



Les moyens de transport du futur

15 Mars 2024



claude@lemarson.com
<https://www.lemarson.com>

SOMMAIRE

Le transport de demain

- ❖ Les motivations de cette fuite en avant
- ❖ Les "vraies" questions à se poser
- ❖ Les familles de futurs transporteurs
- ❖ Les technologies à améliorer
- ❖ Le rôle de l'Intelligence Artificielle
- ❖ Le transport en "tube" : échec
- ❖ Les véhicules volants et la réglementation
- ❖ Les véhicules autonomes : le vent tourne
- ❖ Les moyens de transport personnels (micromobilité)
- ❖ Ne pas se faire d'illusions : le marché décolle à peine



Le marché mondial des véhicules autonomes est estimé à 33,4 G\$ en 2023 (Mordor Intelligence). Il devrait dépasser les 93 G\$ en 2028 : étonnant pour une technologie dont on ne voit pas très bien à quoi elle sert...

Les motivations

- ❖ A la fin du XIX^{ème} siècle, les devins prévoyaient que les villes de l'an 2000 seraient suspendues par des (gros) ballons...
- ❖ La technologie venait d'être inventée, il fallait donc l'exploiter de manière spectaculaire.
- ❖ A priori, ce n'est pas exactement ce qui s'est produit...
- ❖ Les transports du futur procèdent de la même approche, il faut donc être prudent
- ❖ Les motivations :
 - ❖ Ce n'est pas uniquement pour faire comme dans les BD ou les films de science fiction...
 - ❖ Réduction des embouteillages (congestions) : si 50 à 70 % des bipèdes émigrent vers les mégapoles, la situation va empirer et deviendra inextricable.
 - ❖ Moins de conséquences sur l'environnement : réduction de la contribution des futurs véhicules aux gaz à effet de serre.
 - ❖ Réduction drastique de l'usage des carburants fossiles, à l'origine de l'objectif de certains équipements du futur : s'opposer à l'air.
 - ❖ Adapter les transports aux nouvelles manières de travailler.
 - ❖ Réduction des coûts.
 - ❖ Intégrer les transports dans une perception plus globale des moyens : exemple des villes intelligentes.



Les moyens de transport de demain

3 / 20

Les "vraies" questions à se poser

- ❖ N'est-on pas en train de rêver et de laisser libre cours à notre imagination ?
- ❖ Les technologies sont-elles matures ?
- ❖ Les standards sont-ils clairs, acceptés par l'écosystème, pour favoriser la constitution pérenne d'un écosystème ?
- ❖ Est-ce que l'espace emprunté : ciel, routes, liaisons particulières... se prêtent à l'évolution envisagée ?
- ❖ Est-ce que les logiciels sont au point : IA, modélisation ?
- ❖ Peut-on envisager un métier spécifique : programmeur, gestion des infrastructures... pour conforter l'écosystème ?
- ❖ Que penser de la sursaturation de certains espaces ?
- ❖ Est-ce que psychologiquement les usagers sont prêts à faire confiance à des technologies totalement nouvelles ?
- ❖ Peut-on mesurer les risques pris ?
- ❖ Les technologies sont-elles économiquement viables ?
- ❖ Le problème de l'alimentation est-il résolu et aura-t-on le choix ?



Pourquoi pas un véhicule atomique, avec des antennes connectées au smartphone du conducteur et un intérieur aménagé : cuisine, salle de bains, chambre, salle de lecture...

Les moyens de transport de demain

4 / 20

Les grandes familles de transporteurs



Hyperloop et les tubes
Vieux rêve de libérer les moyens de transport des contraintes physiques : frottements, inertie, gravité... Pour l'instant, ça ne marche pas...



Drones de livraison
Distributeurs de type UAV ("Unmanned Aerial Vehicles"), pour livrer des colis peu encombrants, essentiellement dans le dernier km. Contrôlés à distance et programmables. Amazon Prime Air, P1 Zips de Zipline.



Des progrès, mais pas aussi significatifs que prévus...



Véhicules autonomes
Fonctionnent indépendamment de la présence d'un conducteur. Bénéficient des technologies de capteurs et Lidar, entre autres.



AAV ("Autonomous Aerial Vehicle")
Véhicules aériens qui ne nécessitent pas d'intervention humaine. Les AAV sont basés sur des moyens de géolocalisation, de navigation inertielle (basée sur des capteurs d'accélération et de rotation) totalement autonome.



Trains Maglev
Contraction de magnétique et de lévitation. Une autre forme de transport à grande vitesse, mais pas dans un tube. Un Maglev chinois a atteint la vitesse de 453 km/h.



Hôtels volants
Des aéronefs, censés rester en permanence dans le ciel, avec des passagers à bord. L'extension du concept concernera l'espace.



Taxis volants
Petits avions commerciaux qui peuvent transporter quelques passagers sur des distances régionales. Totalement autonomes, alimentés par des batteries, peuvent aussi servir de moyens de transit.



Micromobilité
Tous les moyens de transport à vocation individuelle, faible vitesse, peu encombrants, totalement ou partiellement motorisés. Il existe déjà des e-bikes et des e-scooters.

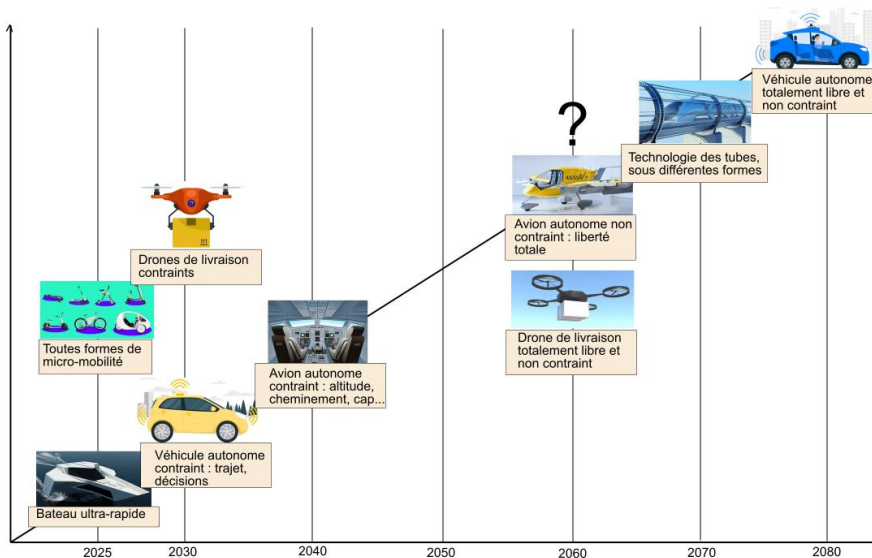


Taxis autonomes
La forme la plus avancée de moyens de transport terrestres autonomes. Leur usage n'est pas aussi libre que souhaité et plusieurs compagnies spécialisées se sont retirées...

Les moyens de transport de demain

5 / 20

Une proposition de chronologie



Les moyens de transport de demain

6 / 20

Les technologies à concevoir ou améliorer

- ❖ Dans la mesure où les véhicules du futur embarquent de plus en plus de code, les risques de pénétration et de sécurité augmentent. Il faut les protéger.
- ❖ Les infrastructures doivent être améliorées : réseaux sans-fil redondants.
- ❖ Backups dans les chaussées avec des capteurs reliés à des centrales de gestion.
 - ❖ Pour l'instant rien n'est fait hormis quelques tests sur des distances limitées.
- ❖ Capteurs dédiés à la vision et aux fonctions vitales embarquées : il y a encore de gros progrès à faire.
- ❖ Marquage intelligent des routes : les panneaux deviendront dynamiques et communiqueront directement avec les véhicules utilisateurs.
- ❖ Alimentation par la chaussée.
- ❖ Fabrication des batteries.
- ❖ Recours limité aux terres rares et métaux lourds.
- ❖ Recours aux énergies renouvelables, sans "a priori" ni obligation : tout dépendra des contextes et contraintes propres à chaque moyen de transport.
- ❖ L'hydrogène peut être une solution pour certains équipements.
- ❖ Modélisation des comportements des usagers et de l'environnement.
- ❖ Algorithmique d'apprentissage en complément des moyens classiques.
- ❖ Développement d'API dédiées pour environner les solutions : le transport devient une "annexe" du TI...



Rien ne pourra se faire sans une réglementation rigoureuse, partagée par tous les acteurs et des standards clairs. On est très loin du compte.



Le rôle global de l'Intelligence Artificielle

- ❖ L'IA va jouer un triple rôle :
- ❖ Ce sont des algorithmes qui vont "réceptionner" les données issues des capteurs, qu'ils traiteront dans une première phase : valeurs anormales, filtres...
- ❖ Ils vont effectuer des analyses sur la base de modèles validés, pour faire ressortir des tendances, des risques...
- ❖ Dans un 2^{ème} temps, ils vont se substituer à certaines tâches humaines, dont le pilotage et la prise de décisions.
- ❖ Mais il n'y aura pas de "prise de pouvoir"
- ❖ Dans un horizon prévisible...



Modélisation des incidents et répercussions sur les conditions de circulation



Régulation du trafic et gestion des parkings



Lecture automatique des plaques d'immatriculation, associée à la gestion des parkings ou trafic autoroutier



Analyse temps réel du comportement des automobilistes : conditions évolutives des assurances...



Analyse du trafic



Gestion des avions taxis (drones)



Analyse big data temps réel des données issues des capteurs de circulation



Prédiction des retards dans les zones aéroportuaires à trafic élevé

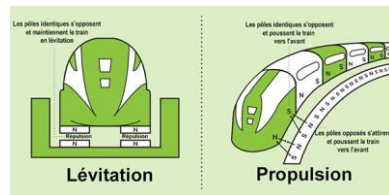


Analyse temps réel des données issues des capteurs disséminés dans les véhicules

Le transport en "tube" : échec

Pour l'instant...

- ❖ L'idée n'est pas nouvelle.
- ❖ Se libérer de la résistance de l'air, des frottements, de l'inertie...
- ❖ Elon Musk a présenté le concept d'Hyperloop en 2012.
- ❖ Des capsules ou "pods" circulent dans des tubes à basse pression, à des vitesses qui peuvent être supersoniques.
- ❖ Les "pods" sont propulsés par un système de lévitation magnétique, qui élimine la résistance de l'air et s'oppose à la gravité, en lui opposant des champs magnétiques.
- ❖ Le tube de propulsion est bardé d'électro-aimants de très grande puissance.
- ❖ Une piste a été construite dans le Nevada... mais l'Hyperloop ne dépassera pas les 160 km/h.
- ❖ Le système n'est pas stable : il est finalement abandonné.
- ❖ D'autres projets poursuivent sur la même voie, européens, mais la question est toujours posée (après 10 ans) de la faisabilité technique du concept.



Les moyens de transport de demain

9 / 20

Les véhicules volants et la réglementation

(UAM : Urban Air Mobility)

- ❖ En principe, autonomes et électriques sur de courtes distances, dans des zones urbaines.
- ❖ Englobent différentes technologies : taxis volants, drones de livraison et toute autre forme de transport aérien.
- ❖ eVTOL ("Electric Vertical Takeoff and Landing") : décollage et atterrissage verticaux, dans un "vertiport", 2 fois moins encombrant qu'un hélicoptère.
- ❖ Les applications potentielles sont très nombreuses, mais l'autonomie pose un problème de confiance : tout dépend du degré de liberté qui leur est accordé.
- ❖ Les grandes compagnies ont lancé des projets, tous avec le même objectif, autonomie, pas de pilote, une douzaine de passagers) :
 - ❖ Delta Airlines (avec Joby Aviation), American Airlines (avec Vertical Aerospace, UK) et United Airlines pour la technologie eVTOL
 - ❖ Airbus (Vahana) et Boeing ont leur propre projets
- ❖ Pilotage : algorithme ou être humain
 - ❖ L'algorithme est envisageable à condition de savoir modéliser l'environnement
 - ❖ Il y a moins de risques à laisser les algorithmes piloter un avion que de confier cette tâche à un être humain
- ❖ De nombreux constructeurs ou prestataires se sont lancés dans l'aventure :
 - ❖ Uber
 - ❖ Rolls-Royce
 - ❖ Porsche
 - ❖ Aston Martin (The Volante Vision Concept)
 - ❖ Kitty Hawk (Larry Page est l'un des fondateurs)
 - ❖ Toyota
 - ❖ Aeromobil (compagnie suédoise)



Compte tenu des contraintes, cela ne peut fonctionner qu'avec des règles précises : chemin établi à l'avance pour les livraisons (pas de liberté), un pilote en surveillance pour les taxis, respect rigoureux des réglementations, etc.

Les moyens de transport de demain

10 / 20

Drones : une double approche

Le drone est un aéronef comme un autre

- ❖ Deux solutions :
 - ❖ On achète un kit clé en main, qu'il suffit d'activer : matériel et logiciel de commande, que l'on se contente de paramétrer.
 - ❖ On achète un drone que l'on va programmer en fonction d'une mission précise.
- ❖ Les drones constituent un danger potentiel grave : choc des objets.
- ❖ La réglementation diffère selon les pays. L'espace est partagé entre les tous les aéronefs et les usagers doivent en respecter les contraintes.
- ❖ On distingue les vols automatisés des vols autonomes.
 - ❖ En France, les vols libres (autonomes) sont interdits, comme au Canada.
 - ❖ Seuls des vols automatisés très limités en distance et altitude sont possibles : vue, portée de 100 m, altitude de 150 m (uniquement pour des zones hors contraintes).
- ❖ Le concept de vol intelligent :
 - ❖ Des fonctions de complément à la programmation et vols, qui peuvent s'avérer utiles en fonction des circonstances.
 - ❖ Retour au point de départ sans intervention (ex : perte de contact des radiocommandes).
 - ❖ Mode "follow me" : pour suivre de manière automatique le pilote qui émet les commandes.
 - ❖ Certains drones sont équipés d'outils pour sélectionner et suivre des personnes précises.



Drones : les connaissances à acquérir

- ❖ Un drone professionnel doit comporter un système de navigation, des caméras et des capteurs dédiés pour éviter les obstacles et une logique de traitement, susceptible d'effectuer des calculs temps réel en fonction de l'évolution de l'environnement.
- ❖ Les connaissances à acquérir :
 - ❖ Réglementation.
 - ❖ Principes de météo.
 - ❖ Positionnement.
 - ❖ Gestion des commandes, avec ou sans assistance.
 - ❖ Décollage et atterrissage.
 - ❖ Roulis, tangage, lacet.
 - ❖ Caps magnétiques et géographiques.
 - ❖ Effets du vent (dérive).
 - ❖ Vol sur une route balisée (radionavigation).
- ❖ Pas très différentes de celles d'un pilote classique (hors connaissance machine).



Les bateaux volants

Pourquoi pas...



- ❖ Hydroptères.
- ❖ Reposent sur des technologies hydrodynamiques qui permettent de naviguer au-dessus de l'eau. Exploitent des "foils", des ailerons immergés.
- ❖ Les "foils" produisent une force ascensionnelle, qui soulève le bateau au-dessus de l'eau : moins de frottements et plus de vitesse.

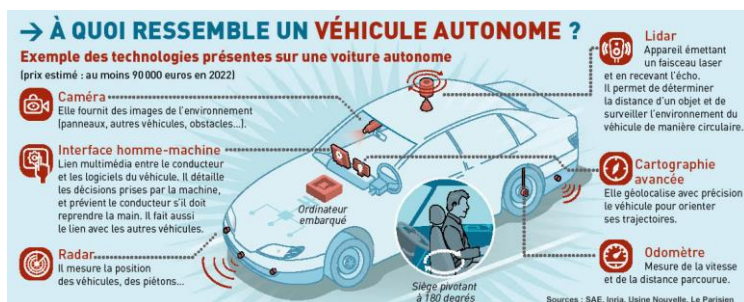
La voiture autonome

Au royaume de l'inutile...



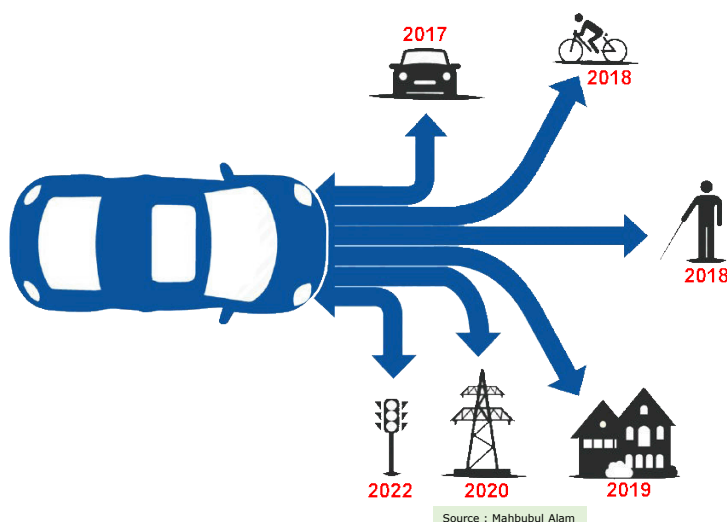
- ❖ Il faudra qu'on nous explique un jour à quoi sert un tel véhicule.
- ❖ Malgré le prosélytisme effréné des constructeurs, ce n'est pas une réussite.
- ❖ Cinq raisons :
 - ❖ Les problèmes techniques, surtout du côté des applications qui doivent être à la fois rapides et fondées sur des modèles, que l'on a bien du mal à mettre au point. Avec ou sans intelligence artificielle.
 - ❖ Les standards V2X qui tardent à arriver, sans lesquels il est impossible de coordonner quoi que ce soit.
 - ❖ Les routes qui doivent être intelligentes et truffées de capteurs pour communiquer avec les véhicules, voire pour palier à l'indisponibilité temporaire des réseaux sans fil à très haute vitesse. Sans oublier la qualité très variable des chaussées, qui pourront dans un même trajet, passer de l'autoroute à la petite route à deux voies, au bitume enfoncé et encadré d'arbres menaçants.
 - ❖ Des conditions météo et de circulation changeantes, peu compatibles avec ces petites "merveilles".
 - ❖ L'absence de besoin clairement exprimé, la grande majorité des futurs "clients" étant opposés au concept, qui les privent de l'un de leurs jouets favoris, à savoir insulter les autres automobilistes.

Les 6 niveaux d'autonomie



- ❖ **Niveau 0** : La conduite est à la charge du conducteur. Ce qui n'empêche pas quelques aides ponctuelles, alertes de proximité d'un obstacle, freinage... Ce n'est pas une conduite autonome.
- ❖ **Niveau 1** : Assistance limitée à la conduite : régulateur de vitesse en fonction de l'environnement, repérage des obstacles, ABS, une certaine autonomie qui n'exclue pas la vigilance.
- ❖ **Niveau 2** : Les manœuvres importantes sont déléguées au système. Aide au stationnement, une première approche à la prise en compte de l'environnement sur les routes aménagées (autoroutes...).
- ❖ **Niveau 3** : Le système contrôle les phases essentielles de la conduite, mais nécessite des routes intelligentes : distances de sécurité, vitesses, freinage, détection des obstacles... Le conducteur garde la main sur les opérations, s'il le souhaite...
- ❖ **Niveau 4** : Tout est contrôlé par le système. C'est le début d'une véritable autonomie, qui nécessite des routes intelligentes et la mise en œuvre des protocoles. C'est sans doute ce qui pourrait arriver.
- ❖ **Niveau 5** : Tout est contrôlé par le système, sans nécessiter de routes intelligentes. Beaucoup plus difficile à obtenir.

Les protocoles V2X



- ❖ **V2V : Vehicle-to-Vehicle**. Utilise le protocole DSRC (Dedicated Short Range Communications) pour les communications à courte et moyenne distance, avec l'environnement.
- ❖ **V2D : Vehicle-to-Device**. Essentiellement pour les communications entre le véhicule et des équipements électroniques "alentour" (dont ceux portés par les personnes).
- ❖ **V2P : Vehicle-to-Pedestrian**. Protection des piétons.
- ❖ **V2H : Vehicle-to-Home**. Participation à l'alimentation électrique d'un domicile par un véhicule. En pratique inutilisé.
- ❖ **V2G : Vehicle-to-Grid**. Contrôle des liens entre les véhicules et les sources ("grilles") d'alimentation externe.
- ❖ **V2I : Vehicle-to-Infrastructure**. Alertes les véhicules de la présence et de l'évolution des feux de croisement (lumières), des embouteillages (congestion), des conditions instantanées du réseau routier... L'idéal, mais pas pour demain...

On est encore loin du but (l'exemple de Tesla)



Les chiffres sont à manier avec précautions, car tous les fabricants ne communiquent pas de la même manière

- ❖ En 1 an, de juillet 2021 à juin 2022, la NHTSA ("National Highway Traffic Safety Administration" a recensé 392 accidents mettant en cause l'autonomie des véhicules, dont 70 % imputés à Tesla (273 accidents).
- ❖ A comparer aux 42 915 accidents enregistrés dans le même temps, toutes causes confondues.
- ❖ Autopilot de Tesla est un système de niveau 1, qui permet de prendre le contrôle physique du véhicule électrique dans certaines conditions.
- ❖ Contrairement à ce que dit Elon Musk, Autopilot n'est pas "unequivocally safer"...

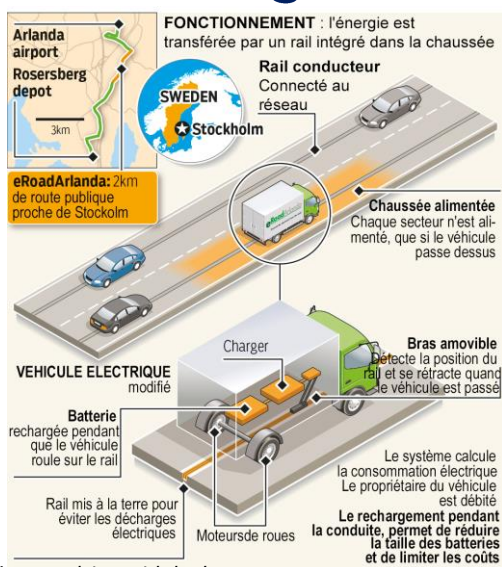
- ❖ Plus une démonstration de capacité à faire... que réel besoin.
- ❖ Coûts élevés.
- ❖ Dépendance technologique.
- ❖ Pertes d'emplois.
- ❖ Sécurité routière contestée.
- ❖ Problèmes éthiques.
- ❖ Non respect des données privées.
- ❖ Imbroglio des responsabilités légales.
- ❖ Non respect des contraintes écologiques, du fait des composants de batteries et autres éléments des véhicules.

Les moyens de transport de demain

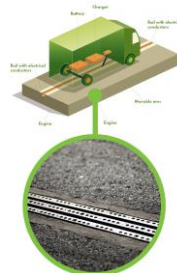
17 / 20

Pas de véhicules autonomes sans routes intelligentes ?

- ❖ Les "smart cities" sont le creuset du couple routes/véhicules, l'un ne va pas sans l'autre
- ❖ C'est dans ce contexte, qu'il faut l'imaginer et vouloir l'étendre à la totalité du parc routier est une illusion... même à très long terme.
- ❖ Il y a des projets, qui préfigurent ce que l'on pourrait imaginer à la fin du siècle...
- ❖ Alimentation de l'environnement des véhicules depuis la chaussée :
 - ❖ Exploite la lumière du soleil ou les vibrations mécaniques générées par le véhicule quand il circule.
 - ❖ Pourrait être suffisant pour l'éclairage des routes et la signalisation.
- ❖ Alimentation électrique des véhicules, à partir de lignes de la chaussée spécialement aménagée. Il faut un contact (projet suédois 2018). Très prometteur, la Suède envisage d'étendre la technologie à l'ensemble du réseau routier.
- ❖ Alimentation sans contact par induction magnétique, le courant étant généré et transmis sans contact aux véhicules, par des bobines placées sous le revêtement : c'est le même principe que pour l'alimentation des smartphones, brosses à dents électriques, etc.
- ❖ Plusieurs projets : groupe Stellantis en Italie, Allemagne, projet espagnol Premium PSU, etc



Les moyens de transport de demain



18 / 20

Les moyens de transport individuels



- ❖ Dans le cadre professionnel courant, les besoins de transport ne seront plus aussi exigeants en termes de distances :
 - ❖ A l'intérieur d'une ville, d'un immeuble (Singapour)
 - ❖ A proximité de moyens de "coworking" en télétravail
- ❖ Développement de solutions individuelles adaptées :
 - ❖ Trotinettes électriques
 - ❖ Planches électriques
 - ❖ Vélos électriques
 - ❖ "Hoverboard"
 - ❖ Gyroroues

Les moyens de transport de demain

19 / 20

Les moyens de transport du futur

15 Mars 2024

Nos prochains webinaires

29 mars 2024 :	CD/CI, l'intégration continue
19 avril 2024 :	Une nouvelle composante du TI : capteurs et IoT
3 mai 2024 :	Le monde glaçant du "deep web"
17 mai 2024 :	Comprendre les consensus de la Blockchain
31 mai 2024 :	IBN : La programmation du comportement des réseaux
14 juin 2024 :	L'impossible protection des données personnelles
28 juin 2024 :	Au cœur des technologies LLM et transformers
13 septembre 2024 :	Nomophobie : un pied chez les fous
11 octobre 2024 :	Le monde nouveau de l'argent

claud@lemarson.com
<https://www.lemarson.com>

20 / 20

Les moyens de transport de demain