de secondes pour réagir.

Sur la route, il en va tout autrement. Le conducteur doit souvent prendre en une fraction de seconde des décisions sûres, qui impliquent, pour adapter correctement la trajectoire, d'estimer la vitesse de dizaines de véhicules et obstacles. La complexité d'un code informatique ayant de telles performances sera considérablement supérieure à celle d'un code avionique.

À supposer que l'on ait déjà développé et validé un tel logiciel de pilotage, les constructeurs automobiles auront encore à «prouver» la fiabilité d'un véhicule conduit à l'aide de ce programme, d'après les critères de



Groupe automobile Volvo

VOLVO TESTERA EN 2017 plus de 100 véhicules capables de surveiller leur propre environnement et de se piloter eux-mêmes. Des véhicules de ce constructeur ont également fait l'objet de tests de conduite automatique en convoi.

la gestion des risques en entreprise, des compagnies d'assurances, des associations de conducteurs, des autorités et, bien sûr, des éventuels clients. Les tests actuels de validation sont complètement inutilisables pour des véhicules autonomes. Il faudrait que le véhicule automatique parcoure des centaines de millions de kilomètres avant que l'on puisse être statistiquement sûr qu'il triomphera des situations dangereuses auxquelles il sera confronté une fois produit en série et utilisé par des milliers de clients. Des experts réfléchissent déjà à ce problème : en Allemagne, par exemple, le gouvernement et l'industrie viennent de mettre en place un projet de recherche dédié.

Il faudra aussi soumettre à une validation rigoureuse les capteurs qui alimentent le pilote automatique en informations critiques pour les décisions de conduite. Cela suppose le développement d'algorithmes de traitement du signal et de fusion des données prélevées assez efficaces pour distinguer tout au long du trajet les objets bénins des objets dangereux. Ils ne devront produire pratiquement aucun faux négatif (la non-identification d'objets dangereux), et très peu de faux positifs (l'identification comme dangereux d'objets en réalité inoffensifs, qui entraînerait un risque d'inutiles embardées et autres freinages brutaux).

Pour parvenir à ce niveau de performance du pilote automatique, les ingénieurs automobiles ne peuvent employer la force brute de la redondance (qui consiste à multiplier les capteurs susceptibles de donner l'alarme) qui caractérise les systèmes avioniques. En

effet, à force de capteurs onéreux, ils risqueraient de rendre inabordables les pilotes automatiques pour véhicules routiers.

Se tourner vers l'intelligence artificielle n'est pas non plus une solution évidente. Certains ont proposé que des machines étudient par des techniques d'autoapprentissage des millions d'heures de conduite enregistrées. Une fois suffisamment formés pour diriger un véhicule, les pilotes automatiques obtenus par cette méthode continueraient à apprendre tout au long de leur cycle de vie. Toutefois, ce type d'apprentissage automatique crée des problèmes spécifiques. Même entraînés à l'identique, deux systèmes de conduite équipant le même modèle de véhicule accumuleraient, une fois sur la route, des expériences différentes, de sorte qu'ils finiraient par réagir différemment dans les mêmes conditions de circulation. Ils seraient imprévisibles.

Automatisation complète pas avant... 2075

J'ai longtemps affirmé que les systèmes de conduite de niveau 5 ne seraient pas réalisables avant 2040. Certains ont déformé mes propos en disant que c'était *pour* 2040. Aujourd'hui, j'ai changé de discours et les annonce désormais plutôt pour... pas avant 2075.

En fait, nous ne sommes même pas près d'avoir des automatisations de la conduite de niveau 3. Comment, en effet, recapter efficacement l'attention d'un conducteur en cas d'urgence ? Est-ce même pensable s'il



Michael Shick

LA GOOGLE CAR est un prototype de voiture partiellement automatisée, à propulsion électrique, sans volant ni commandes pour un conducteur humain. L'ordinateur qui la pilote exploite les données d'un lidar, d'une caméra, de radars, d'un récepteur GPS et de capteurs sur les roues.

s'est endormi ? J'ai entendu les représentants de certains constructeurs automobiles dire que ce problème est si grave que cela les amène à renoncer à des automatisations de niveau 3. En fait, il est tout à fait possible que, en dehors des dispositifs d'assistance en situation d'embouteillage, l'automatisation de niveau 3 ne voie jamais le jour.

Bientôt des voitures hautement automatisées

Et pourtant, nous verrons quand même des voitures hautement automatisées bientôt. Presque tous les grands constructeurs et bureaux d'étude consacrent en effet des budgets importants au niveau 4, c'est-à-dire à la mise au point de systèmes de conduite automatique restreinte à des environnements particuliers et stables, du moins assez pour ne pas devoir dépendre des actions d'un humain faillible en cas d'urgence.

Plus le nombre de situations dans lesquelles peut se trouver effectivement un véhicule est réduit, plus sa conduite est automatisable. La ligne 14 du métro parisien est là pour nous le prouver. Si l'on dispose de voies séparées et sécurisées afin d'y rendre les conditions de déplacement stables, il est possible de faire fonctionner des systèmes de conduite automatique de façon presque parfaitement sûre.

C'est ainsi que, probablement, nous verrons apparaître au cours des dix prochaines années des systèmes de stationnement automatisés, auxquels nous abandonnerons notre voiture à l'entrée de parkings

convenablement équipés, où ni véhicules non automatisés, ni piétons ne pourront circuler. Un système embarqué communiquera avec des capteurs répartis dans le parking afin de localiser une place disponible et d'y garer le véhicule.

Dans les zones piétonnes et commerciales, les campus et tous les lieux où les véhicules rapides peuvent être exclus, des navettes sans chauffeur pourront circuler lentement. Dans de tels environnements, des capteurs de capacité limitée suffiront à détecter les piétons et les cyclistes, tandis que les fausses détections seront de peu d'inconvénient. Le projet *CityMobil2* de taxi sans conducteur de la Commission européenne, qui vient d'être testé à La Rochelle, illustre à quoi pourra servir ce type de solution.

La mise en place de couloirs de bus séparés et de voies réservées aux camions permettra bientôt la circulation de véhicules très automatisés. La séparation entre ces véhicules et les autres simplifiera le problème de la détection des menaces, et donc les réactions automatiques. Afin d'économiser l'énergie, on envisage aussi de former des convois de camions et de bus dotés de la capacité de suivre automatiquement un premier véhicule classique. Des prototypes dotés de ce genre de capacité ont déjà été testés, notamment dans le cadre du projet californien PATH (*Partners for Advanced Transportation Technology*), du projet japonais Energy ITS (*Energy Saving Intelligent Transport Systems*) et du projet européen SARTRE (*Safe Road Trains for the Environment*).

Cependant, dans la décennie qui vient, l'automatisation de la conduite au niveau 4 prendra sans doute la forme d'autoroutes automatisées, où des véhicules seront automatiquement conduits sur les portions d'autoroute prévues à cet effet. Ils ne seront probablement utilisés que par beau temps, sur des tronçons d'autoroutes cartographiés dans le moindre détail. Ces portions de route pourraient même comporter des refuges où les véhicules se gareront automatiquement en cas de problème. La plupart des constructeurs automobiles travaillent d'arrache-pied à développer de tels systèmes. Volvo prévoit par exemple de tester en public 100 prototypes de véhicules ainsi équipés à Göteborg, en Suède. Cette automatisation est sans doute moins séduisante que la perspective d'avoir son propre chauffeur électronique, mais elle a l'avantage d'être possible – et même inévitable – dans un proche avenir. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

Towards road transport automation : Opportunities in public-private collaboration, Résumé du III^e symposium Europe-États-Unis sur la recherche sur le transport, Washington, 14 et 15 avril, 2015.

S. Shladover, **Technical challenges for fully automated driving Systems**, communication au 21^e congrès mondial sur les systèmes de transport intelligents, Detroit, 7-11 septembre 2014.

S. Ashley, **Driving toward crashless cars**, *Scientific American*, n° 299, pp. 86-94, décembre 2008.

Qui a détruit la cité biblique de Hatsor ?

Amnon Ben-Tor

La conquête par les Hébreux de la « Terre promise » a-t-elle vraiment eu lieu ? Les fouilles de l'ancienne Hatsor, en Israël, éclairent cette grande question de l'archéologie biblique et brossent le tableau de l'une des principales cités de la région à l'âge du Bronze.



CES STÈLES VOTIVES proviennent du temple dit des stèles de Hatsor. Elles datent du XIV^e siècle avant notre ère, peu avant la fin de la période cananéenne de la ville.