

Où va l'empire Musk ?

Une nouvelle acrobatie au service de la démesure

OCTOBRE 2026

PLANETARY LAB · RAPPORT DE RECHERCHE

THÉMATIQUE · IA & QUANTUM

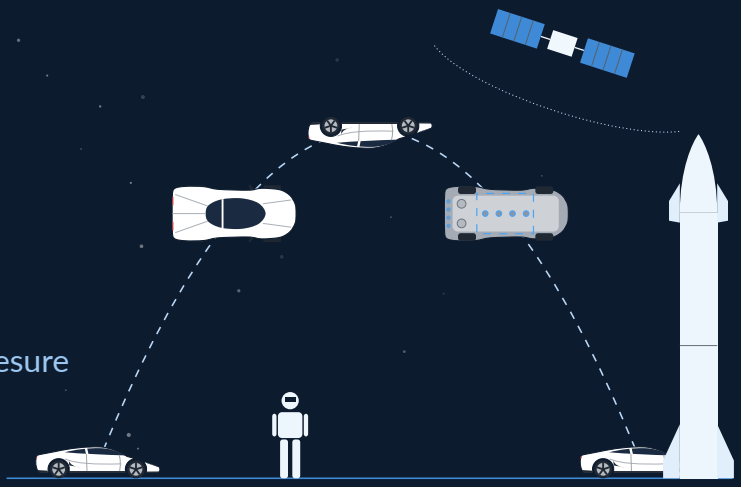
Biosphere Economics
Becoming planetary

UNE PRODUCTION DU
Planetary Lab
biosphere-economics.com/planetary-lab

BIOSPHERE ECONOMICS · PLANETARY LAB

Où va l'empire Musk ?

Une nouvelle acrobatie au service de la démesure



Jean-Pierre Goux

Biosphere Economics · octobre 2026

RÉSUMÉ

Le 15 octobre 2026, Tesla a présenté son nouveau Roadster « volant » sur un site d'essais de SpaceX, au Texas. Propulsée par de l'air comprimé, la voiture a sauté par-dessus cinq véhicules en faisant un tonneau, et les images ont fait le tour du monde. Au-delà de la voiture, cette nouvelle acrobatie d'Elon Musk, l'une des figures qui façonnent l'ère planétaire, pose une question : où va son empire ?

Les entreprises de Musk restent distinctes, mais elles se rapprochent autour de lui. SpaceX, l'entreprise de fusées et de satellites, a absorbé xAI, la société d'intelligence artificielle de Musk, qui avait elle-même racheté X, l'ancien Twitter. SpaceX fournit aussi à l'armée américaine des satellites et des réseaux de communication militaires. Tesla investit dans xAI et prépare avec SpaceX une usine de puces commune, et une fusion entre les deux entreprises est évoquée. L'ensemble, parti de la voiture électrique et des fusées, se tourne ainsi vers l'intelligence artificielle et la défense. Le 15 octobre a mis ce rapprochement en scène, avec une Tesla équipée de propulseurs conçus par SpaceX, devant un public fasciné.

La partie A de cet article analyse les ressorts de cette fascination et la manière dont Musk s'en sert pour bâtir son récit et son empire. Elle montre que cette acrobatie n'est que la dernière d'une longue série, des robots humanoïdes aux satellites de calcul en orbite, qui donnent à son empire une valeur presque magique. Certains de ces paris pourraient pourtant aboutir. Musk a déjà fait basculer l'industrie automobile vers l'électrique et révolutionné le transport spatial avec des fusées réutilisables, et Starlink pourrait devenir un service essentiel, dont le contrôle par un seul homme poserait alors une question de gouvernance.

Les calculs de la partie B montrent ensuite que les acrobaties du 15 octobre sont bien possibles sans trucage, mais que la voiture ne peut rester en l'air que quelques secondes. Elle ne vole donc pas, et ses acrobaties ne servent à rien sur la route. Le spectacle sert le récit d'un empire porté par la démesure, l'*hubris* des Grecs, dont la valeur repose sur des promesses et qui doit croître sans fin pour subsister, alors que l'humanité a déjà franchi la plupart des limites de la planète. Musk apparaît ainsi comme un personnage ambivalent, qui a mis son génie au service de défis planétaires et que sa croissance entraîne désormais vers la guerre et le pouvoir politique, comme Anakin Skywalker devenu Dark Vador, même si rien n'interdit un retour vers la lumière. Cette fuite en avant ramène à la question que posait le philosophe Bruno Latour, *Où atterrir ?*, pour Musk comme pour nous. Pour y répondre, l'humanité aura besoin de concertation et de planification bien plus que d'acrobaties.

Mots-clés. Elon Musk, Tesla, SpaceX, xAI, conglomérat, défense, récit, anthropologie du pouvoir, pensée magique, société du spectacle, accélération sociale, équation de Tsiolkovski.

SOMMAIRE

Introduction 3

A **L'empire Musk** 4
Les acrobaties d'un magicien opiniâtre

A.1 Le 15 octobre, une démonstration de pouvoir 5
A.2 Une voiture valorisée 850 000 dollars 8
A.3 Des promesses en retard 10
A.4 Tesla et l'intelligence artificielle 13
A.5 La nouvelle frontière : le calcul en orbite 17
A.6 SpaceX, xAI et la défense 23
A.7 Vers un conglomérat 26
A.8 Une fuite en avant 28

B **Les calculs derrière l'acrobatie** 33
Modélisation mathématique des démonstrations du 15 octobre 2026

B.1 La démonstration à l'épreuve du calcul 34
B.2 Données et hypothèses 35
B.3 Modèle physique 37
B.4 Scène 2 : décrochage et retournement 41
B.5 Scène 3 : saut avec tonneau 44
B.6 Bilan comparé 47
B.7 Vitesse de rotation et masse 49
B.8 Temps de vol et usage des acrobaties 51
B.9 Débit et dimension des tuyères 53
B.10 Limites du modèle 54

Conclusions générales 55

Annexe et sources 58

Recherche documentaire, calculs et mise en page réalisés avec l'assistance de Claude (Anthropic). Les données proviennent de la presse, des documents publiés par les entreprises et de la télémétrie affichée pendant la retransmission du 15 octobre. Elles n'ont pas été vérifiées auprès de Tesla ni de SpaceX.

Biosphere Economics et le Planetary Lab

Biosphere Economics est une société de conseil et de recherche consacrée à l'ère planétaire. Elle aide les dirigeants à décider dans un monde où l'IA, l'énergie, la géopolitique et la biosphère se transforment en même temps. Elle a été fondée par Jean-Pierre Goux, mathématicien lauréat du prix SIAM d'optimisation, ancien dirigeant de la bourse européenne de l'énergie, auteur et conférencier.

Le Planetary Lab est le pôle de recherche de Biosphere Economics. Il élabore les concepts et les modèles dont l'humanité a besoin pour comprendre l'ère planétaire et y naviguer, afin de préparer la transition vers *Homo biospheris*. Ses publications sont en accès libre, et des analyses sur mesure sont réalisées pour les entreprises, les organisations et les collectivités.

biosphere-economics.com · **contact@biosphere-economics.com**

Introduction

Le 15 octobre 2026, au Texas, un Roadster Tesla s'est élevé au-dessus de cinq véhicules, a fait un tonneau complet et s'est posé sur ses roues. La scène s'est déroulée sur un site d'essais de SpaceX, devant plus de mille invités, et elle a fait le tour du monde en quelques heures. Les images montrent une voiture qui vole. Musk les présente comme le début d'une nouvelle ère de l'automobile.

Qu'on l'apprécie ou non, Musk compte parmi les forces qui façonnent l'ère planétaire. Ses entreprises ont changé la voiture et l'accès à l'espace, elles entourent la Terre de satellites, et elles pèsent désormais sur l'intelligence artificielle et la défense. Comprendre où il conduit son empire éclaire une part de notre époque.

Les calculs de la partie B de cet article montrent que les acrobaties sont réelles, sans trucage, mais qu'aucune de ces figures n'a le moindre intérêt sur la route. La démonstration du 15 octobre n'annonce donc aucun produit réel. Elle sert en revanche la direction que Musk fait prendre à ses entreprises, et c'est là qu'il faut chercher son but.

La bourse valorise Tesla bien au-delà de ce que rapportent ses voitures, sur la foi de promesses d'intelligence artificielle et de robots. SpaceX a absorbé xAI, la société d'intelligence artificielle de Musk, puis elle est entrée en bourse en juin 2026, lors de la plus grosse introduction de l'histoire, pour une valeur supérieure à 2 000 milliards de dollars. Le Pentagone a depuis chargé Musk de réfléchir à la guerre de demain. Les entreprises de Musk restent juridiquement distinctes, mais leurs capitaux et leurs projets se mêlent, et l'ensemble se rapproche d'un conglomérat de la technologie, de l'IA et de la défense.

La partie A décrit cette évolution. Elle part du spectacle du 15 octobre et des ressorts psychologiques et anthropologiques qui le rendent efficace, puis examine la valeur boursière de Tesla et les promesses qui la soutiennent, ainsi que le rapprochement de Tesla, de SpaceX et de xAI, leur nouvelle promesse de calcul en orbite et leur virage vers la défense. Elle montre que cette acrobatie n'est que la dernière d'une série, des robots humanoïdes aux satellites de calcul en orbite, et se termine sur la croissance sans fin qui pousse l'ensemble. La partie B examine la démonstration du 15 octobre elle-même. Elle calcule ce que coûte chaque acrobatie en air comprimé et le temps que la voiture peut passer en l'air. Une seule acrobatie vide presque tout le réservoir, et la voiture ne tient pas en l'air plus de quelques secondes. Malgré ce qu'ont affirmé de nombreux messages sur les réseaux sociaux, Musk n'a donc pas inventé la voiture volante.

Les Grecs appelaient cette croissance sans fin l'*hubris*, la démesure, et Némésis finissait par rattraper ceux qui franchissaient la mesure. Le philosophe Bruno Latour posait en 2017 une question qui s'applique ici : *Où atterrir ?*[1] Elle vaut pour Musk, tenu de croître toujours plus vite pour entretenir sa valeur boursière, et elle vaut pour une humanité entraînée dans la même accélération sur une planète dont elle a déjà franchi la plupart des limites. Pour y répondre, il faudra de la concertation et de la planification bien plus que des acrobaties.

[1] Bruno Latour, *Où atterrir ? Comment s'orienter en politique*, La Découverte, 2017.

PARTIE A

L'empire Musk

Les acrobaties d'un magicien opiniâtre

A . 1

Le 15 octobre, une démonstration de pouvoir

Le 15 octobre 2026, Tesla a présenté la nouvelle génération du Roadster sur le site d'essais de SpaceX à McGregor, au Texas. Plus de mille invités assistaient aux acrobaties, et le direct passait par X, le réseau social de Musk. Les propulseurs à air comprimé de la voiture ont été développés avec SpaceX, et Musk a présenté le projet comme l'association de « la meilleure entreprise automobile du monde » et de « la meilleure entreprise de fusées du monde »[2]. La date tombait la semaine où les constructeurs du monde entier présentaient leurs nouveautés au Mondial de l'automobile de Paris. Ces voitures n'étaient faites que pour rouler, et c'est une voiture hors du salon et présentée comme volante qui a retenu l'attention. La scène est devenue un mème planétaire : les détournements ont envahi les réseaux sociaux, et des sites proposent déjà de faire « voler » sa propre voiture grâce à l'IA[3]. Ces acrobaties n'annoncent pourtant aucune nouvelle génération de véhicules routiers. La version capable de les exécuter n'a pas le droit de rouler sur la voie publique, et l'aviation civile américaine (FAA) ne la considère pas comme un aéronef[4]. Ce n'est donc légalement ni une voiture de route ni un engin volant, et le but de cette mise en scène est à chercher ailleurs.

A.1.1 La mise en scène du pouvoir

L'anthropologue Georges Balandier a montré que le pouvoir ne tient ni par la seule force ni par la seule raison. Il existe aussi par les images qu'il produit et par les cérémonies où il les ordonne. « Tout système de pouvoir est un dispositif destiné à produire des effets », écrit-il en 1980[5]. Le 15 octobre, le décor est un site de fusées, la retransmission passe par un canal qui appartient à l'orateur, et les acrobaties s'enchaînent dans un ordre réglé jusqu'au tonneau final.

Musk a expliqué lui-même le rôle des invités : « il nous faut un public pour prouver que ce n'est ni de l'IA ni de la SI », la super intelligence[6]. L'anthropologue James George Frazer décrivait au début du XXe siècle un « magicien public » dont l'autorité naît d'une démonstration réussie devant témoins, et qui peut s'élever ainsi jusqu'au rang de chef[7]. Les mille invités du 15 octobre tiennent la place de ces témoins, et des millions de spectateurs les relaient. Musk n'a jamais dit s'inspirer de ces travaux. Il a en revanche fait sienne une formule qu'il a souvent publiée sur X : « le dénouement le plus divertissant est le plus probable »[8]. Frazer laissait ouverte la question de l'intention. Selon lui, le magicien est souvent un « trompeur plus ou moins conscient », mais

[2] CBS News et *Inc.*, 16 octobre 2026. Original : « the world's best car company and the world's best rocket company ».

[3] *Twitchy*, 16 et 17 octobre 2026 ; *OneIndia*, octobre 2026 ; flyingcar.fun, consulté le 20 octobre 2026.

[4] *Fortune*, 17 octobre 2026, d'après CBS News et *Politico*.

[5] Georges Balandier, *Le Pouvoir sur scènes*, Balland, 1980, chapitre 1, lu dans une traduction espagnole ; citation retraduite.

[6] Propos tenus sur scène, rapportés par *Engadget*, 15 octobre 2026. Original : « We need an audience to prove that it's not AI or SI ».

[7] James George Frazer, *The Golden Bough*, édition abrégée, Macmillan, 1922, chapitres 5 et 6, texte anglais lu en ligne. Les thèses évolutionnistes de Frazer sont aujourd'hui largement rejetées ; seule sa description du magicien public est reprise ici.

[8] Formule publiée à plusieurs reprises par Musk sur X, notamment en 2022, d'après Matt Levine, Bloomberg, 24 octobre 2022 ; date de la première publication non vérifiée. Original : « The most entertaining outcome is the most likely ».

il est aussi souvent « sincèrement convaincu » de ses pouvoirs[9]. Nul ne sait si Musk calcule ses effets, et la mise en scène produit les siens dans les deux cas.

A.1.2 L'annonce d'un rapprochement

Frazer décrit aussi une « loi de contact ». Dans la pensée magique, un objet qui a touché une personne ou une chose garde un lien avec elle et emporte une part de ses qualités. Le sorcier croit ainsi pouvoir agir sur quelqu'un à travers ses cheveux ou ses vêtements[10]. Le Roadster a été conçu avec SpaceX et présenté sur un site de lancement, avec des propulseurs issus de la technique des fusées. Aux yeux du public, il a touché la fusée et en garde le prestige. Ce contact remonte à février 2018, quand la première fusée Falcon Heavy a emporté dans l'espace le Roadster rouge personnel de Musk, un modèle de première génération, avec un mannequin en scaphandre au volant. En octobre 2026, une voiture de Tesla emprunte à SpaceX le prestige des fusées, et ce prestige rejaillit sur Tesla au moment où une fusion des deux entreprises est évoquée. Bloomberg a titré sur un lancement du Roadster « sur un site de SpaceX, dernier signe en date d'une fusion », et CNBC sur une voiture « développée avec SpaceX, qui alimente les spéculations de fusion »[11].

A.1.3 Le spectacle et la fascination

En 1957, Roland Barthes consacrait un texte de ses *Mythologies* à la Citroën DS, présentée au Salon de Paris en 1955. Il y voyait un objet « consommé dans son image, sinon dans son usage, par un peuple entier », et notait que la DS « tombe manifestement du ciel »[12]. Elle est aussi la voiture du pouvoir. Le 22 août 1962, au Petit-Clamart, la DS du général de Gaulle, touchée par quatorze balles et roulant sur deux pneus crevés, lui permet d'échapper à un attentat. La légende attribue ce sauvetage à sa suspension hydropneumatique, sans que le rôle de celle-ci soit établi[13]. Trois ans plus tard, le cinéma la fait voler. Dans *Fantômas se déchaîne*, d'André Hunebelle, sorti en 1965, le criminel joué par Jean Marais échappe au commissaire Juve, joué par Louis de Funès, à bord d'une DS dont les ailes se déploient au moment du décollage. Le film a attiré plus de 4 millions de spectateurs en France, et la saga des trois *Fantômas* environ 12 millions[14]. L'image de la DS volante est restée, au point qu'en 2023 la marque DS en a dessiné une « réinterprétation moderne » pour une exposition du musée national de l'Automobile de Mulhouse[15]. Le Roadster de 2026 rejoue la scène avec une vraie voiture et de vrais propulseurs, et il est consommé de la même façon : son image a fait le tour du monde, et personne ne pourra le conduire avant 2028.

Guy Debord définissait le spectacle comme « un rapport social entre des personnes, médiatisé par des images »[16]. Les images du 15 octobre associent la voiture à Musk, qui présente lui-même les acrobaties sur scène.

[9] Frazer, *op. cit.*, chapitre 3, section 4, « The Magician's Progress ». Originaux : « more or less conscious deceivers » ; « he is often sincerely convinced ».

[10] Frazer, *op. cit.*, chapitre 3, « Sympathetic Magic », section « Contagious Magic ».

[11] Bloomberg, « Tesla Launches Roadster at SpaceX Site in Latest Merger Hint », 15 octobre 2026 ; CNBC, « Tesla unveils long-delayed Roadster developed with SpaceX, fueling merger speculation », 15 octobre 2026.

[12] Roland Barthes, « La nouvelle Citroën », *Mythologies*, Seuil, 1957, extrait lu.

[13] *Caradisiac*, « La DS de l'attentat du Petit-Clamart : la tragédie évitée qui l'a immortalisée ».

[14] Wikipédia, « Fantômas se déchaîne » ; *Ciné Série*, 10 avril 2024, d'après Box-office Story.

[15] *L'argus*, 5 avril 2023.

[16] Guy Debord, *La Société du spectacle*, Buchet-Chastel, 1967, thèse 4.

L'anthropologue Alfred Gell a montré que la virtuosité technique captive celui qui ignore comment l'objet a été fait, et qu'elle donne un pouvoir social à celui qui la maîtrise[17]. L'écrivain Arthur C. Clarke l'avait résumé en 1968 : « toute technologie suffisamment avancée est indiscernable de la magie »[18]. Le spectateur voit une voiture voler sans comprendre comment. Les calculs de la partie B dévoilent le tour : les acrobaties sont réelles, mais une seule d'entre elles vide presque tout le réservoir d'air, et la voiture ne peut pas rester en l'air plus de quelques secondes.

Six minutes après le tonneau réussi, la page de réservation ouvrait : 50 000 dollars pour une version, 250 000 pour une autre, sans prix final[19]. Tesla n'a publié aucun chiffre de réservations. Demander de telles sommes pour une voiture sans prix suppose pourtant une confiance acquise d'avance, et c'est cette confiance que la magie produit.

Sur le terrain d'essais de SpaceX, Musk a ainsi mis en scène sa puissance et le rapprochement de ses entreprises. Le public fasciné a vu une voiture voler, sans voir le dispositif dont il faisait lui-même partie. En partageant la scène et en la détournant, chaque spectateur servait un récit qui dépasse de loin la voiture, celui d'un empire en formation.

[17] Alfred Gell, « The Technology of Enchantment and the Enchantment of Technology », dans J. Coote et A. Shelton (dir.), *Anthropology, Art and Aesthetics*, Clarendon Press, 1992, cité d'après des extraits de seconde main.

[18] Arthur C. Clarke, lettre à *Science*, 159(3812), 19 janvier 1968, d'après des sources secondaires. Original : « Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic ».

[19] *Fortune*, 17 octobre 2026.

A . 2

Une voiture valorisée 850 000 dollars

Le 16 octobre 2026, la bourse valorisait Tesla à environ 1 400 milliards de dollars. L'entreprise avait livré 1,64 million de voitures en 2025. Si toute cette valeur venait des voitures, chacune vaudrait environ 850 000 dollars. La bourse valorise les autres constructeurs entre 4 000 et 25 000 dollars par voiture vendue (tableau 1).

Tableau 1. Valeur boursière par voiture vendue : capitalisation d'octobre 2026 divisée par les ventes de 2025.

Constructeur	Capitalisation (Md$)	Ventes 2025 (millions)	Valeur par voiture ($)
Tesla	1 400	1,64	**855 000**
BYD	114	4,6	24 800
Toyota (groupe)	229	11,3	20 200
BMW (groupe)	38	2,46	15 600
Volkswagen (groupe)	39	8,98	4 300

Sources : capitalisations d'après *The Motley Fool* (Tesla, 16 octobre 2026) et companiesmarketcap.com (octobre 2026) ; ventes d'après Tesla, BYD (Bloomberg, 1er janvier 2026), Toyota et Volkswagen (*AutoIndustriya*, janvier 2026) et BMW (communiqué du groupe, janvier 2026).

Une Tesla vaut ainsi en bourse 35 fois une BYD, 42 fois une Toyota et 200 fois une Volkswagen. Cet écart traduit en dollars la pensée magique décrite plus haut. Pour Frazer, un objet qui a touché une chose puissante en emporte les qualités, et pour Gell, la virtuosité technique donne un pouvoir à celui qui la maîtrise. Une Tesla a touché la fusée, l'intelligence artificielle et le robot, et la bourse lui prête une valeur quarante fois plus grande que celle d'une Toyota. Aucune différence de qualité entre les deux voitures ne suffit à expliquer un tel ratio, même si la part de la croyance ne se mesure pas directement. Si l'on valorisait Tesla comme les autres constructeurs, son activité automobile vaudrait entre 40 et 180 milliards de dollars selon la méthode retenue[20]. Le reste, entre 87 et 97 % de la valeur de l'entreprise, repose sur des activités qui n'existent pas encore à grande échelle : les robotaxis, les robots humanoïdes et l'intelligence artificielle. Ces activités relèvent elles-mêmes de la promesse. Des démonstrations comme celle du 15 octobre les rendent crédibles, alors même que ces prouesses sont sans cesse repoussées, comme le montre la section suivante.

Cet écart ne retire rien à la réussite industrielle de Tesla. L'entreprise a fait de la voiture électrique un objet désirable et l'a produite en masse. Son Model Y a été en 2023 la voiture la plus vendue au monde, toutes motorisations confondues, une première pour une voiture électrique, et il reste parmi les plus vendues[21].

Tesla a livré 1,81 million de voitures en 2023 et 1,64 million en 2025, et BYD l'a dépassée cette dernière année avec 2,26 millions de voitures entièrement électriques[22]. Entre la fin de 2023 et la fin de 2025, le bénéfice net de Tesla a été divisé par quatre, et sa valeur boursière a presque

[20] Valeur de l'activité automobile calculée au prix par véhicule de BYD, au multiple de bénéfices de Toyota et d'après Morgan Stanley (*TheStreet*, 25 avril 2026).

[21] JATO Dynamics, janvier 2024 ; pour 2024 et 2025, *Jalopnik* et Focus2Move, d'après lesquels le Toyota RAV4 l'a dépassé.

[22] CnEVPost, 4 février 2026.

doublé[23]. Tesla est donc tenue de produire du spectacle. Sans nouvelles promesses, sa valeur ne reposerait plus que sur ses voitures, soit entre 40 et 180 milliards de dollars au lieu de 1 400. Le cours de bourse serait alors divisé par un facteur compris entre 8 et 35, et c'est cette chute que Musk et ses actionnaires redoutent.

[23]Calculs d'après stockanalysis.com et les rapports annuels de Tesla ; J.-P. Goux, *Le contrôle du récit planétaire*, Planetary Lab, à paraître.

A . 3

Des promesses en retard

Musk tient une partie de ses promesses industrielles, mais le retard est la règle. Sur un relevé de 41 promesses formulées par lui et par ses entreprises entre 2008 et 2026, celles qui ont été tenues l'ont été en général après environ deux fois le délai annoncé[24]. Ces retards portent pourtant sur des projets que peu d'industriels osent entreprendre. En 2025, SpaceX a réalisé 165 des 320 lancements orbitaux du monde, et elle a récupéré 162 premiers étages pour les réutiliser. Avant 2015, aucune fusée orbitale n'avait jamais été récupérée[25].

Le Roadster. Dévoilé en 2017, il était promis pour 2020[26]. Neuf ans plus tard, aucun client ne l'a reçu, et le modèle présenté le 15 octobre remplace entièrement celui de 2017. Tesla annonce sa production pour 2028[27]. Si la règle des deux fois s'applique, les premières livraisons auraient lieu vers 2030, et le premier Roadster a pris bien plus de retard que cela. Ces livraisons concerneront de toute façon des versions sans acrobaties. La version vue en vol le 15 octobre est réservée à des clients invités et n'a pas le droit de rouler sur la voie publique. Elle n'a jamais été conçue pour la route, puisque sa fonction est le spectacle.

La conduite autonome. Annoncée en 2015 pour 2017, la conduite entièrement autonome reste en 2026 un système que le conducteur doit surveiller. En avril 2019, Musk promettait un million de robotaxis pour la fin de 2020. En septembre 2026, environ 476 véhicules étaient immatriculés comme robotaxis au Texas[28]. Le Cybercab, un robotaxi sans volant ni pédales présenté en octobre 2024, devait être produit en volume dès 2026, à raison d'au moins deux millions par an. Sa production a bien commencé en avril 2026, mais le 10 octobre, seuls 319 exemplaires étaient immatriculés au Texas[29].

Le robot humanoïde Optimus. En juin 2024, devant les actionnaires de Tesla, Musk affirmait qu'Optimus porterait un jour la valeur de l'entreprise à 25 000 milliards de dollars, plus de quarante fois sa valeur de l'époque et plus de la moitié de celle des 500 premières entreprises américaines réunies[30]. Tesla n'a publié aucun chiffre de production d'Optimus. En janvier 2025, Musk annonçait environ 10 000 robots pour l'année, et ce chiffre n'a pas été atteint. Selon une source unique, aucun robot n'a été produit en série cette année-là[31]. Rien ne montre non plus que le robot fonctionne seul. En octobre 2024, lors de l'événement « We, Robot », des Optimus servaient des boissons en étant en partie pilotés à distance par des employés, et en janvier 2026, Musk reconnaissait qu'aucun Optimus ne faisait de travail utile dans les usines de Tesla[32]. Le même mois, il annonçait la fin des Model S et X pour installer à leur place, à Fremont, une ligne

[24] Relevé de 41 promesses de Musk et de ses entreprises formulées de 2008 à 2026 ; J.-P. Goux, *Le contrôle du récit planétaire*, Planetary Lab, à paraître.

[25] *Jalopnik* et *Space.com*, janvier 2026. Le premier atterrissage d'un premier étage de Falcon 9 date du 21 décembre 2015.

[26] Reuters, 15 octobre 2026, repris par *Zawya*.

[27] *Jalopnik*, 15 octobre 2026.

[28] Liste des prédictions de Musk sur la conduite autonome, Wikipédia, consultée en octobre 2026 ; The Charge Port, suivi des robotaxis, 21 septembre 2026.

[29] Wikipédia, « Tesla Cybercab », consultée le 20 octobre 2026 ; *Quartz*, 24 avril 2026.

[30] CNBC, 13 juin 2024 ; *InsideEVs*, 14 juin 2024. Tesla valait alors environ 580 milliards de dollars ; rapport calculé.

[31] *PacketNebula*, 28 juillet 2026 ; *Electrek*, 22 avril 2026.

[32] *Electrek*, 28 janvier 2026.

capable de produire jusqu'à un million de robots par an[33]. Ces deux modèles ne se vendaient plus qu'à environ 30 000 exemplaires par an, sur une ligne prévue pour 100 000[34]. La fermeture d'une ligne sous-utilisée devient ainsi, dans le récit, une conversion vers le robot. En juillet 2026, les lignes d'Optimus étaient en cours d'installation, et la troisième génération du robot n'avait toujours pas été montrée[35].

Le marché visé reste petit. Au premier semestre 2026, environ 19 100 robots humanoïdes de toutes marques ont été livrés dans le monde, à plus de 97 % par des fabricants chinois, dont 8 400 par AgiBot et 5 900 par Unitree[36]. La seule ligne de Fremont est dimensionnée pour environ vingt-cinq fois ce marché mondial, et le plan de rémunération de Musk lui fixe la livraison d'un million de robots.

La croissance des ventes. En janvier 2021, Tesla annonçait une hausse de ses livraisons de 50 % par an pendant plusieurs années. En octobre 2023, Musk reconnaissait qu'« il n'est pas possible d'avoir une croissance composée de 50 % pour toujours, sinon on dépasserait la masse de l'univers connu ». L'objectif a disparu des perspectives de Tesla en janvier 2024[37].

Starship. En septembre 2016, Musk présentait la fusée destinée à emmener des humains sur Mars, alors appelée Interplanetary Transport System et devenue Starship. Fin septembre 2019, il espérait la placer en orbite dans les six mois. Son premier vol orbital a eu lieu le 28 septembre 2026, sept ans plus tard[38]. Starship est aussi la plus grande fusée jamais construite, et depuis octobre 2024, la tour de lancement rattrape son premier étage à son retour.

Mars. Chez SpaceX, Musk annonçait en 2016 le premier équipage sur Mars pour 2024. En 2025, il le situait entre 2029 et 2031. Depuis douze ans, l'échéance se tient entre quatre et huit ans devant la date de l'annonce (figure 1), et en février 2026 SpaceX a donné la priorité à la Lune[39].

Ces retards n'entament pas la confiance des actionnaires. Treize mois après l'événement « We, Robot » d'octobre 2024, plus de 75 % des voix des actionnaires de Tesla ont approuvé un plan de rémunération qui fixe à Musk, parmi d'autres objectifs, un million de robotaxis en service commercial et dix millions d'abonnements actifs à la conduite autonome[40]. Les actionnaires récompensent une promesse plus grande au lieu de sanctionner celle qui n'a pas été tenue. Ils parient aussi sur l'opiniâtreté de Musk, que ses partisans résument par un adage : « ne jamais parier contre Elon »[41]. Une partie de ses promesses a fini par se réaliser, avec retard, alors que peu d'industriels se fixaient de tels objectifs. Ces promesses démesurées font partie de sa méthode : elles mobilisent ses ingénieurs et ses investisseurs, et sans elles, SpaceX et Tesla n'auraient sans doute pas existé sous leur forme actuelle. Cette magie agit aussi à l'intérieur de ses entreprises. Ses objectifs démesurés ont poussé ses ingénieurs à des prouesses que d'autres jugeaient hors de

[33] KTVU, d'après CNBC, 29 janvier 2026.

[34] *Electrek*, 22 avril 2026.

[35] *PacketNebula*, 28 juillet 2026, d'après la conférence de résultats de Tesla du 22 juillet 2026.

[36] TechNode, 11 août 2026, d'après IT Home.

[37] *The Motley Fool*, 5 février 2021 ; Bloomberg, repris par *Advisor Perspectives*, 28 janvier 2024 ; *Electrek*, 24 janvier 2024. Original : « It's not possible to have a compound growth rate of 50% forever, or you will exceed the mass of the known universe. »

[38] *Engadget*, 29 septembre 2019 ; *NASASpaceFlight* et *Space.com*, 28 septembre 2026.

[39] Déclarations de Musk rapportées par *Universe Today* (2014), *Al Jazeera* (2025), *Verdict* (2025), *Wccftech* (2025) et Fox 7 Austin, 9 février 2026.

[40] *Al Jazeera*, 6 novembre 2025 ; « 2025 CEO Performance Award », pièce 10.2 du formulaire 8-K de Tesla, SEC, septembre 2025.

[41] Adage courant chez les investisseurs et sur les réseaux sociaux ; origine non établie. Original : « never bet against Elon ».

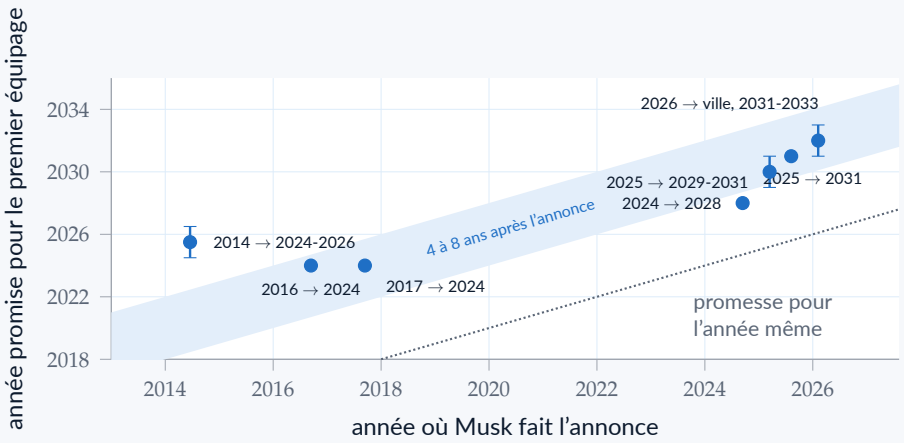


Figure 1. SpaceX et Mars : les dates promises par Musk pour le premier équipage. Chaque point est une déclaration de Musk : sa position horizontale donne l'année où il parle, sa hauteur l'année qu'il promet. Les barres donnent les fourchettes annoncées, et le dernier point concerne le début d'une ville martienne. La bande bleue montre que, depuis 2014, l'échéance se tient toujours entre quatre et huit ans devant l'annonce.

portée, comme les fusées qui reviennent se poser. Son management reste pourtant très critiqué pour sa dureté : en novembre 2022, il demandait aux salariés de Twitter de s'engager à un travail « extrêmement intense », ou de partir[42].

[42] AFP, « Hardcore Musk drives into a culture clash at Twitter », 23 novembre 2022, d'après *Gulf News*. Original : « extremely hardcore ».

A.4

Tesla et l'intelligence artificielle

Puisque 87 à 97 % de sa valeur reposent sur des activités futures, Tesla doit convaincre qu'elle est une entreprise d'intelligence artificielle. Son IA sert d'abord la conduite autonome, le Cybercab et Optimus. Elle dépend de deux choses : des puces qui font tourner les modèles dans la voiture ou le robot, et des centres de calcul qui les entraînent (figure 2).

A.4.1 Le calcul : Dojo abandonné, Cortex en service

Tesla a d'abord voulu construire son propre supercalculateur d'entraînement, Dojo, présenté en 2021. En janvier 2024, l'entreprise annonçait 500 millions de dollars pour un supercalculateur Dojo à Buffalo, dans l'État de New York. Les objectifs fixés, dont 100 exaflops en octobre 2024, n'ont jamais été atteints. En août 2025, Tesla a dissous l'équipe, et son responsable, Peter Bannon, est parti. Musk a qualifié Dojo 2 d'« impasse évolutive »[43].

La conduite autonome s'entraîne sur des processeurs graphiques achetés à Nvidia. Tesla les a regroupés dans Cortex, un centre de calcul installé à Giga Texas, qui comptait environ 50 000 processeurs H100 fin 2024 et l'équivalent de 67 000 à la mi-2025[44].

A.4.2 Les puces de Tesla

Tesla conçoit elle-même les puces qui font tourner ses modèles dans les voitures. La puce actuelle s'appelle AI4. La suivante, AI5, doit être produite en petite série en 2026 et en volume en 2027. En juillet 2025, Tesla a confié la fabrication de la génération AI6 à Samsung, pour 16,5 milliards de dollars[45].

En janvier 2026, Musk a relancé Dojo sous le nom de Dojo3, avec un autre but : « AI7/Dojo3 sera destiné au calcul IA dans l'espace »[46]. La puce reste chez Tesla, parce que c'est l'équipe de Tesla qui la conçoit, mais elle doit équiper les satellites de calcul de SpaceX décrits dans la section A.5.

A.4.3 Les liens avec xAI

xAI est la société d'IA fondée par Musk en 2023. En mars 2025, elle a absorbé X, l'ancien Twitter, puis elle a été absorbée à son tour par SpaceX en février 2026. Une entreprise de fusées n'a pas de raison évidente d'acheter un réseau social et un modèle de langage. Musk a justifié l'opération par le calcul en orbite : SpaceX lancera les satellites sur lesquels tournera l'IA de xAI (section A.5)[47]. xAI développe le modèle Grok et l'entraîne à Memphis, dans ses centres de calcul Colossus. Fin septembre 2026, selon Musk, ces centres réunissaient environ 780 000 processeurs Nvidia. Selon xAI, le premier Colossus a été construit en 122 jours, un délai sans précédent pour un centre de calcul de cette taille. Colossus 2 est le plus grand regroupement

[43] *TechCrunch*, « Tesla Dojo : the rise and fall of Elon Musk's AI supercomputer », 2 septembre 2025. Original : « an evolutionary dead end ».

[44] *Ibid.*, d'après les présentations trimestrielles de Tesla.

[45] *TechCrunch*, 2 septembre 2025 ; *Electrek*, 22 mars 2026.

[46] *TechCrunch*, 20 janvier 2026, d'après une publication de Musk sur X. Original : « AI7/Dojo3 will be for space-based AI compute ».

[47] Lettre « xAI joins SpaceX », 2 février 2026, d'après *Shacknews* ; *The Journal*, juin 2026.

de calcul pour l'IA au monde, et sa puissance électrique, d'environ un gigawatt, égale celle du plus grand site d'Amazon[48]. Une partie de cette électricité vient de turbines à gaz : en juillet 2026, Reuters en comptait 59 en service sans permis[49]. Le plus grand centre de calcul du monde tourne ainsi en grande partie au gaz (encadré ci-dessous).

COLOSSUS 1 ET 2 : D'OÙ VIENT L'ÉLECTRICITÉ ? QUELLE EST SON EMPREINTE ?

Colossus 1, à Memphis, est raccordé au réseau électrique, qui lui fournit 150 mégawatts depuis mai 2025, et 150 de plus ont été autorisés en février 2026. Quinze turbines à gaz autorisées, d'environ 250 mégawatts au total, et plus de 240 batteries Megapack prennent le relais quand le réseau, saturé, lui demande de réduire sa consommation.

Colossus 2 n'est presque pas raccordé au réseau, et l'opérateur local indique ne pas l'alimenter. Il fonctionne au gaz, grâce à une centrale installée de l'autre côté de la frontière de l'État, à Southaven, dans le Mississippi, qui doit atteindre environ 1,2 gigawatt. En attendant la centrale définitive, autorisée en mars 2026, des turbines temporaires, dont une partie sans permis, assurent l'alimentation, et un accord prévoit leur retrait vers la mi-2027.

Selon son dossier de permis, la centrale définitive pourra émettre jusqu'à environ 6,4 millions de tonnes d'équivalent CO_2 par an. Ce plafond autorisé, qui n'est pas une mesure, représente près de 2 % des émissions annuelles de la France. Pour les turbines temporaires, un expert mandaté par les plaignants estime les émissions d'oxydes d'azote à environ 5 300 tonnes par an[a].

[a] *Measured AI*, 25 juin 2026, d'après les dossiers de permis et les pièces du procès ; source unique pour les chiffres d'émissions. Wikipédia, « Colossus (data center) » ; *Mississippi Today*, 10 mars 2026 ; SELC, 2026.

Cette capacité de calcul sert peu à Grok. En mai 2026, les processeurs de xAI auraient tourné à environ 11 % de leur capacité, contre 43 à 46 % chez Meta et Google[50]. Grok représentait 3,4 % du trafic mondial des assistants conversationnels en février 2026, et les abonnements à X et à Grok ont rapporté 365 millions de dollars en 2025[51]. xAI loue donc l'essentiel de ses centres de calcul à ses concurrents. Anthropic paie 1,25 milliard de dollars par mois jusqu'en mai 2029, Google 920 millions par mois, et d'autres clients s'y ajoutent, pour un total annoncé d'environ 41 milliards de dollars par an. Tous ces contrats peuvent être résiliés avec 90 jours de préavis[52]. En 2025, xAI a perdu 6,4 milliards de dollars d'exploitation pour 3,2 milliards de chiffre d'affaires, et elle a investi 12,7 milliards[53]. Les processeurs de Musk servent surtout à ses concurrents, qui financent ainsi l'infrastructure de son empire.

Tesla est liée à xAI par plusieurs flux. Elle fournit des batteries Megapack à ses centres de calcul. Grok sert d'assistant vocal dans ses voitures, et depuis l'été 2026 il commande sur demande plus d'une centaine de fonctions du véhicule[54]. En janvier 2026, Tesla a investi 2 milliards de dollars dans xAI et signé un accord-cadre de collaboration, alors que le vote consultatif de ses actionnaires sur ce point avait été rejeté en novembre 2025, les abstentions comptant comme des votes contre. xAI a par ailleurs dit à ses investisseurs vouloir construire l'IA de robots hu-

[48] Publication de Musk sur X, 25 septembre 2026, rapportée par Bloomberg ; Epoch AI, *Frontier Data Centers*, estimations d'octobre 2026.

[49] Reuters, 14 juillet 2026, d'après des documents publics, repris par *The Next Web*. xAI les considère comme des installations mobiles exemptées de permis.

[50] *The Information*, 2 mai 2026, repris par *Wccftech* ; source payante non lue en entier.

[51] Similarweb, d'après *The Decoder*, février 2026 ; *TechCrunch*, 20 mai 2026, d'après le prospectus de SpaceX.

[52] Prospectus d'introduction en bourse de SpaceX (S-1), SEC, 20 mai 2026 ; *TechCrunch*, 5 juin 2026 ; *DatacenterDynamics*, 2026 ; total calculé d'après *Crypto Briefing*.

[53] S-1 de SpaceX, données du segment IA (xAI et X).

[54] *Drive Tesla Canada*, 31 août 2026.

manoïdes comme Optimus[55]. Les termes financiers de ces échanges, ce que chaque société paie et ce qu'elle reçoit, ne sont pas publics.

A.4.4 Le rachat de Cursor

Pour trouver les revenus que Grok ne lui apporte pas, l'empire a tenté une autre acrobatie. Cursor est un éditeur de code assisté par l'IA, très utilisé par les développeurs. Il fait travailler pour ses clients les modèles d'autres entreprises, surtout ceux d'Anthropic et d'OpenAI. Son chiffre d'affaires annualisé a dépassé un milliard de dollars en novembre 2025, et il atteindrait 4 milliards en juin 2026 selon des estimations non confirmées[56]. Une grande partie de ce chiffre repart chez les fournisseurs de modèles. À la mi-2025, selon un investisseur cité sans être nommé, Cursor payait environ 650 millions de dollars par an à Anthropic pour 500 millions de chiffre d'affaires[57].

En avril 2026, xAI a obtenu une option d'achat sur Cursor pour 60 milliards de dollars. SpaceX l'a levée le 16 juin, quatre jours après son introduction en bourse, et le rachat a été conclu le 14 août. Il a été payé en actions, environ 390 millions de titres SpaceX, si bien que la valeur presque magique de l'empire, décrite en section A.2, a servi de monnaie[58]. Le prix représente plus de trois fois le chiffre d'affaires annuel de SpaceX, et le double de la dernière valorisation de Cursor, 29,3 milliards de dollars en novembre 2025, sept mois plus tôt[59]. Pour une entreprise qui reverse une grande partie de ses revenus aux fournisseurs de modèles, c'est un prix très élevé. Il a toutefois été payé en actions, sans sortie d'argent. L'option a été prise un mois avant le dépôt du prospectus d'introduction en bourse, alors que l'IA de l'empire perdait 6,4 milliards de dollars par an. Cursor apportait au prospectus des revenus et des perspectives de revenus que Grok n'avait pas, et c'est sans doute la raison principale du rachat. Les sessions de programmation de ses utilisateurs offrent aussi des données d'entraînement pour Grok. Cette lecture est la nôtre, et aucun document de SpaceX ne détaille les raisons du rachat.

Quinze jours après la conclusion du rachat, OpenAI annonçait qu'elle couperait l'accès de Cursor à ses modèles le 12 novembre 2026. Elle disait ne pas pouvoir être sûre que SpaceX respecterait ses conditions d'utilisation, et rappelait que Musk avait reconnu que xAI avait entraîné ses modèles sur les réponses de ceux d'OpenAI[60]. Cursor dépend désormais d'Anthropic, qui loue Colossus et concurrence directement Grok, et de Grok lui-même. Anthropic et OpenAI vendent aussi leurs propres outils de programmation, Claude Code et Codex, de sorte que Cursor affronte ses propres fournisseurs[61]. L'empire a ainsi payé 60 milliards de dollars en actions un client des modèles de ses concurrents, au moment où ces concurrents se retournent contre lui.

La figure 2 montre la forme de l'ensemble. Une même chaîne va de la puce à l'usage, et Musk en contrôle presque tous les maillons, mais aucun ne tient seul. Tesla dessine des puces qu'elle ne fabrique pas, xAI possède des machines qu'aucun de ses produits ne suffit à occuper, et Cursor

[55] *TechCrunch*, 28 janvier 2026, d'après la lettre aux actionnaires de Tesla et Bloomberg.
[56] Wikipédia, « Anysphere », d'après *VnExpress International*, 18 novembre 2025 ; estimations de juin 2026 d'après Latka et Clink, sources non vérifiées.
[57] *SaaStr*, 24 décembre 2025 ; chiffres de seconde main, non vérifiés.
[58] Wikipédia, « SpaceXAI » ; *AI Weekly*, août 2026 ; CBS News, juin 2026.
[59] *SaaStr*, 24 décembre 2025, d'après l'annonce de la levée de fonds de Cursor.
[60] *Engadget*, 29 août 2026 ; CNBC, 29 août 2026.
[61] IDC, « OpenAI's Cursor Withdrawal Heats Up the Battle for Agentic Coding », 3 septembre 2026.

vend un service bâti sur les modèles des concurrents. Les maillons qui rapportent aujourd'hui, les processeurs de Nvidia et les modèles d'Anthropic, sont tenus par d'autres. L'empire a ainsi construit l'infrastructure d'une IA dont il n'a pas encore le marché. Pour justifier cette infrastructure, le récit devait changer d'échelle, et Musk l'a déplacé dans l'espace.

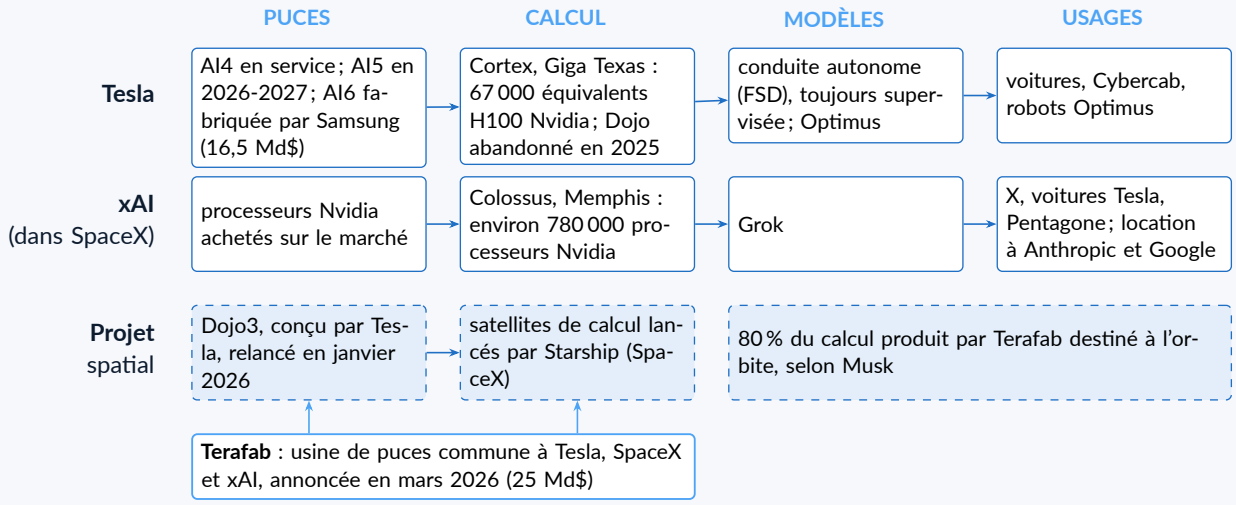


Figure 2. La place de l'IA dans les entreprises de Musk. Tesla conçoit des puces et entraîne ses modèles sur ses propres serveurs Nvidia. xAI fait de même pour Grok. Le projet spatial relie les deux : une puce conçue par Tesla doit équiper des satellites de calcul de SpaceX. Les cases en pointillés sont des projets. Sources : *TechCrunch* (2025, 2026), *Electrek* (2026).

A . 5

La nouvelle frontière : le calcul en orbite

Depuis la fin de 2025, Musk a déplacé la promesse de l'IA vers l'espace. Des satellites alimentés par le Soleil y feraient tourner les modèles d'IA, loin des réseaux électriques saturés et des permis de construire.

A.5.1 Une ambition qui grandit à chaque annonce

Fin 2025, Musk affirmait que Starship pourrait mettre en orbite 100 gigawatts de calcul par an d'ici quatre à cinq ans[62]. Pour donner l'ordre de grandeur, le monde entier ajoute chaque année environ 10 gigawatts de centres de données d'après les projections de l'Agence internationale de l'énergie, et environ 23 gigawatts étaient en chantier fin septembre 2025[63]. Les 100 gigawatts par an annoncés par Musk représentent donc dix fois ce que la planète ajoute chaque année au sol, à installer en orbite. Le 30 janvier 2026, SpaceX demandait à l'autorité américaine des télécommunications l'autorisation de lancer jusqu'à un million de satellites[64]. Le 2 février, dans la lettre qui annonçait l'absorption de xAI par SpaceX, Musk parlait d'un térawatt par an lancé depuis la Terre, puis de 500 à 1 000 térawatts par an produits dans des usines installées sur la Lune, d'où un lanceur électromagnétique enverrait les satellites dans l'espace. La lettre évoquait une civilisation capable d'utiliser toute l'énergie de son étoile, le « type II » de l'échelle de Kardachev (encadré ci-dessous)[65].

L'ÉCHELLE DE KARDACHEV

En 1964, l'astronome soviétique Nikolaï Kardachev a proposé de classer les civilisations selon l'énergie qu'elles maîtrisent.

Type I. Elle utilise toute l'énergie disponible sur sa planète, à commencer par la lumière du Soleil qui l'atteint.
Type II. Elle capte toute l'énergie émise par son étoile, ce qui reviendrait pour nous à entourer le Soleil de capteurs. Le Soleil rayonne environ 20 000 milliards de fois l'énergie que l'humanité consomme aujourd'hui.
Type III. Elle maîtrise l'énergie de toute sa galaxie, soit des centaines de milliards d'étoiles.

D'autres auteurs ont prolongé l'échelle après Kardachev. Une civilisation de **type IV** maîtriserait l'énergie de l'univers entier, et certains ont imaginé un **type V**, capable de passer d'un univers à l'autre. Selon le calcul de l'astronome Carl Sagan, l'humanité n'atteint pas encore le type I : il la situait vers 0,7 dans les années 1970. Dans sa demande d'autorisation pour un million de satellites, SpaceX présentait le projet comme « un premier pas pour devenir une civilisation de type II »[a].

[a] N. Kardachev, « Transmission of Information by Extraterrestrial Civilizations », 1964, et C. Sagan, d'après CNN, repris par KRDO, 10 juillet 2026 ; puissance du Soleil (environ $3{,}8 \times 10^{26}$ W) rapportée à environ 19 TW de consommation humaine, calcul de la note. Les types IV et V ne figurent pas chez Kardachev et relèvent de la spéculation. Original : « a first step towards becoming a Kardashev II-level civilization ».

[62] *DatacenterDynamics*, 3 novembre 2025, d'après des publications de Musk sur X.
[63] AIE, *Energy and AI*, 2025, hausse de la consommation des centres de données de 415 TWh en 2024 à environ 945 TWh en 2030, convertie en puissance moyenne ; BloombergNEF, 24 mars 2026.
[64] *Engadget*, 30 janvier 2026.
[65] Lettre « xAI joins SpaceX », 2 février 2026, d'après *Shacknews* et *The Register*, 3 février 2026.

Dans la même surenchère, Musk annonçait en mars 2026 Terafab, une usine de puces de 20 à 25 milliards de dollars à Austin, commune à Tesla, SpaceX et xAI, dont environ 80 % de la production doit partir en orbite. Le site *Electrek* juge le projet irréaliste, faute d'expérience de Tesla dans la fabrication de semi-conducteurs[66]. Le même mois, le plan de rémunération de Musk chez SpaceX lui fixait pour objectif des centres de calcul spatiaux d'au moins 100 térawatts, sans date limite[67]. Cette puissance vaut environ cinq fois toute l'énergie que consomme l'humanité, soit environ 19 térawatts en moyenne en 2024[68]. Le premier vol orbital de Starship, le 28 septembre 2026, a déployé 26 satellites de communication.

A.5.2 Le récit de l'introduction en bourse

Ce récit a porté l'introduction en bourse de SpaceX. Le 12 juin 2026, l'entreprise a levé 75 milliards de dollars, puis 85,7 milliards avec les actions supplémentaires vendues par les banques, soit près de trois fois le record de Saudi Aramco en 2019[69]. Son prospectus affirme avoir identifié « le plus grand marché adressable de l'histoire humaine », estimé à 28 500 milliards de dollars, dont 26 500 milliards pour l'IA. Il annonce les premiers satellites de calcul « dès 2028 » et un objectif de 100 gigawatts mis en orbite chaque année[70]. Aucun client n'a signé de contrat public pour du calcul en orbite. Anthropic a seulement « exprimé son intérêt » pour développer avec SpaceX plusieurs gigawatts de calcul orbital, et Google en a discuté avec SpaceX comme avec d'autres lanceurs. Les contrats d'Anthropic et de Google, de l'ordre d'un milliard de dollars par mois, portent sur des centres de calcul au sol[71].

D'après le même prospectus, SpaceX a réalisé en 2025 18,7 milliards de dollars de chiffre d'affaires pour une perte d'exploitation de 2,6 milliards. Starlink est la seule activité rentable, avec 4,4 milliards de résultat d'exploitation, et l'IA a perdu 6,4 milliards en absorbant 61 % des investissements[72]. Le prospectus prévient que plusieurs de ses projets, dont le calcul en orbite, reposent sur des « technologies non éprouvées, ou des technologies qui n'existent pas ». Il précise aussi que Musk gardera le contrôle de l'entreprise, avec environ 82 % des droits de vote, ce qui « limitera ou empêchera » la capacité des actionnaires à influer sur ses décisions[73].

Ces avertissements n'ont pas freiné les acheteurs. Le premier jour, le cours a monté de 19 %, et SpaceX valait environ 2 100 milliards de dollars à la clôture[74]. Les évaluations indépendantes

[66] *Electrek*, 22 mars 2026 ; *Supply Chain 247* et *Data Centre Magazine*, mars 2026. Le partage du capital entre les entreprises n'est pas publié.

[67] Reuters, 28 avril 2026.

[68] Calcul d'après l'Energy Institute, *Statistical Review of World Energy 2025* : 592 exajoules d'énergie primaire en 2024.

[69] Reuters, 11 juin 2026, repris par *Chronicle.lu* ; *Broadband Breakfast*, juin 2026 ; Fox Business.

[70] S-1 de SpaceX, SEC, 20 mai 2026. Original : « the largest actionable total addressable market ("TAM") in human history ».

[71] Anthropic, « Higher usage limits and a SpaceX compute deal », mai 2026 (original : « we have also expressed interest in partnering with SpaceX to develop multiple gigawatts of orbital AI compute capacity ») ; *The Wall Street Journal*, d'après *Drive Tesla Canada*, 12 mai 2026 ; transcriptions des conférences de résultats de SpaceX des 11 août et 20 octobre 2026. Un article de Yahoo Finance du 6 septembre 2026 attribue à Gwynne Shotwell l'affirmation que des accords de location de calcul en orbite auraient été conclus avec Anthropic et Google ; ni montant, ni durée, ni source directe ne sont donnés, et cette affirmation n'a pas pu être vérifiée.

[72] S-1 de SpaceX, tableaux par segment ; part des investissements calculée d'après ces tableaux.

[73] S-1 de SpaceX. Originaux : « unproven technologies or technologies that do not exist » ; « This will limit or preclude your ability to influence corporate matters and the election of our directors ». Part des droits de vote d'après Reuters, 11 juin 2026.

[74] *Fortune* et NPR, 12 juin 2026.

sont bien plus basses : environ 1 300 milliards pour le professeur de finance Aswath Damodaran, qui juge l'estimation du marché de l'IA proche du « fantasme », et 780 milliards pour Morningstar[75]. Quatre jours après l'introduction, ces actions ont servi à lever l'option d'achat sur Cursor, pour 60 milliards de dollars (section A.4). Fin juillet, l'action était retombée sous son prix d'introduction[76].

A.5.3 L'avis des ingénieurs et des analystes

Les études publiées en 2026 estiment qu'un centre de calcul en orbite coûte aujourd'hui entre une fois et demie et quatre fois plus cher qu'au sol, puces comprises, et trois à dix fois plus si l'on ne compte que l'infrastructure[77]. Ces écarts tiennent surtout à ce que chaque étude choisit de compter.

Les postes de coût. Un centre de calcul se découpe en deux blocs. Les puces et les serveurs coûtent le même prix au sol et en orbite, environ 25 milliards de dollars par gigawatt. L'infrastructure diffère : au sol, l'alimentation électrique, le refroidissement et le bâtiment ; en orbite, les panneaux solaires, les radiateurs, la structure des satellites et leur lancement. L'écart ne se refermerait que si le lancement tombait vers 50 à 200 dollars le kilo, contre 1 500 à 3 000 dollars aujourd'hui, et si les satellites devenaient à la fois plus légers et bien moins chers[78].

Deux choix de calcul expliquent les ratios les plus bas. Le premier gonfle le coût du sol. Certaines études comptent tout le prix du bâtiment, de l'alimentation et du refroidissement sur cinq ans, alors qu'ils durent quinze à vingt ans. Le second réduit le coût de l'orbite. Environ 9 % des puces tombent en panne chaque année, soit près de la moitié en cinq ans[79]. Au sol, un technicien les remplace. En orbite, personne ne peut intervenir, et il faut lancer un satellite neuf. Certaines études ne comptent pourtant que le prix d'une puce de rechange. Ces deux choix réduisent l'écart entre l'orbite et le sol, et les ratios publiés sont donc plutôt des minimums.

Les limites physiques. En orbite, chaque nouvelle génération de puces oblige à relancer le satellite entier tous les cinq ans environ, alors qu'au sol le bâtiment et l'alimentation durent quinze à vingt ans[80]. Dans le vide, la chaleur des processeurs ne peut s'évacuer que par rayonnement, et un gigawatt de calcul demanderait des centaines de milliers de mètres carrés de radiateurs[81]. La cadence des lancements pose une autre limite. Avec l'objectif de SpaceX de 100 kilowatts de calcul par tonne, 100 gigawatts par an représentent un million de tonnes de satellites, soit 5 000 à 10 000 lancements de Starship chaque année, alors que l'autorité américaine de l'aviation civile en autorise 145 et que Starship n'a atteint l'orbite que le 28 septembre 2026[82]. Le térawatt annuel de la lettre du 2 février en demanderait 50 000 à 100 000 par an, soit 140 à 270 par jour, sans compter les satellites à remplacer. L'objectif de 100 térawatts du plan de rémunération de Musk supposerait des millions de lancements, ce qui explique le recours aux usines lunaires.

[75] Aswath Damodaran, publication sur X du 4 juin 2026, d'après *Bloomberg Línea* ; Morningstar, juin 2026.

[76] 24/7 Wall St., repris par Yahoo Finance, 27 juillet 2026.

[77] BCG, août 2026 ; Bain, juillet 2026 ; Wood Mackenzie, juin 2026 ; SemiAnalysis, 3 juin 2026 ; Deutsche Bank, janvier 2026 ; *IEEE Spectrum*, 26 février 2026, d'après le modèle d'Andrew McCalip ; Space Capital, 20 août 2026.

[78] Forethought, 22 mai 2026 ; Bain, juillet 2026 ; Google Research, projet Suncatcher, novembre 2025.

[79] Taux de panne d'après les données de Meta sur l'entraînement de Llama 3, repris par Forethought, 22 mai 2026, et par le modèle d'Andrew McCalip.

[80] SemiAnalysis, 3 juin 2026 ; Forethought, 22 mai 2026.

[81] M. Bara, ancien ingénieur de l'Agence spatiale européenne, blog, 4 février 2026 ; *Universe Magazine*, 2026.

[82] Calcul d'après le S-1 de SpaceX, avec 100 à 200 tonnes par lancement ; plafond de lancements d'après Forethought, 22 mai 2026.

Le réseau électrique. Les files d'attente pour se raccorder au réseau électrique sont réelles, avec plus de cinq ans d'attente médiane aux États-Unis. Les centres alimentés sur place les contournent déjà, pour un surcoût de quelques dizaines de pour cent, très inférieur à celui de l'orbite[83]. C'est le choix que xAI a fait à Memphis et à Southaven avec ses turbines à gaz.

Sam Altman, le patron d'OpenAI, juge l'idée « ridicule » pour cette décennie, et le cabinet Gartner y voit le « sommet de la folie »[84].

Le besoin lui-même n'est pas établi. Selon l'Agence internationale de l'énergie, l'ensemble des centres de données du monde consommera environ 945 térawattheures d'électricité en 2030, soit une puissance moyenne d'environ 110 gigawatts[85]. L'objectif de SpaceX reviendrait à ajouter chaque année en orbite l'équivalent de tous les centres de données de la planète, et aucune prévision de la demande consultée n'atteint l'échelle du térawatt. Le calcul en orbite est ainsi devenu la nouvelle frontière du récit de Musk. Cette promesse n'a pas d'échéance vérifiable, et sa taille augmente à chaque annonce. Rien ne permet d'annoncer une chute des cours, mais le calcul en orbite forme déjà une bulle de promesses, sur laquelle repose une partie de la plus grosse introduction en bourse de l'histoire (encadré ci-dessous).

[83] Lawrence Berkeley National Laboratory, 2026 ; SemiAnalysis, 3 juin 2026 ; Forethought, 22 mai 2026.
[84] *DatacenterDynamics*, février 2026. Originaux : « ridiculous » ; « peak insanity ».
[85] AIE, *Energy and AI*, 2025 ; conversion en puissance moyenne calculée.

LES CENTRES DE CALCUL EN ORBITE : UNE HYSTÉRIE COLLECTIVE ?

a. Des récits qui se propagent. L'économiste Robert Shiller, prix Nobel d'économie en 2013, a montré que les grands mouvements économiques sont portés par des récits simples. Ces récits se propagent comme des épidémies[a].

b. Une boucle entre croyances et prix. Les croyances des investisseurs font monter le cours. Ce cours donne à l'entreprise des moyens, qui confortent à leur tour les croyances. En juin 2026, un économiste de l'université de Hong Kong décrivait ainsi une « boucle de rétroaction réflexive » dans la valorisation de SpaceX[b].

c. Des précédents.

- **La tulipomanie (1636-1637).** C'est l'exemple le plus cité, et le plus exagéré. L'historienne Anne Goldgar n'a retrouvé qu'environ 350 personnes impliquées dans ce commerce, et aucune faillite[c].
- **La bulle des mers du Sud (1720).** Elle reposait sur des innovations réelles, le commerce atlantique et l'assurance maritime. Trois historiens de la finance en concluent qu'une bulle a besoin d'« une histoire plausible »[d].
- **La manie ferroviaire britannique (années 1840).** Les lignes construites ont servi pendant un siècle, mais les actionnaires en attendaient environ quatre fois plus de recettes qu'elles n'en ont rapporté[e].
- **La bulle internet (1995-2000).** L'indice Nasdaq a perdu près de 78 % entre mars 2000 et octobre 2002, alors qu'internet a bien transformé l'économie.
- **Le calcul en orbite (2026).** Le prospectus de SpaceX reconnaît que plusieurs de ses projets, dont celui-ci, reposent sur « des technologies qui n'existent pas ». Deux jours avant l'introduction en bourse, le vendeur à découvert Jim Chanos résumait : « On peut vraiment construire toutes les histoires qu'on veut : des colonies sur Mars, des tunnels-usines, des centres de calcul dans l'espace »[f].

Aucun de ces épisodes ne fournit de calendrier. Leur point commun est une technique réelle, enveloppée de promesses qui dépassent de très loin ce qu'elle peut livrer.

[a] R. J. Shiller, *Narrative Economics*, Princeton University Press, 2019.
[b] Y. Zhang, HKU Business School, 17 juin 2026. Original : « reflexive feedback loop ».
[c] A. Goldgar, *Tulipmania*, University of Chicago Press, 2007, d'après ses entretiens à History.com (2020) et au *Smithsonian* (2017) ; P. Garber, *Journal of Political Economy*, 1989.
[d] R. Frehen, W. Goetzmann et K. G. Rouwenhorst, « New Evidence on the First Financial Bubble », *Journal of Financial Economics*, 108(3), 2013. Original : « a plausible story ».
[e] A. Odlyzko, « Collective hallucinations and inefficient markets : The British Railway Mania of the 1840s », document de travail, université du Minnesota, 2010 ; recettes attendues reconstituées par l'auteur.
[f] Reuters, 10 juin 2026, repris par MarketScreener. Original : « We really can build whatever stories we want – colonies on Mars, factory tunnels, data centers in space ».

Une autre limite pourrait toutefois faire buter Musk : celle des ressources matérielles et des limites planétaires. Le calcul en orbite suppose des métaux, de l'électricité et des lancements en quantités inédites, et ses rejets atteignent la haute atmosphère (encadré ci-dessous).

LES RESSOURCES MATÉRIELLES

Les projets de Musk reposent sur des chaînes industrielles complètes, de la mine à l'usine de puces, et chacun de leurs maillons a ses limites.

Cuivre. Au sol, un centre de calcul d'IA demande 20 à 40 tonnes de cuivre par mégawatt[a]. Pour les 100 gigawatts annuels annoncés par Musk, il faudrait 2 à 4 millions de tonnes, soit environ un dixième de la production minière mondiale (calcul de l'auteur).

Gallium. La Chine produit 99 % du gallium primaire mondial[b]. Ce métal sert aux puces de puissance et aux cellules solaires spatiales à haut rendement. Pékin en a soumis les exportations à autorisation en 2023, puis en a interdit la vente aux États-Unis en décembre 2024[c].

Électricité. TSMC, premier fabricant mondial de puces, consomme déjà environ 8 % de l'électricité de Taïwan. Selon S&P Global, cette part pourrait atteindre 24 % en 2030[d].

Lancements. Un lancement de Starship émet environ 2 700 tonnes de CO_2 par la seule combustion de son méthane, six fois plus qu'une Falcon 9 (environ 425 tonnes), pour une charge utile six à huit fois plus lourde[e]. Les évaluations environnementales de Starship retiennent 2 300 à 3 500 tonnes de CO_2 équivalent par lancement[f]. Les 5 000 à 10 000 lancements annuels nécessaires à 100 gigawatts en émettraient 12 à 35 millions de tonnes, soit 3 à 10 % des émissions annuelles de la France[g].

Rentrées et couche d'ozone. La couche d'ozone filtre les ultraviolets du Soleil. Quand elle s'amincit, les cancers de la peau et les cataractes augmentent, et les cultures comme le plancton en souffrent. Depuis le protocole de Montréal de 1987, qui a interdit les CFC, elle se reconstitue, et le trou de l'Antarctique devrait se refermer vers 2066[h]. Les satellites usés pourraient ralentir ce rétablissement. En brûlant dans l'atmosphère, leur aluminium forme des particules d'oxyde d'aluminium, qui accélèrent la destruction de l'ozone par le chlore sans être consommées. Une étude de 2024 estime ces rejets à 17 tonnes en 2022 et à 360 tonnes par an avec les constellations prévues, une hausse de 646 % par rapport au niveau naturel[i]. Une étude de 2025 simule 10 000 tonnes par an, le niveau attendu vers 2040. La température de la haute atmosphère changerait alors d'environ 1,5 °C au-dessus de l'Antarctique, et les vents du vortex polaire faibliraient de 10 %, avec des effets sur l'ozone encore mal connus[j]. Les lancements pèsent aussi : à 2 040 lancements par an, la couche d'ozone perdrait 0,3 % en moyenne et près de 4 % au printemps antarctique, surtout à cause de la suie des moteurs[k]. Un million de tonnes de satellites renouvelés tous les cinq ans libérerait environ 120 000 tonnes d'oxyde d'aluminium par an, douze fois le scénario de 2040 (calcul de l'auteur, avec le rapport de 30 kg d'oxyde pour un satellite de 250 kg retenu par Ferreira *et al.*). Aucune étude n'a évalué les effets d'une telle quantité, qui serait libérée avant d'être comprise.

L'IA ne fait disparaître aucune de ces contraintes. Chaque gigawatt de calcul suppose des mines, des usines et des lancements.

---

[a] SMM, d'après des données compilées par *MINING*, 16 octobre 2026.

[b] USGS, *Mineral Commodity Summaries 2026*, gallium.

[c] Stimson Center, 19 mars 2025.

[d] *DatacenterDynamics*, 7 octobre 2024, d'après S&P Global.

[e] I. Khrapach, *Space Ambition*, 30 août 2024, d'après les calculs d'Everyday Astronaut pour la Falcon 9. Charges utiles annoncées par SpaceX en version réutilisable.

[f] FAA, évaluation environnementale de Starship/Super Heavy à Boca Chica, tableau 4 : 58 450 t pour 25 lancements par an ; évaluation de SpaceX pour le Kennedy Space Center : 83 794 t pour 24 lancements par an. Valeurs par lancement calculées.

[g] 366 millions de tonnes de CO_2 équivalent en 2025, hors puits de carbone, estimation du Citepa, 10 octobre 2025.

[h] PNUE et OMM, évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone, janvier 2023.

[i] J. P. Ferreira *et al.*, « Potential ozone depletion from satellite demise during atmospheric reentry in the era of mega-constellations », *Geophysical Research Letters*, 12 juin 2024.

[j] C. Maloney *et al.*, *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, 28 avril 2025.

[k] L. E. Revell *et al.*, *npj Climate and Atmospheric Science*, 2025. Ce scénario porte surtout sur des fusées au kérosène, plus émettrices de suie que Starship, qui brûle du méthane.

A.6

SpaceX, xAI et la défense

A.6.1 Une mission sur la guerre future

Le 30 septembre 2026, le secrétaire à la Guerre Pete Hegseth a annoncé le « Project Meridian », une mission de 120 jours pour « réimaginer ce que sera la guerre à l'avenir ». Il l'a confiée à Elon Musk, à Palmer Luckey et à l'ancien président de la Chambre des représentants Newt Gingrich. Luckey a fondé Oculus, le casque de réalité virtuelle racheté par Facebook, puis Anduril, une entreprise d'armement qui produit des drones et des systèmes d'armes autonomes. La mission porte sur les armes automatisées, l'IA et les capacités militaires dont les États-Unis auront besoin. L'étude est conduite par l'organisme MITRE, et ses recommandations pourraient orienter les achats futurs du Pentagone. Le même jour, Hegseth a annoncé la création d'un commandement de la guerre autonome[86].

Deux des trois responsables de la mission dirigent des entreprises qui vendent au Pentagone. SpaceX a signé en 2026 des contrats de défense d'une valeur totale de plus de 8 milliards de dollars, répartis sur plusieurs années, et Anduril un contrat des Marines qui peut atteindre 642 millions. La mission pourrait donc recommander l'achat de technologies que vendent ses propres responsables. Le juriste Richard Painter, ancien responsable de l'éthique à la Maison-Blanche, a résumé ce conflit d'intérêts : « ils veulent tous vendre quelque chose »[87].

A.6.2 Musk contre ses propres avertissements

Musk a longtemps mis en garde contre ces armes. En octobre 2014, il comparait le développement de l'IA à l'invocation d'un démon. En décembre 2015, il cofondait OpenAI, présentée comme un laboratoire à but non lucratif chargé de développer l'IA au bénéfice de l'humanité. En juillet 2017, il déclarait devant les gouverneurs américains que l'IA représentait « un risque fondamental pour l'existence de la civilisation humaine », et il demandait une régulation préventive[88]. Le mois suivant, il signait avec 115 autres dirigeants de la robotique et de l'IA une lettre ouverte aux Nations unies contre les armes létales autonomes, qui « menacent de devenir la troisième révolution de la guerre ». La lettre prévenait : « une fois cette boîte de Pandore ouverte, il sera difficile de la refermer »[89]. En 2026, Musk co-dirige une mission du Pentagone sur les armes automatisées, annoncée le jour même de la création d'un commandement de la guerre autonome. Rien n'indique qu'il dirigera ce commandement. Mais celui qui appelait à protéger le monde contre ces armes participe désormais à la définition des besoins de l'armée qui veut les déployer. Musk parle lui-même d'« armée de robots » à propos d'Optimus, et le Pentagone

[86] UPI, 30 septembre 2026 ; Bloomberg et *The Washington Post*, 1er octobre 2026 ; *The Washington Times*, 13 octobre 2026, d'après CNBC et NPR ; *Alaska Native News*, octobre 2026. Original : « reimagine what warfare will look like in the future ».

[87] *The Washington Times*, 13 octobre 2026, d'après NPR et CNBC. Original : « They all want to sell stuff ». Le Pentagone indique que MITRE appliquera des garde-fous contre les conflits d'intérêts.

[88] *Fortune*, 15 juillet 2017 ; *SiliconANGLE*, 18 juillet 2017. Original : « a fundamental risk to the existence of human civilization ».

[89] Lettre ouverte publiée le 21 août 2017 à l'ouverture de la conférence IJCAI de Melbourne, d'après l'université de Nouvelle-Galles du Sud. Originaux : « threaten to become the third revolution in warfare » ; « Once this Pandora's box is opened, it will be hard to close ».

dit explorer des prototypes de robots humanoïdes militarisés, mais rien n'indique à ce jour que Tesla destine son robot à l'armée[90].

A.6.3 Les contrats militaires de SpaceX et de xAI

En 2025, l'État fédéral américain a représenté environ un cinquième du chiffre d'affaires de SpaceX, soit environ 3,7 milliards de dollars sur 18,7[91]. Ce total réunit des clients civils, comme la NASA pour les vols vers la Station spatiale internationale, et des clients militaires, comme la Space Force et l'agence de reconnaissance spatiale. Le prospectus ne donne pas la part militaire. Celle-ci prend pourtant une place croissante, et le client est le Pentagone, que l'administration Trump appelle désormais département de la Guerre (*Department of War*), dirigé par Pete Hegseth.

Le réseau Starlink a déjà montré son poids militaire. En 2022, après l'invasion russe, ses terminaux ont permis à l'Ukraine de garder ses communications, et ils restent au cœur de son armée[92].

- SpaceX exploite Starshield, la version militaire de son réseau de satellites Starlink. Son plus gros contrat militaire était jusqu'ici un réseau classifié pour l'agence de reconnaissance spatiale (NRO), d'une valeur rapportée de 1,8 milliard de dollars.
- En mai 2026, SpaceX a remporté deux contrats de la Space Force liés au bouclier antimissile Golden Dome : 2,29 milliards de dollars pour un réseau de communication militaire, et 4,16 milliards pour des satellites de détection des menaces[93].
- En février 2026, xAI, alors en cours d'absorption par SpaceX, a conclu un accord avec le Pentagone pour utiliser Grok dans des systèmes classifiés[94].

Les contrats militaires signés en 2026 dépassent 8 milliards de dollars, à verser sur plusieurs années. Leur durée n'est pas publiée. Étalés sur trois à quatre ans, ils rapporteraient 2 à 3 milliards de dollars par an, soit 11 à 15 % du chiffre d'affaires de 2025[95]. Ces revenus militaires à venir se distinguent des 3,7 milliards fédéraux de 2025, qui incluent la NASA. La défense reste donc une part minoritaire des revenus de SpaceX, loin derrière Starlink. Elle peut pourtant devenir un relais de croissance. Le Congressional Budget Office estime le bouclier Golden Dome à environ 1 200 milliards de dollars sur vingt ans, et les intercepteurs placés en orbite, le métier de SpaceX, représenteraient environ 70 % des achats[96]. Ces revenus seraient garantis par l'État, contrairement à ceux du calcul en orbite. Ils restent cependant loin de justifier à eux seuls une valorisation de 2 100 milliards de dollars, car les marchés valorisent les entreprises de défense à une ou deux fois leur chiffre d'affaires[97].

[90] Appel de Tesla avec les investisseurs du 22 octobre 2025, d'après *Futurism*, 23 octobre 2025 (original : « robot army ») ; *Time*, 9 mars 2026, auquel Tesla n'a pas répondu sur ce point.
[91] Associated Press, mai 2026, d'après le S-1 de SpaceX, repris par *Investment Executive*.
[92] Wikipédia, « Starlink in the Russo-Ukrainian war », consultée le 21 octobre 2026.
[93] *Yahoo Finance*, 27 mai 2026 ; CNBC, 29 mai 2026.
[94] Axios, 23 février 2026, d'après *Newsquawk*.
[95] Calcul de la note. La durée de trois à quatre ans est une hypothèse, fondée sur la mise en service prévue en 2028 de la constellation du contrat de 4,16 milliards (*The Signal*, juin 2026).
[96] Congressional Budget Office, mai 2026, d'après *Federal News Network* et *DefenseScoop*, 12 mai 2026. L'administration estime le programme à 175 à 185 milliards de dollars.
[97] Ordre de grandeur pour les grands groupes de défense américains, non vérifié en détail pour cette note.

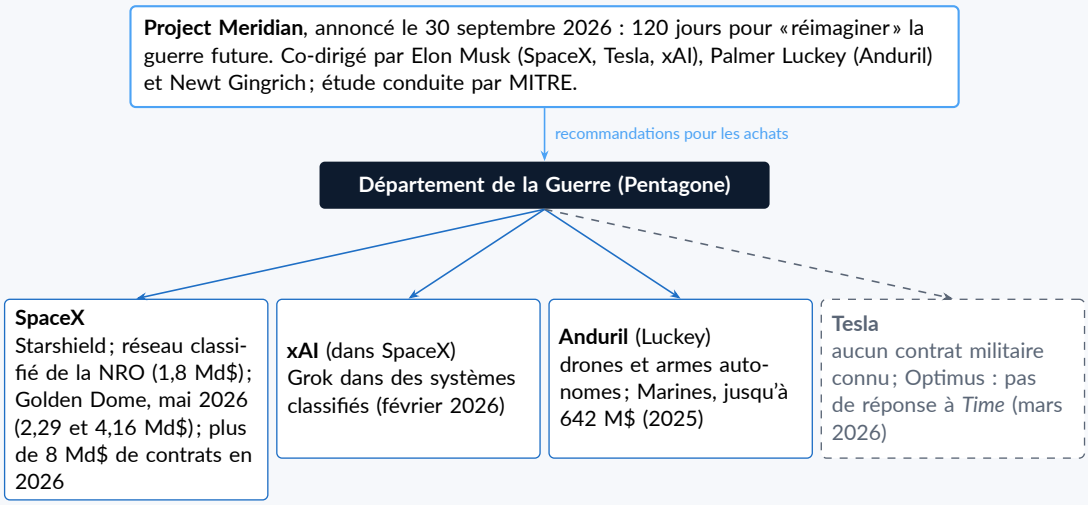


Figure 3. Le virage militaire. Les contrats de défense concernent SpaceX et xAI, et Musk co-dirige une mission du Pentagone sur la guerre future avec le fondateur d'une entreprise d'armement. Tesla n'a pas de contrat militaire connu. Sources : CNBC, *Yahoo Finance*, Axios, UPI, *The Washington Times*, *Time* (2026).

A.7

Vers un conglomérat

Aucune société mère ne détient les entreprises de Musk, et Tesla a ses propres actionnaires, son propre conseil et ses propres comptes. L'empire existe pourtant déjà, et il a un centre : Musk lui-même. Il est le premier actionnaire individuel de Tesla et contrôle environ 82 % des droits de vote de SpaceX, qui détient xAI et X. Il dirige ces entreprises, et son image porte leur valeur, si bien que l'unité du groupe tient à sa personne. Peu d'industriels ont dirigé en même temps des entreprises aussi différentes : voitures, fusées, satellites, intelligence artificielle, réseau social, implants cérébraux et tunnels. Sa vision embrasse tous ces domaines à la fois, au risque de se disperser. Plusieurs de ses entreprises ont pourtant frôlé l'échec avant de s'imposer : en 2008, SpaceX sortait de trois lancements ratés de sa première fusée, et Tesla était à court de liquidités[98]. Toutes deux sont pourtant devenues les premières de leur secteur, SpaceX par le nombre de lancements et Tesla par la valeur boursière. Musk a le plus souvent su retomber sur ses pieds. Ces entreprises sont aussi de plus en plus liées entre elles.

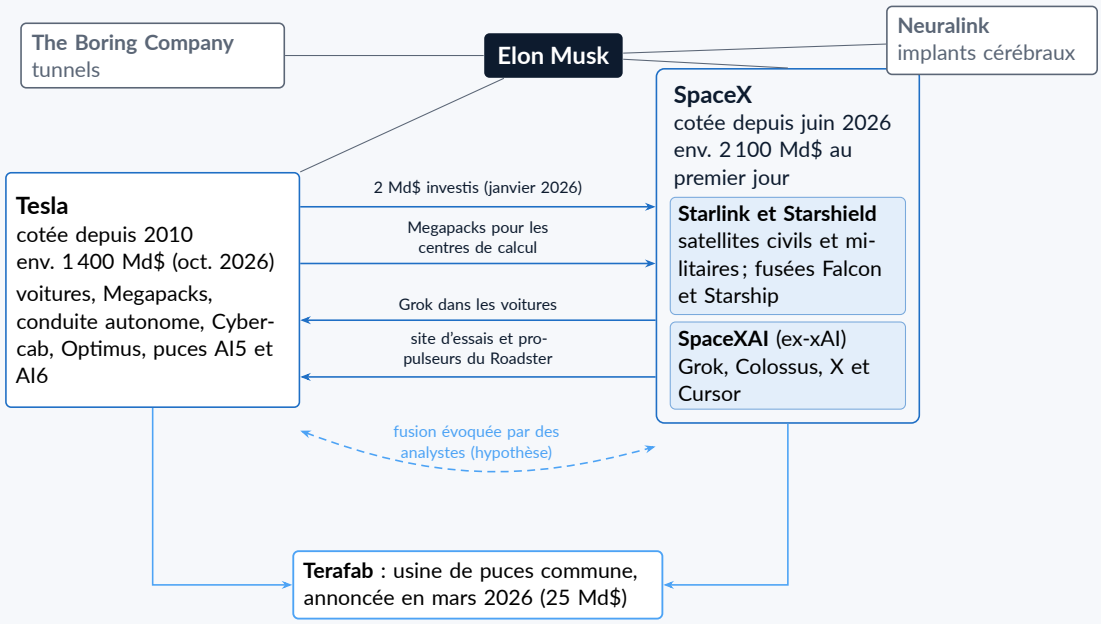


Figure 4. Les entreprises de Musk et les flux entre elles. Aucune société mère ne les réunit, mais SpaceX a absorbé xAI et X, et Tesla échange avec SpaceX des capitaux, des batteries, des logiciels et des technologies. Valeurs boursières arrondies. Sources : *TechCrunch*, *Electrek*, *Fortune*, NPR, Bloomberg (2026).

La figure 4 rassemble les flux décrits dans les sections précédentes. Les liens partent dans tous les sens : capitaux, batteries, logiciels, puces, usine commune, terrain d'essais. Presque tous sont tournés vers des marchés qui n'existent pas encore, comme les robotaxis, les robots humanoïdes et le calcul en orbite. Ces marchés ne vivent aujourd'hui que par le récit qui les annonce, et c'est sur eux que repose la valeur de l'ensemble.

[98] Le quatrième lancement de la Falcon 1 réussit le 28 septembre 2008 ; Tesla est sauvée en décembre 2008 par une levée de fonds de dernière minute. D'après Wikipédia, « Falcon 1 » et « History of Tesla, Inc. », consultées le 21 octobre 2026.

A.7.1 Des entreprises qui se rapprochent

Le réseau social Twitter, racheté par Musk en 2022 et renommé X, a été placé sous xAI. Le 2 février 2026, SpaceX a absorbé xAI par un échange d'actions[99]. Le 12 juin 2026, SpaceX est entrée en bourse (section A.5). Une même société réunit désormais des fusées, des satellites civils et militaires, un modèle d'IA et un réseau social. En juillet 2026, xAI a pris le nom de SpaceXAI, et Cursor l'a rejointe en août (section A.4). Neuralink, qui développe des implants cérébraux, et The Boring Company, qui creuse des tunnels, restent à part.

Tesla se rapproche de cet ensemble par des flux de plus en plus nombreux : 2 milliards de dollars investis dans xAI, des batteries pour ses centres de calcul, Grok dans les voitures, l'usine de puces Terafab et un Roadster développé avec SpaceX et présenté sur son site. Approuvé par les actionnaires de Tesla en novembre 2025, le plan de rémunération de Musk lui attribue des actions par paliers de capitalisation qui vont de 2 000 à 8 500 milliards de dollars, soit jusqu'à six fois la valeur actuelle de Tesla. Chaque tranche exige aussi des objectifs opérationnels, et ceux-ci disparaissent en cas de changement de contrôle de l'entreprise[100]. Une fusion de Tesla avec SpaceX serait donc avantageuse pour Musk, sans que cela prouve une intention. En octobre 2026, plusieurs analystes jugeaient une telle fusion possible avant la fin de 2027[101].

Si la fusion se faisait, l'ensemble deviendrait une seule entreprise, des voitures aux fusées et de l'IA à la défense, que l'on pourrait appeler Musk Inc. Ce nom est le nôtre, et il désigne un conglomérat encore en formation.

A.7.2 Une Tesla adossée à SpaceX

Une fusion avec SpaceX offrirait un appui à Tesla. Son activité automobile recule, ses robotaxis et ses robots arrivent en retard, et sa valeur dépend de promesses qu'il faut renouveler. Adossée à SpaceX et à xAI, cette valeur reposerait sur des activités qui produisent déjà des revenus, comme Starlink et les contrats militaires, et sur un récit plus vaste, celui de l'IA en orbite. Cette lecture est la nôtre : elle s'accorde avec les faits connus, mais aucun document public ne la confirme.

L'ensemble qui se dessine rappelle Stark Industries, l'entreprise de Tony Stark dans les films *Iron Man*. Musk y fait une apparition en 2010, dans *Iron Man 2*, en partie tourné chez SpaceX, et le *Wall Street Journal* écrivait en 2015 qu'il avait inspiré le personnage[102]. Le film de 2008 raconte pourtant le chemin inverse de celui que prennent les entreprises de Musk. Stark Industries fabrique des armes, et son dirigeant décide d'arrêter. Les entreprises de Musk sont parties de la voiture électrique et de l'énergie solaire, et elles se tournent vers la défense.

[99] *Drive Tesla Canada*, février 2026, d'après Bloomberg ; *The Journal*, juin 2026.

[100] « 2025 CEO Performance Award », pièce 10.2 du formulaire 8-K déposé par Tesla auprès de la SEC en septembre 2025.

[101] Barclays et Wedbush, d'après Bloomberg et *Benzinga*, octobre 2026 ; *The Motley Fool*, 6 août 2026.

[102] Snopes, vérification sur l'apparition de Musk dans *Iron Man 2*, d'après le *Wall Street Journal* (2015) et un entretien de Jon Favreau au podcast *Recode Decode* (2016).

A.8

Une fuite en avant

A.8.1 L'obligation de croître

Pour toucher toutes les actions de son plan de rémunération chez Tesla, Musk doit multiplier par six la valeur de l'entreprise. Chez SpaceX, son plan exige une colonie d'au moins un million de personnes sur Mars et des centres de calcul en orbite d'au moins 100 térawatts[103]. Musk ne peut donc plus ralentir sans détruire la valeur que ses promesses ont créée. Chaque échéance manquée est remplacée par une autre, plus lointaine ou plus vaste : les volumes de voitures par le robotaxi et le robot, Mars par la Lune, le calcul au sol par le calcul en orbite.

Interrogé par *The Economist* en juillet 2026 sur la course à l'IA, il déclarait : « même si je voulais l'arrêter, je ne pourrais pas », et ajoutait que « tous les chemins semblent mener à l'accélération de l'IA », si bien qu'« on peut en être triste ou rejoindre le club »[104]. Il est prisonnier d'un mécanisme qu'il a lui-même construit, avec ses promesses et son plan de rémunération, et dont il reste le principal bénéficiaire.

En 2003, le philosophe Nick Bostrom imaginait une IA chargée de fabriquer des trombones, qui finirait par transformer toute la matière disponible en trombones parce que rien ne borne son objectif[105]. En 2017, l'écrivain Ted Chiang retournait l'image : selon lui, la peur d'une IA qui poursuit un seul but sans limite décrit d'abord les entreprises de la Silicon Valley, lancées dans une croissance que rien ne borne[106]. Un empire tenu de croître pour subsister ressemble à ce maximiseur.

A.8.2 Une société qui doit accélérer pour tenir

Le sociologue Hartmut Rosa décrit la même contrainte à l'échelle des sociétés modernes. Selon lui, une société moderne a besoin de croître, d'accélérer et d'innover pour simplement se maintenir. Il la compare à un vélo, qui tient d'autant mieux sa route qu'il roule vite[107]. Les géants du numérique sont soumis à la même contrainte. Microsoft, Alphabet, Amazon et Meta prévoient d'investir ensemble environ 700 milliards de dollars en 2026, surtout dans l'infrastructure de l'IA[108], et les émissions de Microsoft ont augmenté de 25 % en 2025, alors que l'entreprise s'était engagée à devenir négative en carbone en 2030[109].

Aux États-Unis, cette contrainte s'appuie sur le mythe de la frontière. En 1893, l'historien Frederick Jackson Turner partait d'un constat du recensement de 1890 : il n'existait plus de ligne de front de colonisation à l'Ouest. Pour lui, des terres libres, sans cesse repoussées vers l'Ouest, avaient fait le développement des États-Unis. Avec la disparition de la frontière s'achevait donc

[103] Reuters, 28 avril 2026.

[104] Entretien avec Zanny Minton Beddoes, *The Economist*, 23 juillet 2026, d'après la BBC, repris par Capital FM. Originaux : « even if I wanted to stop it, I couldn't » ; « It just seems like all roads lead to acceleration of AI… you can just sort of be sad about it or join the club, I suppose ». Traduction de la note.

[105] N. Bostrom, « Ethical Issues in Advanced Artificial Intelligence », 2003.

[106] T. Chiang, « Silicon Valley Is Turning Into Its Own Worst Fear », *BuzzFeed News*, décembre 2017. Chiang prend l'exemple d'une IA chargée de cueillir des fraises plutôt que celui des trombones.

[107] Hartmut Rosa, « La logique d'escalade de la modernité », *Libération*, 20 novembre 2014.

[108] Prévisions publiées par les entreprises en avril 2026, d'après Om Malik, om.co, 30 avril 2026.

[109] *Engadget*, 10 juillet 2026, d'après le rapport de durabilité 2026 de Microsoft.

« la première période de l'histoire américaine ». Turner prévenait pourtant que « l'énergie américaine réclamera sans cesse un champ plus vaste pour s'exercer »[110]. Le même constat revient en 2023 sous la plume de l'investisseur Marc Andreessen : « la frontière physique, du moins ici sur Terre, est fermée, mais la frontière technologique est grande ouverte »[111]. En septembre 2025, le quatrième plan directeur de Tesla affirmait que « la croissance est infinie »[112]. Une croissance infinie suppose de nouveaux territoires, et Musk les cherche en orbite, sur la Lune et sur Mars.

A.8.3 La collision avec les limites planétaires

Dans les années 2010, le projet de Tesla était de sortir des hydrocarbures grâce à la voiture électrique, aux batteries et au solaire. Sa mission était alors d'« accélérer la transition mondiale vers une énergie durable ». Le 24 décembre 2025, Musk l'a remplacée par une « abondance extraordinaire » (*amazing abundance*), et le mot « durable » a disparu[113]. En 2026, SpaceX prévoit environ 2,8 milliards de dollars de turbines à gaz pour alimenter les centres de calcul de xAI, dont le plus grand fonctionne presque entièrement au gaz (section A.4)[114]. En 2025, les émissions mondiales de dioxyde de carbone ont atteint environ 42 milliards de tonnes[115], et sept des neuf limites planétaires sont franchies[116]. Le projet de Tesla, sortir l'économie des hydrocarbures, est désormais porté par une croissance qui dépasse les limites qu'il devait aider à respecter.

L'intérêt mondial pour le Roadster mesuré par Google Trends est retombé à 40 % de son maximum une douzaine d'heures après la démonstration[117], si bien qu'il faudra un nouveau spectacle pour relancer l'attention. La fascination du 15 octobre se double ainsi d'une sidération, celle des spectateurs qui voient la course et se sentent incapables de l'arrêter.

A.8.4 La démesure

Les Grecs avaient un mot pour cette pente, l'*hubris*, la démesure. À l'entrée du temple d'Apollon, à Delphes, une maxime attribuée aux Sept Sages accueillait les visiteurs : « Rien de trop »[118]. Hérodote prête à Artabane, qui veut dissuader le roi perse Xerxès d'envahir la Grèce, cette mise en garde : « le dieu a coutume de rabaisser tout ce qui dépasse ». Xerxès passe outre. Lorsqu'une tempête détruit le pont de bateaux qu'il a fait jeter sur l'Hellespont, il fait fouetter la mer[119]. Némésis frappait ceux qui sortaient ainsi de leur condition, et Hésiode la nomme un « fléau pour les humains mortels »[120]. En 1948, Albert Camus a fait d'elle la déesse de la mesure plutôt que celle de la vengeance, et il opposait la pensée grecque de la limite à une Europe moderne

[110] Frederick Jackson Turner, « The Significance of the Frontier in American History », 1893, d'après l'extrait publié par *The American Yawp* ; texte complet non relu. Originaux : « the first period of American history » ; « American energy will continually demand a wider field for its exercise ».

[111] Marc Andreessen, « The Techno-Optimist Manifesto », a16z, 16 octobre 2023. Original : « while the physical frontier, at least here on Earth, is closed, the technological frontier is wide open ».

[112] Tesla, *Master Plan Part IV*, septembre 2025. Original : « Growth is infinite ».

[113] *Electrek*, 26 décembre 2025.

[114] *WIRED*, 20 mai 2026, d'après le prospectus d'introduction en bourse de SpaceX, cité par *Yahoo Finance*.

[115] Global Carbon Budget 2025, communiqué du CICERO, 13 novembre 2025 ; estimation préliminaire.

[116] Potsdam Institute for Climate Impact Research et Stockholm Resilience Centre, *Planetary Health Check 2025*, 24 septembre 2025.

[117] Google Trends, recherche web mondiale sur sept jours, relevé du 17 octobre 2026.

[118] Pausanias, *Description de la Grèce*, 10.24.1 ; Platon, *Protagoras*, 343a-b. Pausanias a été lu dans la traduction anglaise de Jones et Ormerod ; le texte grec n'a pas été relu.

[119] Hérodote, *Histoires*, VII.10 et VII.35, traduits ici à partir de la traduction anglaise de G. C. Macaulay.

[120] Hésiode, *Théogonie*, 223, traduction de Vinciane Pirenne-Delforge, Collège de France, 2022.

lancée à la conquête de la totalité[121].

Les limites planétaires peuvent se lire comme une version chiffrée du « rien de trop ». Elles fixent, pour neuf processus du système Terre, des seuils au-delà desquels la stabilité de la planète est menacée, et sept sont déjà franchis. Leurs auteurs ne se réclament pas des Grecs, et ce rapprochement est proposé ici[122]. L'empire Musk en offre un cas extrême. Sa valeur repose sur des promesses, et quand la Terre ne suffit plus à sa croissance, il cherche des débouchés en orbite, sur la Lune et sur Mars.

A.8.5 La part d'incertitude

Ce bilan est porté en 2026, et l'avenir peut le démentir. Des projets lancés pour de mauvaises raisons ont souvent fini par rendre des services essentiels. Le GPS a été conçu pour les besoins de l'armée américaine, et il guide aujourd'hui des milliards de téléphones. Internet est né d'un réseau financé par la défense des États-Unis.

Musk a déjà transformé deux industries. Tesla a montré qu'une voiture électrique pouvait se vendre en masse, et les autres constructeurs ont suivi, même si Tesla perd aujourd'hui du terrain. SpaceX a révolutionné le transport spatial : ses fusées reviennent se poser et repartent, et elle assure désormais plus de la moitié des lancements orbitaux du monde. Starlink apporte Internet là où les réseaux au sol n'arrivent pas, et compte plus de 12 millions d'abonnés[123]. SpaceX prépare aussi un service mobile : elle a acheté pour près de 20 milliards de dollars de fréquences à EchoStar, et elle vise un service direct vers les téléphones à la fin de 2027. S'il aboutit, ce service pourrait concurrencer les grands opérateurs télécoms[124]. Il faudra donc faire le tri. Le calcul en orbite reste la moins solide de ces promesses, pour les raisons exposées plus haut, mais d'autres projets pourraient devenir des services essentiels, et l'opiniâtreté de Musk pourrait lui faire gagner une partie de son pari.

Un service essentiel tenu par une seule entreprise, et dirigé par un seul homme, pose alors une question de gouvernance qu'aucune réussite technique ne règle. L'Ukraine en a fait l'expérience en octobre 2026. Dans la nuit du 13 au 14 octobre, ses drones et ses véhicules ont perdu leur liaison Starshield au-delà d'environ 160 km/h, alors que ses drones d'interception doivent aller plus vite que les drones russes qu'ils chassent. Musk affirme que ces limites sont fixées par l'armée américaine, et Washington dément en avoir donné l'ordre. À ce jour, on ne sait pas qui a pris la décision[125]. Dans les deux cas, une armée a vu ses moyens de défense dépendre d'un choix fait ailleurs, par une entreprise privée ou par un gouvernement étranger.

[121] Albert Camus, « L'Exil d'Hélène », 1948, repris dans *L'Été*, 1954. Paraphrase établie d'après une traduction anglaise ; le texte français n'a pas été relu pour cette note.

[122] Johan Rockström et al., « A safe operating space for humanity », *Nature*, 2009, non relu pour cette note ; Potsdam Institute for Climate Impact Research, *Planetary Health Check 2025*.

[123] Chiffre publié par SpaceX, rapporté par *Drive Tesla Canada*, 5 août 2026.

[124] *TechCrunch*, 8 septembre 2025 ; Reuters, d'après *MacRumors*, 5 août 2026.

[125] *Fortune*, 19 octobre 2026 ; *Al Jazeera*, 14, 15 et 18 octobre 2026. La coupure a été signalée par Serhii Beskrestnov, conseiller du président ukrainien.

A.8.6 Conclusion de la partie A

Le 15 octobre a montré, en quelques secondes de vol, la logique de tout l'empire. Une démonstration spectaculaire nourrit une valeur presque magique. Cette valeur oblige à de nouvelles promesses, plus vastes que les précédentes, et ces promesses repoussent toujours plus loin les limites de la planète. Pour les Grecs, Némésis finissait par rattraper ceux qui franchissaient la mesure. Les limites planétaires jouent aujourd'hui ce rôle, à cette différence près que leur franchissement frappe l'humanité entière, et pas seulement celui qui les dépasse.

La partie B traite d'une tout autre question : l'analyse physique de chaque acrobatie. Elle calcule l'air comprimé que consomme chacune et le temps que la voiture peut passer en l'air. Sa lecture n'est pas nécessaire pour suivre les conclusions générales. Pour voir ces calculs à l'œuvre sans entrer dans les équations, un simulateur est en ligne à l'adresse biosphere-economics.com/musk-empire.

LES POINTS CLÉS DE LA PARTIE A

1. Qu'on l'apprécie ou non, Musk compte parmi les forces qui façonnent l'ère planétaire. Ses entreprises ont transformé la voiture et l'accès à l'espace, et pèsent désormais sur l'intelligence artificielle et la défense.
2. Le 15 octobre, Musk a mis en scène sa puissance et le rapprochement de Tesla et de SpaceX devant un public fasciné. La voiture, qui n'a pas le droit de rouler sur la route, n'annonce aucun produit.
3. La bourse valorise Tesla environ 850 000 dollars par voiture vendue, quarante fois plus qu'une Toyota. Cet écart traduit en dollars la pensée magique, alors que les ventes reculent et que le bénéfice a été divisé par quatre.
4. Les promesses de Musk arrivent en retard, quand elles arrivent : le Roadster, la conduite autonome, les robotaxis, Optimus et Mars. Son opiniâtreté en a pourtant fait aboutir une partie.
5. xAI loue l'essentiel de ses centres de calcul à ses concurrents, pour environ 41 milliards de dollars par an, et l'IA de l'empire a perdu 6,4 milliards en 2025. SpaceX a racheté Cursor 60 milliards de dollars en actions, et OpenAI a aussitôt coupé l'accès de Cursor à ses modèles.
6. Le calcul en orbite est devenu la nouvelle promesse de l'empire. Il est passé de 100 gigawatts à 100 térawatts en quelques mois, et il a porté la plus grosse introduction en bourse de l'histoire, sur des « technologies qui n'existent pas ».
7. Musk, qui appelait en 2017 à protéger le monde contre les armes autonomes, co-dirige en 2026 une mission du Pentagone sur la guerre future, alors que SpaceX et xAI vendent à l'armée.
8. L'empire n'a pas de société mère, mais il a un centre, Musk. SpaceX a déjà absorbé xAI et X, et plusieurs signes annoncent un rapprochement de toutes ses entreprises, Tesla comprise, en une seule société. Ce regroupement permettrait de prolonger les promesses et l'exubérance boursière, en adossant les plus fragiles aux activités qui rapportent.
9. Ce bilan peut être démenti. Musk a fait basculer l'industrie automobile vers l'électrique et révolutionné le transport spatial avec des fusées réutilisables, et Starlink pourrait devenir un service essentiel, jusque dans les téléphones. Mais en octobre 2026, l'Ukraine a vu ses drones perdre leur liaison Starshield sans savoir qui l'avait décidé. Un service essentiel aux mains d'un seul homme pose une question de gouvernance.
10. Cette croissance obligée dépasse les limites de la planète. C'est la démesure que les Grecs appelaient *hubris*.

PARTIE B

Les calculs derrière l'acrobatie

Modélisation mathématique des démonstrations du 15 octobre 2026

B . 1

La démonstration à l'épreuve du calcul

La démonstration du 15 octobre comptait trois scènes. La scène 1, un départ arrêté de 0 à 60 mph en moins d'une seconde, n'est pas étudiée ici. Dans la scène 2, la voiture monte une rampe en forme de C, reste suspendue à l'envers, se décroche, se retourne en l'air et se pose. Dans la scène 3, elle roule vers une rangée de cinq véhicules, décolle à la verticale, les franchit en faisant un tonneau complet et atterrit. Pendant ces deux acrobaties, la voiture était vide et pilotée à distance.

Sur les images, les rotations paraissent rapides et la voiture semble légère. Certains commentateurs ont parlé d'images préenregistrées, voire retouchées, et Musk a présenté la voiture comme une voiture volante. Pour en juger, il faut savoir si une voiture de 1,3 à 1,9 tonne, qui embarque 250 kg d'air comprimé, peut exécuter ces acrobaties, et combien de temps sa réserve peut la porter.

Pour y répondre, on traite la voiture comme une fusée. Le modèle fait appel à la mécanique pour les mouvements de la voiture, à la thermodynamique pour la détente de l'air dans le réservoir, et à la dynamique des gaz pour l'écoulement dans les tuyères. Les ingénieurs spatiaux mesurent le coût d'une manœuvre par son « delta v », noté Δv. La lettre grecque Δ désigne une variation, et v une vitesse. Le Δv est la variation de vitesse que la poussée des tuyères produirait à elle seule, si aucune autre force n'agissait sur la voiture. Il diffère de la variation de vitesse observée, parce que la pesanteur agit en même temps. Pour rester immobile en l'air pendant une seconde, par exemple, la voiture ne change pas de vitesse, mais la manœuvre coûte environ 9,8 m/s de Δv, le temps de compenser son poids. Placer un satellite en orbite basse coûte de même environ 9 à 10 km/s. On calcule le Δv que chaque acrobatie exige, puis le Δv que la réserve d'air peut fournir, et l'acrobatie est possible si le second dépasse le premier.

Tous les calculs sont reproductibles : le script Python qui produit les valeurs et les graphiques de ce document est téléchargeable sur la page biosphere-economics.com/musk-empire. Le simulateur de la même page reprend ces calculs et permet de faire varier les hypothèses, comme la masse de la voiture ou la pression de l'air.

La section B.2 rassemble les données publiées et les hypothèses retenues, puis B.3 construit le modèle physique. Le modèle est appliqué aux deux acrobaties : le décrochage de la rampe et le retournement en B.4, le saut avec tonneau en B.5. Leurs bilans sont comparés en B.6. Deux conséquences en découlent : la vitesse de rotation qui trahirait un trucage (B.7), puis le temps que la voiture peut passer en l'air et l'usage possible de ces acrobaties (B.8). Les dernières sections estiment la taille des tuyères (B.9) et discutent les limites du modèle (B.10).

B . 2

Données et hypothèses

Le tableau 2 rassemble les données publiées, dont le statut varie. Les valeurs de télémétrie viennent des compteurs affichés à l'écran pendant la retransmission, relevés par la presse. Les déclarations viennent des dirigeants de Tesla sur scène. Aucune n'a été vérifiée de façon indépendante.

Tableau 2. Données publiées utilisées dans la note.

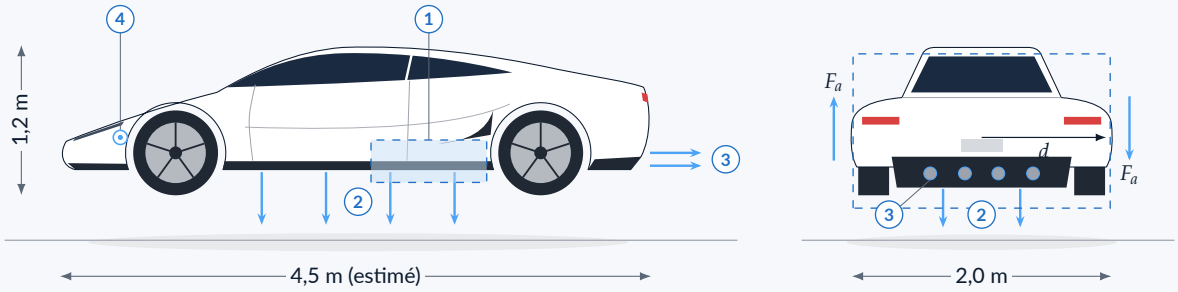
Grandeur	Valeur	Source et statut
Hauteur de décrochage (scène 2)	environ 68 pieds (20,7 m) ; 65 pieds selon une autre source	Tesla Oracle, The AGI Clock ; télémétrie
Charge maximale à l'atterrissage (scène 2)	3,2 g	Tesla Oracle ; télémétrie
Aspiration du ventilateur	jusqu'à 2 g	L. Moravy (Tesla) ; déclaration
Air embarqué	250 kg dans 600 L, deux réservoirs composites	L. Moravy ; déclaration
Tuyères	10, sous la caisse, sur les côtés et à l'arrière	E. Musk, L. Moravy ; déclaration
Poussée du système	plus de 80 kN	BigGo, Electrek ; presse
Hauteur du Semi	13,5 pieds (4,1 m)	InsideEVs ; presse
Marge au-dessus du Semi	proche de la hauteur du Semi	InsideEVs ; presse
Durée du saut (scène 3)	environ 3 s	Tesla Oracle ; presse
Vitesse d'approche (scène 3)	« vitesse normale »	Tesla Oracle ; presse
Pilote	aucun, voiture télécommandée	E. Musk ; déclaration

La masse de la voiture, inconnue principale du problème, n'a pas été publiée. Les calculs sont faits pour trois masses qui encadrent les cas plausibles : 1300 kg pour une voiture de démonstration sans batterie, 1900 kg pour une voiture complète, et 1600 kg entre les deux. Ces masses incluent l'air et ses réservoirs. Le tableau 3 donne les autres hypothèses.

La figure 5 résume le véhicule tel qu'il est modélisé. Le dessin est une silhouette générique : il fixe les ordres de grandeur et l'implantation des tuyères décrite par Tesla, pas le style de la voiture.

Tableau 3. Hypothèses de calcul.

Symbole	Valeur	Justification
m	1 300, 1 600, 1 900 kg	encadrement, masse non publiée
$l \times h$	2,0 m × 1,2 m	gabarit de caisse vu de l'arrière
$\kappa = I/m$	0,453 m^2	boîte homogène, $(l^2 + h^2)/12$
d	0,9 m	bras de levier des tuyères d'attitude
H	20 m	télémétrie, centre de gravité au décrochage
z_0	0,5 m	centre de gravité, roues au sol
n	3,2	télémétrie, lue comme rapport poussée/poids au freinage
t_s	1 s	bref vol stationnaire avant contact (scène 2)
t_r	1,5 s (scène 2), 2,0 s (scène 3)	durée estimée des rotations
Δz	7,5 m	apogée du centre de gravité à 8 m (scène 3)
v_x	30 km/h	estimation visuelle (scène 3)
$p_{\min}$	40 bar	pression sous laquelle la poussée devient insuffisante
T_0	20 °C	température initiale de l'air



(a) profil (b) vue arrière

Figure 5. Véhicule modélisé, en vol stationnaire. Silhouette générique aux dimensions supposées : la masse, les dimensions et l'emplacement des réservoirs ne sont pas publiés. **1** réservoirs d'air, deux fois 300 L à 437 bar (position supposée) ; **2** tuyères de sustentation sous la caisse, au moins quatre ; **3** quatre tuyères arrière, pour l'accélération ; **4** tuyères d'attitude (position indicative). En (a), les flèches indiquent le sens d'éjection du gaz. En (b), le cadre en tirets est la boîte homogène $l \times h$ qui sert au calcul du moment d'inertie, et les forces F_a forment le couple de roulis, de bras de levier d.

B . 3

Modèle physique

La voiture se comporte comme une fusée à air comprimé : en éjectant de l'air vers le bas, ses tuyères la poussent vers le haut. Le modèle établit d'abord ce que coûte une manœuvre et ce que la réserve d'air peut fournir, puis la vitesse de sortie de l'air, le coût d'une phase de vol et celui d'une rotation.

B.3.1 Le budget de Δv

Comme on l'a vu en section B.1, le Δv mesure le coût d'une manœuvre en variation de vitesse. Les tuyères éjectent de l'air à la vitesse c. Elles exercent sur la voiture une poussée $F(t)$, somme des poussées de toutes les tuyères allumées. On appelle donc coût d'une manœuvre la quantité

$$\Delta v = \int_0^T \frac{F(t)}{m(t)}\,\mathrm{d}t. \tag{1}$$

Chaque kilogramme éjecté apporte une impulsion c. La masse varie donc selon $\mathrm{d}m = -F\,\mathrm{d}t/c$. En intégrant, on obtient l'équation de Tsiolkovski, qui donne l'air consommé par une manœuvre de coût Δv :

$$m_{\text{air}} = m_0\left(1 - e^{-\Delta v/c}\right). \tag{2}$$

Inversement, une réserve de m_u kilogrammes d'air utilisable fournit au plus

$$\Delta v_{\text{dispo}} = c\,\ln\frac{m_0}{m_0 - m_u}. \tag{3}$$

Une acrobatie est possible si $\Delta v_{\text{dispo}} \geq \Delta v$. Pour une trajectoire et un rapport poussée/poids donnés, le coût Δv ne dépend pas de la masse. Seul Δv_{dispo} en dépend, si bien que la masse inconnue n'intervient que du côté des ressources.

B.3.2 Le réservoir et sa vidange

Les 250 kg d'air occupent 600 L, soit une masse volumique de 417 kg/m^3. À cette densité, l'air ne se comporte plus comme un gaz parfait. L'équation d'état de l'air de la bibliothèque CoolProp donne une pression de 437 bar à 20 °C, avec un facteur de compressibilité de 1,25.

Le réservoir ne se vide pas complètement, car sous une pression d'environ 40 bar la poussée devient trop faible pour les acrobaties étudiées. Deux cas limites encadrent la quantité d'air utilisable.

- Vidange adiabatique. Le gaz se détend sans recevoir de chaleur. Il refroidit fortement : à 40 bar, sa température tombe à −122 °C. Le gaz froid est dense, et il reste donc beaucoup d'air dans le réservoir. On extrait 69 % de la masse, soit 172 kg.
- Vidange isotherme. Les parois réchauffent le gaz, qui reste à 20 °C. On extrait alors 88 %, soit 221 kg.

Comme une acrobatie ne dure que quelques secondes, l'échange de chaleur avec les parois a peu de temps pour agir, et le cas réel se trouve plus près du cas adiabatique. La figure 6 montre l'évolution de la pression, de la température et de la vitesse d'éjection pendant une vidange adiabatique.

B.3.3 La vitesse d'éjection

On suppose des tuyères simples, à col sonique, sans divergent. L'air atteint la vitesse du son au col, à la température $T^* = 2T_0/(\gamma+1)$ et à la pression p^*. La poussée par unité de débit vaut $c = v^* + (p^* - p_a)A^*/\dot{m}$. Comme $\dot{m} = \rho^* v^* A^*$ et $p^*/\rho^* = RT^*$, et comme la pression ambiante p_a est négligeable devant p^*, cette expression se simplifie :

$$c \simeq \sqrt{\frac{2(\gamma+1)}{\gamma}\, R\, T_0}. \tag{4}$$

Avec $\gamma = 1{,}4$, $R = 287\,\mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}}$ et $T_0 = 293\,\mathrm{K}$, on trouve $c = 536\,\mathrm{m/s}$. Une tuyère idéale, avec un divergent adapté, atteindrait 696 m/s. Ce cas n'est pas retenu, par prudence. La vitesse d'éjection dépend de la température du gaz dans le réservoir (figure 7). On retient deux cas pour la suite.

- Cas A, défavorable : vidange adiabatique, $m_u = 172\,\mathrm{kg}$ et $c = 462\,\mathrm{m/s}$.
- Cas B, favorable : vidange isotherme, $m_u = 221\,\mathrm{kg}$ et $c = 536\,\mathrm{m/s}$.

B.3.4 Coût vertical d'une phase de vol

Considérons une phase de vol qui commence et se termine avec une vitesse verticale nulle. Pendant cette phase, la seule force non gravitationnelle est la poussée, dirigée vers le haut. La variation de la vitesse verticale est nulle, donc

$$\int_0^T \left(\frac{F}{m} - g\right) \mathrm{d}t = 0 \quad\Longrightarrow\quad \boxed{\Delta v_{\text{vertical}} = g\,T}\,. \tag{5}$$

Le coût vertical d'une acrobatie vaut g multiplié par sa durée. Il ne dépend ni de la masse, ni de la façon dont la poussée est répartie dans le temps. Une seconde de vol coûte 9,81 m/s, que la voiture soit en vol stationnaire, en freinage ou en montée.

On peut donc estimer le coût d'une acrobatie en chronométrant la vidéo. Pour une hauteur donnée, l'acrobatie la moins chère est la plus courte. Pour freiner une chute de hauteur h avec un rapport poussée/poids maximal n, il faut donc tomber librement le plus longtemps possible, puis freiner à pleine poussée. La voiture tombe d'abord de $s = h(n-1)/n$, puis freine sur h/n. La durée totale vaut $\sqrt{2s/g}\; n/(n-1)$, d'où

$$\Delta v_{\text{frein}}(h,n) = \sqrt{2gh}\,\sqrt{\frac{n}{n-1}}. \tag{6}$$

Le premier facteur est la vitesse de chute libre. Le second mesure les pertes par gravité, c'est-à-dire le temps passé à porter la voiture pendant qu'on la freine. Pour $n = 3{,}2$, il vaut 1,21 : les pertes ajoutent 21 % au coût (figure 8). Par symétrie, la même formule donne le coût d'un décollage vertical jusqu'à la hauteur h.

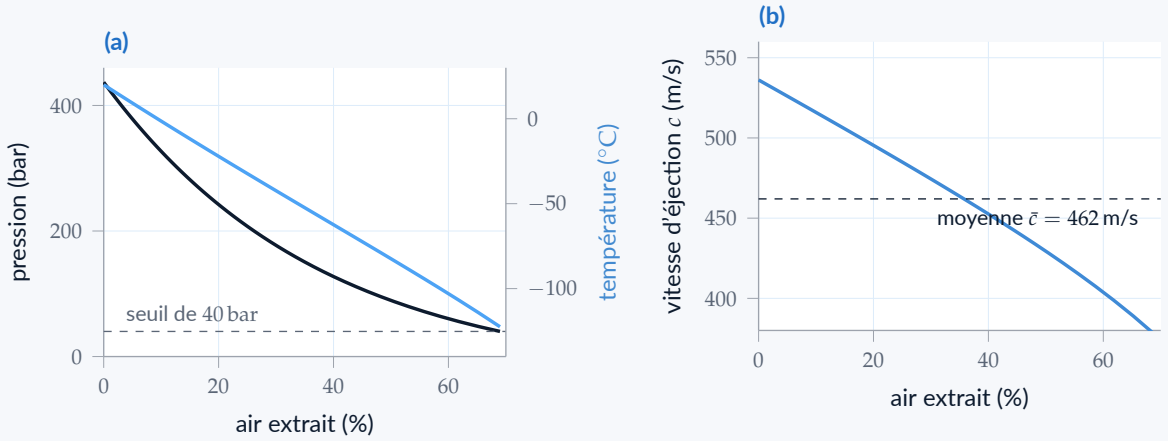


Figure 6. Vidange adiabatique du réservoir, de 437 bar à 40 bar. (a) Pression (bleu nuit) et température du gaz (bleu vif). (b) Vitesse d'éjection d'une tuyère sonique, qui baisse à mesure que le gaz refroidit. La moyenne pondérée par la masse éjectée vaut 462 m/s.

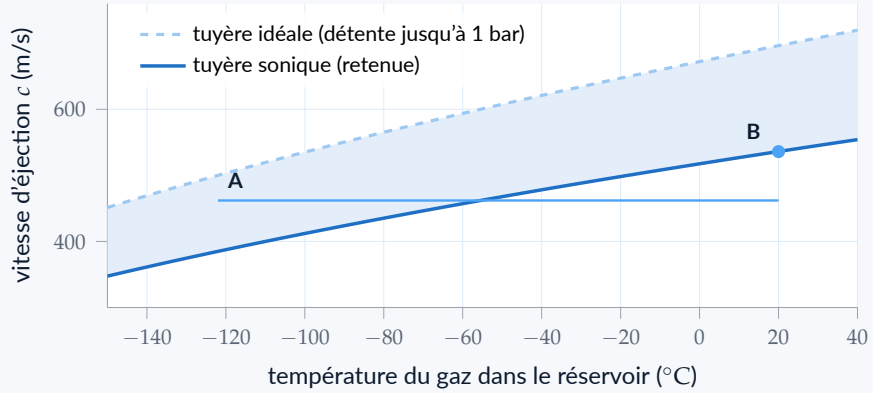


Figure 7. Vitesse d'éjection en fonction de la température du gaz, pour une pression de réservoir de 437 bar. Le point B correspond à la vidange isotherme ($c = 536\,\mathrm{m/s}$). Le segment A couvre la plage de température parcourue pendant une vidange adiabatique, avec une vitesse moyenne $\bar{c} = 462\,\mathrm{m/s}$.

B.3.5 La rotation

Les deux acrobaties comportent une rotation autour de l'axe longitudinal de la voiture (roulis). On la modélise comme celle d'un solide rigide de moment d'inertie $I = \kappa m$. Les tuyères d'attitude créent un couple $M = F_a d$. La stratégie la plus simple consiste à accélérer la rotation pendant la première moitié de la durée t_r, puis à la freiner pendant la seconde. Pour tourner d'un angle $\Delta\theta$:

$$\Delta\theta = \frac{M}{I}\left(\frac{t_r}{2}\right)^2 \quad\Longrightarrow\quad M = \frac{4I\Delta\theta}{t_r^2}, \qquad \Delta v_{\mathrm{rot}} = \frac{F_a t_r}{m} = \frac{4\kappa\,\Delta\theta}{d\,t_r}. \tag{7}$$

Le coût de la rotation ne dépend pas non plus de la masse. Il varie comme $1/t_r$, tandis que la poussée nécessaire varie comme $1/t_r^2$. Une rotation deux fois plus rapide demande quatre fois plus de poussée.

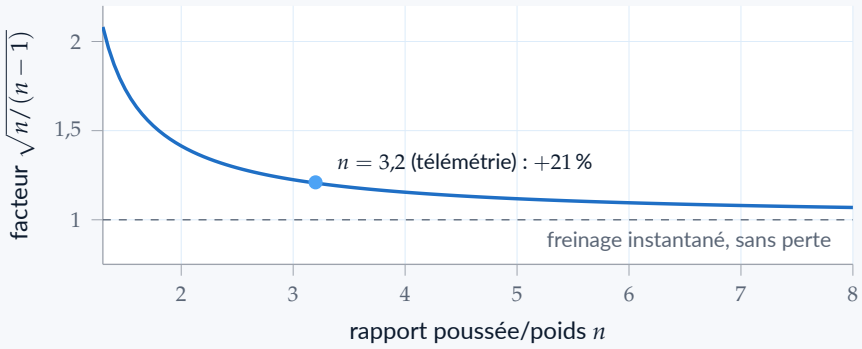


Figure 8. Pertes par gravité lors d'un freinage ou d'un décollage vertical. Le coût vaut la vitesse de chute libre multipliée par ce facteur. Au-delà de $n = 3$, augmenter la poussée ne fait presque plus rien gagner.

B.3.6 Une contrainte d'orientation

Les tuyères principales du dessous poussent la voiture vers son toit. Quand la voiture est à l'envers, elles la poussent vers le sol. Elles ne peuvent donc ni freiner une chute ni porter la voiture tant qu'elle n'est pas à l'endroit. Cette contrainte impose l'ordre des phases : la rotation doit se faire pendant une phase de chute libre ou de vol balistique.

B.4

Scène 2 : décrochage de la rampe et retournement

La figure 9 décompose la scène en deux phases. La voiture tombe d'abord librement en se retournant, puis elle freine sur ses tuyères du dessous.

B.4.1 Tenue sur la rampe

Sur la partie verticale de la rampe, la voiture ne tient que par le frottement de ses pneus. L'aspiration du ventilateur, notée σmg, plaque la voiture contre la paroi. Si la voiture roule à la vitesse v sur un arc de rayon R, l'accélération centripète s'y ajoute. Avec un coefficient de frottement μ, la condition d'adhérence s'écrit

$$\mu\left(\sigma g + \frac{v^2}{R}\right) \geq g \quad \Longleftrightarrow \quad \sigma \geq \frac{1}{\mu} - \frac{v^2}{gR}. \tag{8}$$

Au plafond, la condition de contact est $\sigma \geq 1 - v^2/(gR)$. Un témoin rapporte que la voiture s'est arrêtée à mi-hauteur de la paroi verticale. À l'arrêt, avec $\mu = 0{,}9$, il faut $\sigma \geq 1{,}11$. Tesla annonce $\sigma = 2$. La tenue sur la rampe est donc assurée, même à l'arrêt, avec une marge d'un facteur proche de deux (figure 10).

B.4.2 Chute, retournement et freinage

La voiture quitte le plafond presque à l'arrêt. Son centre de gravité doit descendre de $h = H - z_0 = 19{,}5\,\text{m}$. Avec $n = 3{,}2$, l'équation (6) fixe le déroulement optimal :

- chute libre sur $s = h(n-1)/n = 13{,}4\,\text{m}$, en $\sqrt{2s/g} = 1{,}65\,\text{s}$;
- vitesse atteinte $\sqrt{2gs} = 16{,}2\,\text{m/s}$, soit $58\,\text{km/h}$;
- freinage sur 6,1 m, en $t_b = 0{,}75\,\text{s}$, avec une poussée nmg de 41 kN à 1,3 t et de 60 kN à 1,9 t.

Le demi-tonneau se fait pendant la chute libre, en 1,5 s. À 1,9 t, le moment d'inertie vaut $861\,\text{kg·m}^2$, le couple 4,8 kN·m et la poussée latérale 5,3 kN. La figure 11 montre l'altitude, la vitesse et l'angle de roulis au cours du temps.

B.4.3 Bilan de la scène 2

Le coût total additionne le freinage, le vol stationnaire et la rotation :

$$\Delta v_2 = \underbrace{23{,}6}_{\text{freinage}} + \underbrace{9{,}8}_{\text{stationnaire}} + \underbrace{4{,}2}_{\text{rotation}} = 37{,}6\,\text{m/s}. \tag{9}$$

On vérifie la règle (5) : l'acrobatie dure $1{,}65 + 0{,}75 + 1 = 3{,}4\,\text{s}$, et $g \times 3{,}4 = 33{,}4\,\text{m/s}$, soit la somme du freinage et du stationnaire.

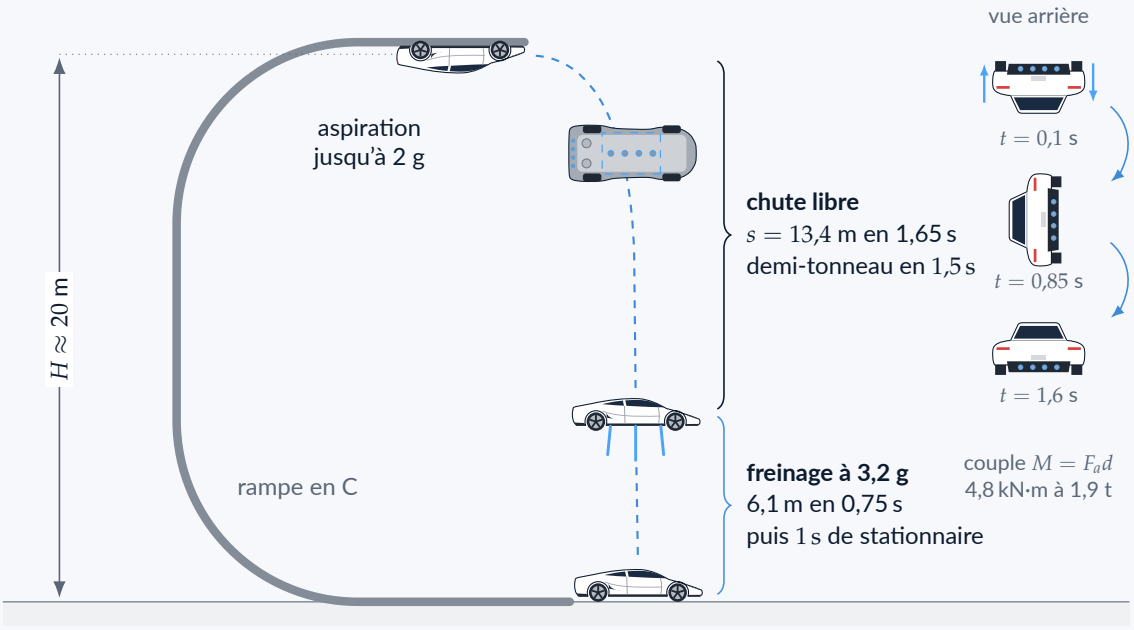


Figure 9. Schéma de la scène 2. Les hauteurs et la voiture sont à l'échelle, les distances horizontales sont schématiques. La voiture tombe librement pendant qu'elle se retourne, puis freine sur ses tuyères du dessous. Au milieu de la chute, la voiture présente son dessous au spectateur placé sur le côté. À droite, la même rotation vue de l'arrière.

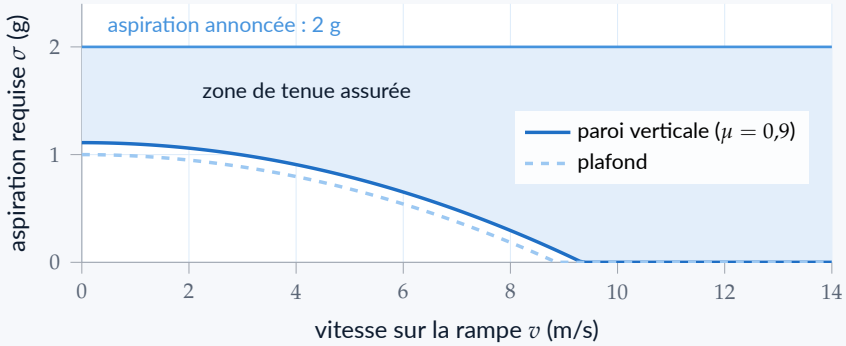


Figure 10. Aspiration nécessaire pour tenir sur la rampe, avec un rayon de courbure supposé de 8 m. Le cas le plus exigeant est l'arrêt sur la paroi verticale, qui demande 1,11 g.

SCÈNE 2 : RÉSULTAT

L'acrobatie coûte 37,6 m/s. Le vol stationnaire, pourtant bref, en représente le quart. À 1,9 t, elle consomme 149 kg d'air dans le cas A, soit 86 % de l'air utilisable, et 129 kg dans le cas B. L'acrobatie est possible pour toutes les masses étudiées. À 1,9 t dans le cas défavorable, la marge est faible.

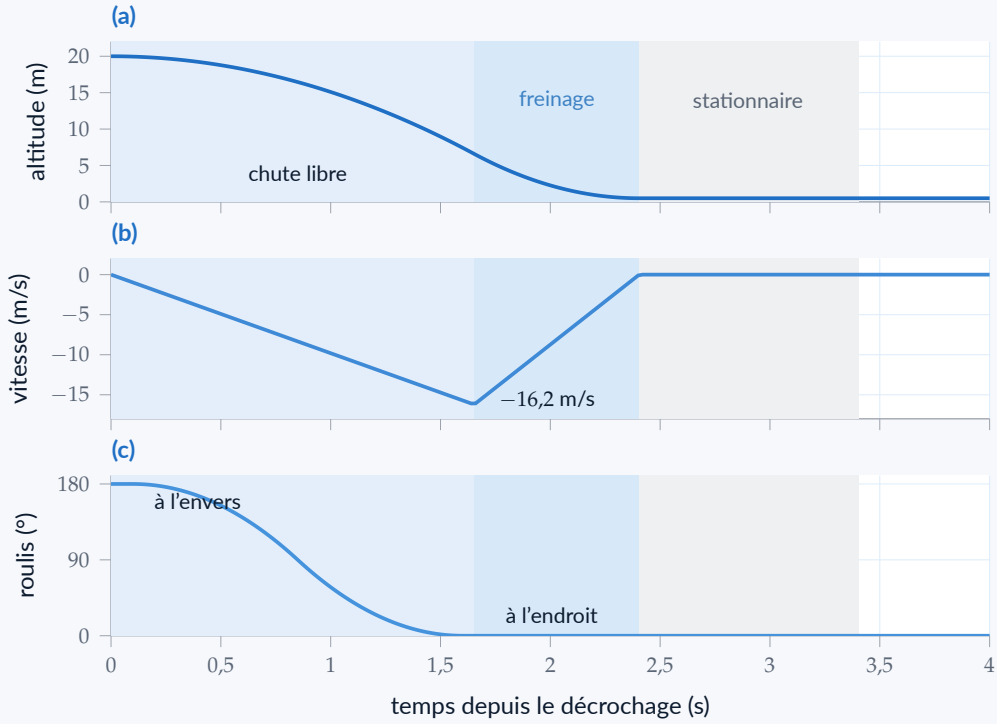


Figure 11. Scène 2 : (a) altitude du centre de gravité, (b) vitesse verticale, (c) angle de roulis. Le retournement s'achève avant le début du freinage, comme l'impose la contrainte d'orientation.

B . 5

Scène 3 : saut avec tonneau au-dessus de cinq véhicules

B.5.1 Montée et descente

La voiture roule à 30 km/h, allume ses tuyères du dessous et décolle sans rampe. Son centre de gravité doit monter de $\Delta z = 7{,}5$ m. Elle pousse à $n = 3{,}2$ jusqu'à la vitesse v_b, puis monte en vol balistique jusqu'à l'apogée. La hauteur totale vaut

$$\Delta z = \frac{v_b^2}{2g}\,\frac{n}{n-1} \quad\Longrightarrow\quad v_b = \sqrt{2g\Delta z\,\frac{n-1}{n}} = 10{,}1\ \text{m/s}. \tag{10}$$

La poussée dure $t_i = v_b/((n-1)g) = 0{,}47$ s et élève la voiture de 2,3 m. La montée balistique dure $v_b/g = 1{,}03$ s. La descente est symétrique : chute balistique, puis freinage à $n = 3{,}2$. La durée totale vaut

$$T(n) = \frac{2v_b}{g}\,\frac{n}{n-1} = 2{,}98\ \text{s}. \tag{11}$$

B.5.2 Une vérification indépendante

La presse rapporte une durée d'environ 3 s. Ce chiffre n'a servi à aucun calcul, ce qui permet de l'utiliser comme contrôle. La figure 12 trace la durée du saut en fonction de n. Une durée comprise entre 2,75 s et 3,25 s correspond à un rapport poussée/poids compris entre 2,4 et 5,2. La valeur de 3,2 tirée de la télémétrie de la scène 2 tombe dans cet intervalle. Deux sources indépendantes donnent donc le même rapport poussée/poids.

B.5.3 Trajectoire et dégagement

À 8,3 m/s, la voiture parcourt 25 m pendant le saut. La rangée de véhicules mesure environ 14,2 m de large, intervalles compris. La figure 13 trace la trajectoire à l'échelle. Pour calculer le dégagement, on prend le cas le plus défavorable : la voiture inclinée, dont le point le plus bas se trouve à 1,17 m sous le centre de gravité. Le dégagement minimal vaut alors 1,8 m au-dessus des véhicules extrêmes et 2,6 m au-dessus du Semi. Une voiture à plat passerait environ 3,5 m au-dessus du Semi, ce qui correspond à la marge « proche de sa hauteur » décrite par InsideEVs.

B.5.4 Bilan de la scène 3

Le tonneau complet ($\Delta\theta = 2\pi$) en 2 s demande, à 1,9 t, un couple de 5,4 kN·m et une poussée latérale de 6,0 kN. Le coût total vaut

$$\Delta v_3 = \underbrace{14{,}6}_{\text{décollage}} + \underbrace{14{,}6}_{\text{freinage}} + \underbrace{6{,}3}_{\text{rotation}} = 35{,}6\ \text{m/s}. \tag{12}$$

La règle (5) se vérifie ici aussi : $g \times 2{,}98 = 29{,}3$ m/s, soit la somme du décollage et du freinage.

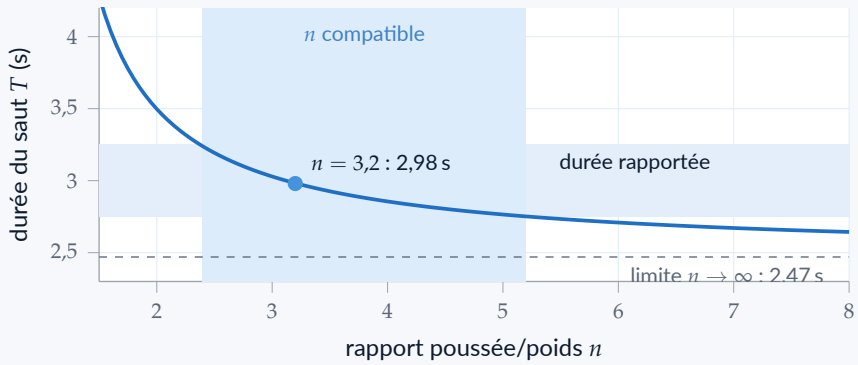


Figure 12. Durée du saut en fonction du rapport poussée/poids. La bande horizontale correspond à la durée rapportée par la presse, la bande verticale aux valeurs de n compatibles.

SCÈNE 3 : RÉSULTAT

L'acrobatie coûte 35,6 m/s, un peu moins que la scène 2. Le saut lui-même en représente plus de 80 %. Le tonneau ne pèse que 6,3 m/s. À 1,9 t, l'acrobatie consomme 141 kg d'air dans le cas A (82 % de l'air utilisable) et 122 kg dans le cas B. Elle est possible pour toutes les masses étudiées.

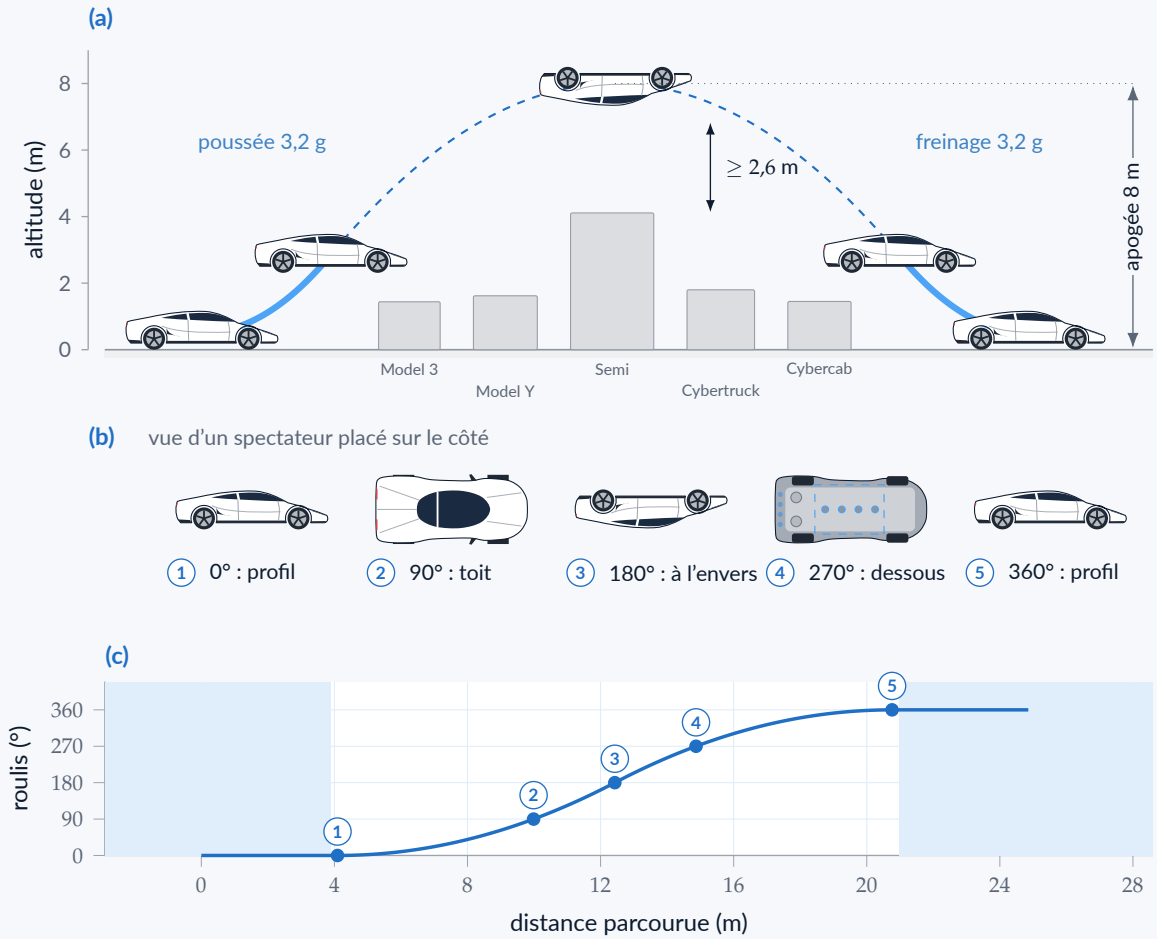


Figure 13. Scène 3 à l'échelle, vue de côté. (a) Trajectoire du centre de gravité ; les segments en bleu vif marquent les phases propulsées. La voiture arrive de profil, passe à l'envers au sommet du saut, puis se pose de nouveau sur ses roues. Dimensions des véhicules approximatives. (b) Orientations successives de la voiture pendant le tonneau, telles que les voit un spectateur placé sur le côté. Le sens de rotation retenu est arbitraire. (c) Angle de roulis en fonction de la distance parcourue ; les points 1 à 5 correspondent aux vues de (b). La rotation se fait entièrement pendant le vol balistique, entre les deux phases propulsées (zones colorées).

B . 6

Bilan comparé

La figure 14 met en regard les besoins des deux scènes et les ressources de la voiture. Les besoins ne dépendent pas de la masse. Les ressources en dépendent : plus la voiture est lourde, moins la même masse d'air lui apporte de vitesse.

Le tableau 4 donne l'air consommé et la part de la réserve utilisable qu'il représente.

Tableau 4. Air consommé par acrobatie, en kilogrammes et en part de la réserve utilisable (cas A / cas B).

Masse	Scène 2	Scène 3	Δv_{dispo} (m/s)	Rapport dispo/besoin
1 300 kg	102 (59 %) / 88 (40 %)	96 (56 %) / 84 (38 %)	66 / 100	1,75 / 2,66
1 600 kg	125 (73 %) / 108 (49 %)	119 (69 %) / 103 (46 %)	53 / 80	1,40 / 2,12
1 900 kg	149 (86 %) / 129 (58 %)	141 (82 %) / 122 (55 %)	44 / 66	1,17 / 1,76

Aucune acrobatie n'épuise la réserve, même dans le cas le plus défavorable. Mais à 1,9 t, une seule acrobatie consomme entre 55 % et 86 % de la réserve utilisable. Utiliser une voiture différente pour chaque acrobatie, comme Tesla l'a fait, est donc cohérent avec ces ordres de grandeur.

La question de la légèreté se règle en inversant l'équation (3). La masse maximale qui permet encore l'acrobatie la plus coûteuse vaut

$$m_{0,\max} = \frac{m_u}{1 - e^{-\Delta v_2 / c}}, \tag{13}$$

soit 2205 kg dans le cas A et 3263 kg dans le cas B. Une voiture complète de 1,9 t reste en dessous de ces deux limites. La figure 15 représente cette frontière en fonction de la vitesse d'éjection.

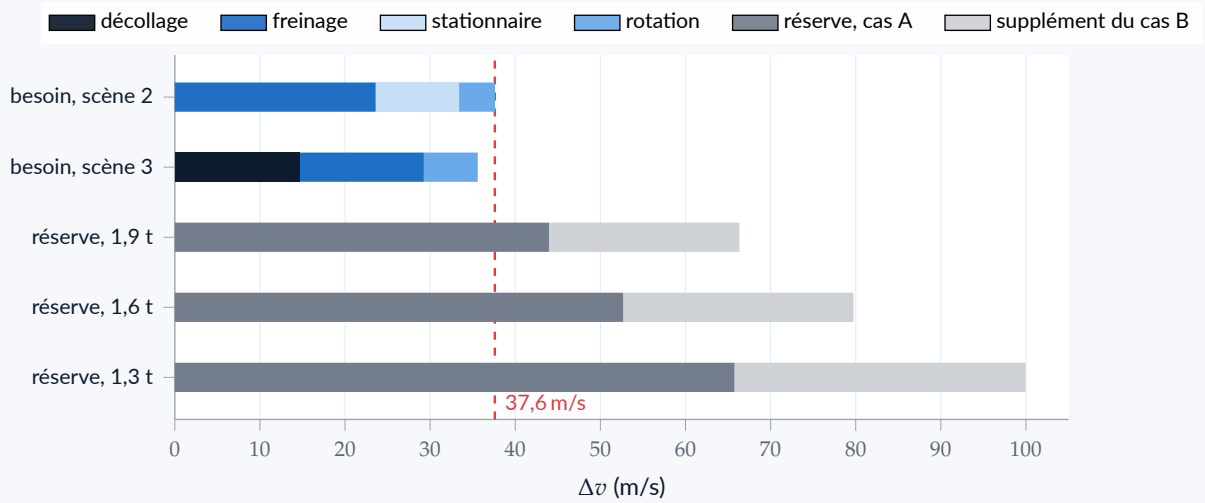


Figure 14. Besoins et ressources en Δv. Les deux barres du haut décomposent le coût de chaque acrobatie. Les trois barres du bas donnent le Δv que fournit la réserve d'air, selon la masse de la voiture : en foncé dans le cas A, en clair le supplément du cas B. Toutes les réserves dépassent le besoin le plus élevé (tirets).

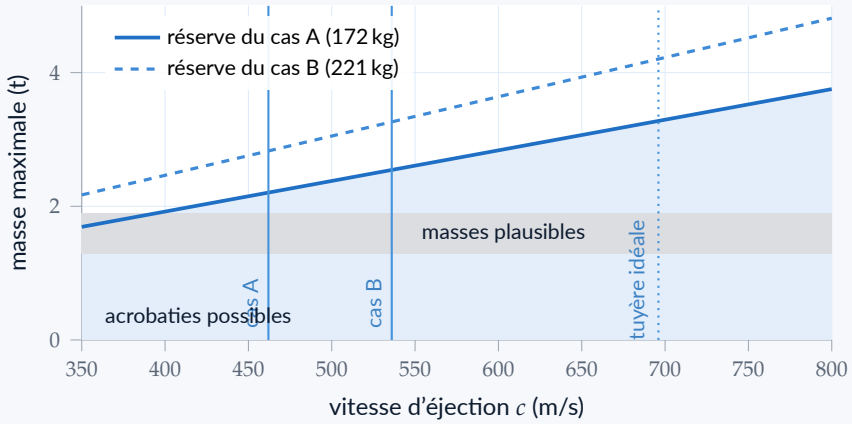


Figure 15. Masse maximale de la voiture qui permet encore l'acrobatie la plus coûteuse (scène 2), en fonction de la vitesse d'éjection. La zone bleue est celle où les acrobaties sont possibles même avec la réserve du cas A. La bande grise couvre les masses plausibles.

B.7

Vitesse de rotation et masse

Après ces bilans, seule la rapidité des rotations pourrait encore signaler une voiture plus légère qu'annoncé. L'équation (7) montre que la poussée latérale varie comme $1/t_T^2$. Le tableau 5 donne les valeurs pour un tonneau complet à 1,9 t.

Tableau 5. Tonneau complet d'une voiture de 1,9 t : poussée latérale et air consommé selon la durée de la rotation (cas A).

Durée du tonneau	2 s	1 s	0,7 s	0,5 s
Poussée latérale	6 kN	24 kN	49 kN	96 kN
Air consommé	26 kg	51 kg	73 kg	101 kg

Tesla annonce une poussée totale de plus de 80 kN, répartie entre dix tuyères. Les tuyères d'attitude n'en représentent qu'une partie. Si l'on admet qu'elles peuvent fournir la moitié de ce total, soit 40 kN, un tonneau complet ne peut pas durer moins de 0,78 s à 1,9 t, ni moins de 0,64 s à 1,3 t (figure 16).

Ce seuil permet un test simple : on chronomètre le tonneau de la scène 3 sur la vidéo, image par image. Une durée supérieure à une seconde est compatible avec une voiture complète. Une durée nettement inférieure à 0,78 s indiquerait une voiture beaucoup plus légère qu'un Roadster de série, ou des images retouchées.

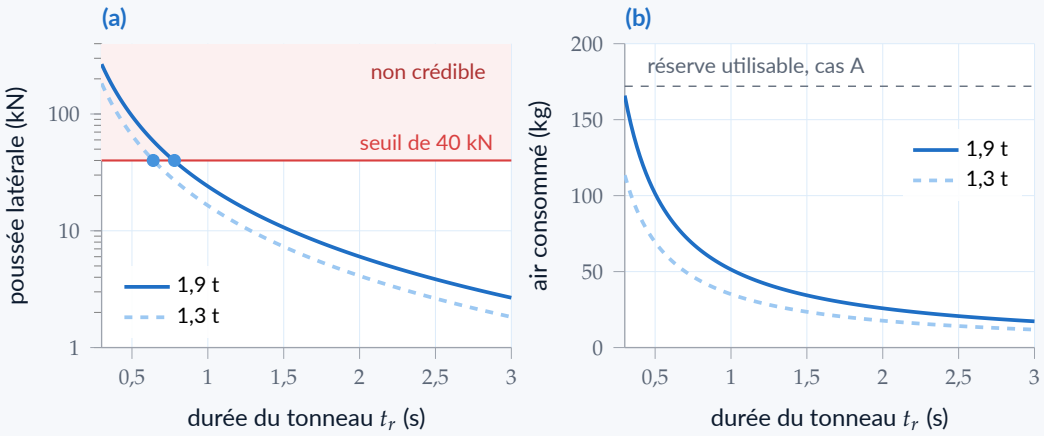


Figure 16. Tonneau complet en fonction de sa durée : (a) poussée latérale nécessaire, en échelle logarithmique ; (b) air consommé. La zone rouge correspond à une poussée d'attitude supérieure à la moitié de la poussée totale annoncée.

B.8

Temps de vol et usage des acrobaties

Pour savoir si la voiture peut voler, il suffit de calculer combien de temps sa réserve d'air peut la porter. D'après la règle (5), ce temps de vol maximal, sans aucune manœuvre, vaut $\Delta v_{\text{dispo}}/g$. Pour une voiture de 1,9 t, il est compris entre 4,5 et 6,8 s selon le cas de vidange. Pour une voiture de 1,3 t, il atteint 6,7 à 10,2 s (figure 17).

Ces durées sont du même ordre que celles des acrobaties. La voiture peut sauter et se poser en douceur, mais sa réserve d'air ne lui permet pas de voler comme un aéronef, et l'aviation civile américaine ne la considère d'ailleurs pas comme tel[126]. Avec de l'air comprimé, chaque seconde en l'air coûte environ 40 kg d'air à 1,9 t dans le cas A.

Sur la route, ces acrobaties n'ont pas d'usage. Comme le relève Electrek, un saut ou un tonneau n'améliore ni l'accélération ni la tenue de route. Seules les tuyères arrière et latérales pourraient aider en virage ou au démarrage. Tesla indique par ailleurs que la version « Rocket », la seule équipée pour ces acrobaties, est réservée à des clients invités et n'est pas autorisée sur la voie publique.

Une voiture qui vide presque tout son réservoir en une acrobatie et qui n'a pas le droit de rouler sur la route ne prépare aucun produit. Sa fonction est celle décrite dans la partie A : nourrir le récit de Musk.

[126] *Fortune*, 17 octobre 2026, d'après CBS News et *Politico*.

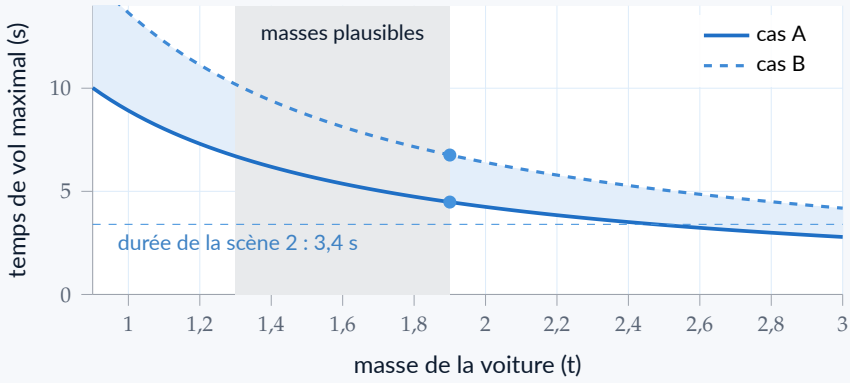


Figure 17. Durée maximale pendant laquelle la réserve d'air peut porter la voiture, sans aucune autre manœuvre. Une voiture de 1,9 t ne peut pas rester en l'air plus de quelques secondes.

B.9

Débit et dimension des tuyères

Freiner une voiture de 1,9 t à $n = 3{,}2$ demande une poussée de 60 kN. Avec $c = 462\,\mathrm{m/s}$, le débit d'air vaut $F/c = 129\,\mathrm{kg/s}$. Pour une tuyère sonique, le débit par unité de section du col s'écrit

$$\frac{\dot{m}}{A^*} = p_0 \sqrt{\frac{\gamma}{R T_0}} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} . \tag{14}$$

À 437 bar, la section totale des cols vaut 12,5 cm², soit un diamètre de 2,0 cm pour chacune de quatre tuyères. À 100 bar, après une vidange partielle ou derrière un détendeur, il faut 55 cm². Ces dimensions sont modestes et compatibles avec des vannes rapides, que Tesla décrit comme capables d'ajustements en une fraction de seconde. La difficulté technique tient plutôt à la stabilité de la poussée, alors que la pression du réservoir chute d'un facteur dix.

B.10

Limites du modèle

- La masse et la répartition des masses sont inconnues. Le moment d'inertie d'une boîte homogène donne un ordre de grandeur. Une batterie placée dans le plancher modifierait κ de quelques dizaines de pour cent, ce qui ne change pas les conclusions.
- La télémétrie est interprétée. Les 3,2 g pourraient correspondre à un pic de choc au contact plutôt qu'au rapport poussée/poids du freinage. La vérification de la section B.5.2 rend cette lecture plausible sans la démontrer.
- La vidange est idéalisée. Les pertes de charge, les détendeurs et le temps d'ouverture des vannes réduisent la vitesse d'éjection effective. Le cas A en tient compte en partie en retenant une température de gaz très basse.
- L'aérodynamique est négligée. À 16 m/s, une voiture qui tombe à plat subit une traînée de l'ordre de 1,5 kN, soit 2 à 3 % de la poussée de freinage. Cette traînée ralentit la chute : la négliger rend le calcul prudent.
- Les rotations autres que le roulis, les défauts d'alignement des tuyères et les corrections de trajectoire ne sont pas comptés. Ils ajoutent un coût que l'on peut estimer à quelques mètres par seconde.
- Le départ arrêté de 0 à 60 mph en 0,81 s n'est pas étudié.

EN RÉSUMÉ

1. Rien n'oblige à supposer un trucage. Les deux acrobaties respectent les lois de la mécanique avec les chiffres publiés. Elles exigent 37,6 et 35,6 m/s de Δv, et une voiture complète de 1,9 t en dispose de 44 à 66 m/s.
2. Une voiture allégée n'est pas nécessaire. La masse maximale compatible avec les deux acrobaties est comprise entre 2,2 t et 3,3 t.
3. La réserve d'air s'épuise presque en une seule acrobatie. À 1,9 t, une acrobatie consomme jusqu'à 86 % de l'air utilisable, ce qui explique l'emploi d'une voiture différente pour chaque acrobatie.
4. Les données publiées sont cohérentes entre elles. La charge de 3,2 g relevée sur la scène 2 et la durée de 3 s rapportée pour la scène 3 décrivent le même rapport poussée/poids.
5. Un seul indice pourrait encore contredire la démonstration : la vitesse de rotation. Un tonneau complet en moins de 0,78 s serait incompatible avec une voiture de 1,9 t.
6. Ces acrobaties n'ont pas d'usage routier. La réserve d'air porte la voiture au plus quelques secondes, et la version équipée n'est pas autorisée sur la voie publique.

Conclusions générales

La direction de l'empire

Les entreprises de Musk restent juridiquement distinctes, mais elles convergent autour de Musk, qui les dirige et leur prête son image. SpaceX a absorbé xAI et X, puis elle est entrée en bourse pour plus de 2 000 milliards de dollars. Tesla lui est liée par des capitaux, des batteries, des logiciels, des puces et une usine commune. L'ensemble glisse de la voiture électrique vers l'intelligence artificielle et la défense, sur Terre comme en orbite, et Musk co-dirige depuis septembre 2026 une mission du Pentagone sur la guerre future (partie A).

Pour Tesla, cette direction répond à un besoin. La bourse la valorise bien au-delà de ce que rapportent ses voitures, alors que ses ventes reculent et que ses robotaxis et ses robots arrivent en retard. Une fusion avec SpaceX adosserait cette valeur à des activités qui rapportent déjà, et le plan de rémunération de Musk la rendrait avantageuse pour lui. Cette fusion reste une hypothèse.

Le rôle du 15 octobre

La démonstration du Roadster s'inscrit dans cette direction. Elle met en scène le pouvoir de Musk devant mille témoins, sur un site de SpaceX, avec des propulseurs conçus par SpaceX, et la presse financière y a lu l'annonce d'une fusion. Elle produit une image qui a fait le tour du monde en quelques heures, et qui fascine parce que personne ne peut la juger sur le moment.

Les calculs de la partie B montrent que les acrobaties sont réelles, et que rien n'oblige à supposer un trucage. Une seule d'entre elles vide pourtant jusqu'à 86 % de la réserve d'air, la voiture ne tient pas en l'air plus de quelques secondes, et la version équipée de tuyères n'a pas le droit de rouler sur la route. Le 15 octobre sert donc l'image d'un empire qui réunit les voitures de Tesla et les fusées de SpaceX.

Une croissance sans fin

Le plan de rémunération de Musk exige de multiplier par six la valeur de Tesla, chaque promesse manquée est remplacée par une promesse plus vaste, et Musk dit lui-même qu'il ne pourrait pas arrêter la course à l'IA s'il le voulait. L'entreprise qui devait accélérer la sortie des hydrocarbures a retiré le mot « durable » de sa mission, et SpaceX achète des turbines à gaz pour alimenter les centres de calcul de xAI, alors que sept des neuf limites planétaires sont franchies.

L'acrobatie comme méthode

D'autres acrobaties accompagnent le saut du 15 octobre. Tesla arrête de fabriquer des voitures qui existent pour installer une ligne de robots qui n'existent pas encore. xAI loue à ses concurrents l'essentiel des processeurs qu'elle a accumulés pour Grok. En promettant des centres de calcul en orbite, SpaceX a levé plus de 85 milliards de dollars, alors que son propre prospectus les dit fondés sur des technologies qui n'existent pas. Avec ses actions toutes neuves, elle a ensuite payé 60 milliards de dollars pour Cursor, un client des modèles de ses concurrents. À

chaque étape, le spectacle précède le produit et soutient une valeur que le produit ne justifie pas encore. L'acrobatie est devenue le mode opératoire de Musk. Les Grecs appelaient cette démesure l'*hubris*, et Némésis finissait par rattraper ceux qui s'y livraient. Les limites planétaires jouent aujourd'hui ce rôle, pour l'humanité entière.

La part d'incertitude

Qu'on l'apprécie ou non, Musk compte parmi les forces qui façonnent l'ère planétaire, et ce jugement reste daté de 2026. Il a déjà fait basculer l'industrie automobile vers l'électrique, et SpaceX a révolutionné le transport spatial avec ses fusées réutilisables. Starlink pourrait devenir un service essentiel jusque dans les téléphones. D'autres projets de l'empire survivront peut-être à leurs promesses, même si le calcul en orbite paraît le moins solide d'entre eux. Plus ces services deviennent essentiels, plus leur dépendance à un seul homme pèse. L'Ukraine l'a vu en octobre 2026, quand ses drones ont perdu leur liaison Starshield sans que l'on sache encore qui l'a décidé.

Un personnage tenté par sa part sombre

Musk a longtemps mis son génie d'ingénieur, et une dureté que son biographe Walter Isaacson décrit sans fard[127], au service de défis qui étaient aussi ceux de la planète. La croissance qu'exige sa valeur boursière l'entraîne désormais vers la guerre et le pouvoir politique : en 2025, il a dirigé le DOGE de l'administration Trump, soutenu plusieurs mouvements d'extrême droite en Europe, dont l'AfD, et qualifié l'empathie de « faiblesse fondamentale de la civilisation occidentale »[128]. Anakin Skywalker devient Dark Vador en mettant sa puissance au service de l'Empire, puis revient vers la lumière lorsqu'il voit son fils en danger. Un choc, planétaire ou intime, pourrait de même ramener vers les défis de la planète la puissance d'innovation que Musk a rassemblée.

Où va donc l'empire Musk ? Il va vers la démesure, et nul ne sait encore si elle servira l'ombre ou la lumière. Figure de l'ère planétaire, Musk porte en lui les contradictions de l'humanité : une puissance capable de relever ses plus grands défis, et une croissance qui en franchit les limites. Le choix de sa direction annonce celui que l'humanité doit faire, et qu'aucun individu ne peut faire seul.

[127] Walter Isaacson, *Elon Musk*, Simon & Schuster, 2023 ; ouvrage non lu pour cette note, cité d'après des comptes rendus de presse.

[128] DOGE : département de l'Efficacité gouvernementale ; Musk en a quitté la direction fin mai 2025. Soutien à l'AfD : tribune dans *Welt am Sonntag*, 28 décembre 2024, et intervention lors d'un meeting du parti, 25 janvier 2025. Empathie : entretien avec Joe Rogan, février 2025. Original : « The fundamental weakness of Western civilization is empathy ».

OÙ ATTERRIR ?

En 2017, le philosophe Bruno Latour demandait *Où atterrir ?* D'après un compte rendu de son essai, il y décrit des élites qui auraient conclu qu'il n'y avait plus assez de place sur Terre pour elles et pour tous les autres, et qui auraient renoncé à partager un monde commun. Il appelle « Hors-Sol » cette direction[129]. Le projet martien de Musk en est la version littérale, et le calcul en orbite en devient la version industrielle. Musk cherche hors de la Terre la place que la croissance de ses entreprises exige.

La question vaut aussi pour l'humanité. Le Roadster du 15 octobre réunit des ingénieurs de premier plan, des réservoirs à 437 bar et des tuyères de fusée pour faire sauter une voiture pendant trois secondes. Musk pousse à l'extrême une économie qui finance le présent par des promesses de croissance et ne sait plus ralentir. Pour Latour, atterrir consiste d'abord à dresser l'inventaire de ce dont on dépend. Cela oblige à décider ce que nous voulons faire croître, et à quoi doit servir la puissance technique dont nous disposons. Face aux limites planétaires, l'humanité a besoin de plus de concertation et de planification, et de moins de pensée magique. Une acrobatie promet de franchir l'obstacle d'un bond, alors que sortir de la nasse où nous sommes demande de mesurer, de décider ensemble et d'organiser la transition. Le Planetary Lab travaille sur cette question : mettre la technique au service de l'humanité et de la biosphère.

[129] Bruno Latour, *Où atterrir ? Comment s'orienter en politique*, La Découverte, 2017, d'après un compte rendu publié dans les *Cadernos EBAPE.BR* en 2021 ; le livre n'a pas été relu pour cette note.

Annexe : formulaire

Grandeur	Expression
Air consommé (Tsiolkovski)	$m_{\text{air}} = m_0 \left(1 - e^{-\Delta v / c}\right)$
Δv disponible	$\Delta v_{\text{dispo}} = c \ln \dfrac{m_0}{m_0 - m_u}$
Vitesse d'éjection, tuyère sonique	$c \simeq \sqrt{2(\gamma+1) R T_0 / \gamma}$
Coût vertical d'une phase de vol	$\Delta v_{\text{vertical}} = g\,T$
Freinage optimal d'une chute de hauteur h	$\Delta v = \sqrt{2gh}\,\sqrt{n/(n-1)}$
Couple pour une rotation $\Delta\theta$ en t_r	$M = 4I\Delta\theta / t_r^2$
Coût d'une rotation	$\Delta v_{\text{rot}} = 4\kappa\Delta\theta / (d\,t_r)$
Durée d'un saut de hauteur Δz	$T = \dfrac{2v_b}{g}\,\dfrac{n}{n-1}, \quad v_b = \sqrt{2g\Delta z\,(n-1)/n}$
Tenue sur une paroi verticale	$\sigma \geq 1/\mu - v^2/(gR)$

Sources

- Tesla Oracle, *Tesla stuns the world with the flying Roadster stunts*, 15 octobre 2026. https://www.teslaoracle.com/2026/10/15/tesla-stuns-the-world-with-the-flying-roadster-stunts-videos-learn-how-it-works/
- The AGI Clock, *The physics of Tesla's Roadster flip*, 16 octobre 2026. https://theagiclock.com/articles/tesla-roadster-flip-flying-car-physics/
- InsideEVs, *Here are all of the crazy tricks the Tesla Roadster just did*, octobre 2026. https://insideevs.com/news/812152/tesla-roadster-backflip-suction-2g/
- Electrek, *An updated technical look at Tesla's kick-flipping Roadster*, 15 octobre 2026. https://electrek.co/2026/10/15/an-updated-technical-look-at-teslas-kick-flipping-0-60-in-1s-next-gen-roadster/
- EVXL, *Tesla Roadster kickflips over a Semi*, 16 octobre 2026. https://evxl.co/2026/10/16/tesla-roadster-kickflip-reservation-no-price/
- BigGo Finance, *Tesla unveils Roadster after 9 years*, octobre 2026. https://finance.biggo.com/news/95f7f1b7-0e9c-43e0-b9aa-f393e8b214f9
- Engadget, *Relive Tesla's Roadster stunt show*, octobre 2026. https://www.engadget.com/2288448/relive-tesla-ridiculously-fun-roadster-stunt-show/
- Not a Tesla App, *Tesla Roadster event recap*, octobre 2026. https://www.notateslaapp.com/news/4837/tesla-roadster-event-recap-it-flies-flips-and-hits-0-60-in-081s
- A. Gupta, publication sur X décrivant l'arrêt de la voiture sur la paroi verticale (source non journalistique). https://x.com/aakashgupta/status/2110943567313285460
- Bloomberg, *Tesla Launches Roadster at SpaceX Site in Latest Merger Hint*, 15 octobre 2026. https://www.bloomberg.com/news/articles/2026-10-15/tesla-readies-flying-car-demo-to-pump-up-sluggish-auto-business
- The Motley Fool, *SpaceX and Tesla merger talks are heating up*, 6 août 2026. https://www.fool.com/investing/2026/08/06/spacex-and-tesla-merger-talks-are-heating-up-and-i/
- New Straits Times, *Elon Musk's SpaceX said to consider merger with Tesla*, janvier 2026. https://www.nst.com.my/amp/business/corporate/2026/01/1367664/elon-musks-spacex-said-consider-merger-tesla
- Autonocion, *The Tesla Roadster Reveal Wasn't a Live Demo*, octobre 2026 (thèse du trucage, non vérifiée). https://www.autonocion.com/us/tesla-roadster-live-demo-recap/
- Reuters, *Tesla set to unveil next-generation Roadster sports EV after years of delay*, 15 octobre 2026, repris par Zawya. https://www.zawya.com/en/business/americas/tesla-set-to-unveil-next-generation-roadster-sports-ev-after-years-of-delay-1678611
- Electrek, *Elon Musk drops "sustainable" from Tesla's mission*, 26 décembre 2025. https://electrek.co/2025/12/26/elon-musk-drops-sustainable-teslas-mission-completes-villain-arc/
- Tesla, « 2025 CEO Performance Award », pièce 10.2 du formulaire 8-K, SEC, septembre 2025.
- Potsdam Institute for Climate Impact Research et Stockholm Resilience Centre, *Planetary Health Check 2025*, 24 septembre 2025.
- CompaniesMarketCap, capitalisations de Toyota, BYD, BMW et Volkswagen, octobre 2026. https://companiesmarketcap.com/toyota/marketcap/
- BMW Group, *BMW Group vehicle sales grew in 2025*, communiqué, janvier 2026. https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0454859EN/bmw-group-vehicle-sales-grew-in-2025
- AutoIndustriya, *Toyota Motor Corporation still the world's best-selling automaker in 2025*, janvier 2026. https://www.autoindustriya.com/auto-industry-news/toyota-motor-corporation-still-the-world-s-best-selling-automaker-in-2025.html
- Yahoo Finance, *BYD delivers 4.6 million vehicles in 2025*, 2 janvier 2026. https://finance.yahoo.com/news/byd-delivers-4-6-million-111833735.html

- TechNode, *Chinese makers accounted for more than 97% of global humanoid robot shipments in H1 2026*, 11 août 2026. https://technode.com/2026/08/11/chinese-makers-accounted-for-more-than-97-of-global-humanoid-robot-shipments-in-h1-2026/
- Startup Fortune, *China's humanoid robot shipments hit 97% of the world as Tesla stalls*, 14 octobre 2026. https://startupfortune.com/chinas-humanoid-robot-shipments-hit-97-of-the-world-as-tesla-stalls/
- Drive Tesla Canada, *SpaceX completes merger with xAI*, février 2026. https://driveteslacanada.ca/news/spacex-completes-merger-with-xai/
- Yahoo Finance, *SpaceX wins $2.29B Space Force contract for military satellites*, 27 mai 2026. https://finance.yahoo.com/markets/stocks/articles/spacex-wins-2-29b-space-100000053.html
- CNBC, *SpaceX wins $4.16 billion Space Force contract for threat-detection satellites*, 29 mai 2026. https://www.cnbc.com/2026/05/29/spacex-wins-4point16-billion-space-force-contract-for-threat-detection-satellites.html
- Newsquawk, d'après Axios, *xAI and US Pentagon reach a deal to use Grok in classified systems*, 24 février 2026.
- Time, *The race to build AI humanoid soldiers for war*, 10 mars 2026. https://time.com/article/2026/03/09/ai-robots-soldiers-war/
- CNBC, *Tesla unveils long-delayed Roadster developed with SpaceX, fueling merger speculation*, 15 octobre 2026. https://www.cnbc.com/2026/10/15/tesla-roadster-reveal-what-to-know-about-the-delayed-ev.html
- Jalopnik, *Tesla Roadster re-reveal promises new design, flight, production in 2028*, octobre 2026. https://www.jalopnik.com/2288450/tesla-roadster-rereveal-new-design-production-plans-for-flying-car/
- TechCrunch, *Tesla Dojo : the rise and fall of Elon Musk's AI supercomputer*, 2 septembre 2025. https://techcrunch.com/2025/09/02/tesla-dojo-the-rise-and-fall-of-elon-musks-ai-supercomputer/
- TechCrunch, *Elon Musk says Tesla's restarted Dojo3 will be for space-based AI compute*, 20 janvier 2026. https://techcrunch.com/2026/01/20/elon-musk-says-teslas-restarted-dojo3-will-be-for-space-based-ai-compute
- TechCrunch, *Tesla invested $2B in Elon Musk's xAI*, 28 janvier 2026. https://techcrunch.com/2026/01/28/tesla-invested-2b-in-elon-musks-xai
- Electrek, *Tesla and SpaceX announce $25B "Terafab" chip factory*, 22 mars 2026. https://electrek.co/2026/03/22/tesla-spacex-terafab-chip-factory-ai-desperation/
- Quartz, *Tesla begins Cybercab robotaxi production at Giga Texas*, 24 avril 2026. https://qz.com/tesla-cybercab-robotaxi-production-giga-texas-042426
- UPI, *Hegseth appoints Musk, Gingrich, Luckey to lead warfare project*, 30 septembre 2026. https://www.upi.com/Top_News/US/2026/09/30/musk-gingrich-luckey-to-lead-warfare-project/9841790814098/
- Bloomberg, *Musk, Luckey tapped by Pentagon to shape future US military technology*, 1er octobre 2026. https://www.bloomberg.com/news/articles/2026-10-01/tech-billionaires-musk-luckey-get-a-say-in-future-of-warfare
- The Washington Times, *Project Meridian to take on major foundational changes for the military*, 13 octobre 2026. https://washingtontimes.com/news/2026/oct/13/project-meridian-take-major-foundational-changes-military
- Alaska Native News, *Hegseth taps Elon Musk, Palmer Luckey, and Newt Gingrich to lead "Future of Warfare" project*, octobre 2026. https://alaska-native-news.com/best-minds-hegseth-taps-elon-musk-palmer-luckey-and-newt-gingrich-to-lead-future-of-warfare-project/86510/
- Fortune, *SpaceX IPO debut : valuation at over $2 trillion*, 12 juin 2026. https://fortune.com/2026/06/12/spacex-ipo-trading-first-day-live-updates-elon-musk/
- The Journal, *From rockets to brain implants, here's a look at Elon Musk's vast empire*, 2026. https://www.the-journal.com/?p=153414
- Snopes, *Did Elon Musk have a cameo in Iron Man 2 ?* https://www.snopes.com/fact-check/elon-musk-iron-man-2/
- G. Balandier, *Le Pouvoir sur scènes*, Balland, 1980 ; J. G. Frazer, *The Golden Bough*, 1922 ; R. Barthes, *Mythologies*, Seuil, 1957 ; G. Debord, *La Société du spectacle*, 1967 ; A. Gell (1992) ; H. Rosa (2014) ; B. Latour, *Où atterrir ?*, La Découverte, 2017 (lectures indiquées en note).

- Fortune, *Tesla is taking $250,000 deposits for a Roadster with SpaceX thrusters. The FAA says it isn't an aircraft*, 17 octobre 2026. https://fortune.com/2026/10/17/tesla-flying-roadster-spacex-thrusters-2028-production-price/
- Twitchy, *Launching Laughs : Tesla Roadster Memes Take Off on X*, 16 octobre 2026. https://twitchy.com/warren-squire/2026/10/16/elon-musk-teslza-roadster-memes-n2433372
- OneIndia, *Tesla Unveils Flying Roadster, Internet Flooded With Memes*, octobre 2026. https://www.oneindia.com/international/tesla-unveils-flying-roadster-stunt-leaves-internet-stun-internet-flooded-with-memes-watch-8236931.html
- SpaceX, prospectus d'introduction en bourse (formulaire S-1), SEC, 20 mai 2026. https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001181412/000162828026036936/spaceexplorationtechnologi.htm
- Epoch AI, *Frontier Data Centers*, estimations d'octobre 2026. https://epoch.ai/graphs/largest-ai-data-centers-by-power-capacity
- TechCrunch, *xAI burned $6.4B last year*, 20 mai 2026. https://techcrunch.com/2026/05/20/xai-burned-6-4b-last-year-spacexs-ipo-filing-shows-why-the-spending-is-far-from-over/
- TechCrunch, *Google will pay SpaceX $920M per month for compute*, 5 juin 2026. https://techcrunch.com/2026/06/05/google-will-pay-spacex-920m-per-month-for-compute/
- Wccftech, d'après The Information, *xAI using just 11 percent of its GPUs*, mai 2026. https://wccftech.com/xai-using-just-11-percent-gpus-while-meta-google-squeeze-out-much-more/amp/
- The Next Web, *xAI : 59 unpermitted gas turbines*, juillet 2026. https://thenextweb.com/news/xai-59-unpermitted-gas-turbines-memphis-southaven
- DatacenterDynamics, *Elon Musk says SpaceX will be doing data centers in space*, 3 novembre 2025. https://www.datacenterdynamics.com/en/news/elon-musk-says-spacex-will-be-doing-data-centers-in-space/
- Shacknews, *SpaceX acquires xAI*, 2 février 2026. https://www.shacknews.com/article/147689/spacex-acquires-xai-elon-musk
- Engadget, *SpaceX wants to launch a constellation of a million satellites*, 30 janvier 2026. https://www.engadget.com/science/space/spacex-wants-to-launch-a-constellation-of-a-million-satellites-to-power-ai-needs-175607771.html
- Reuters, *SpaceX ties Musk compensation to Mars and orbital data centers*, 28 avril 2026, repris par Yahoo Finance. https://finance.yahoo.com/markets/stocks/articles/analysis-spacex-ties-musk-compensation-100426263.html
- Reuters, *Musk's SpaceX prices record $75bn IPO at $135 a share*, 11 juin 2026, repris par Chronicle.lu. https://chronicle.lu/category/international/61739-musks-spacex-prices-record-75bn-ipo-at-135-a-share
- Morningstar, *Why we think the SpaceX IPO is overvalued*, juin 2026. https://www.morningstar.com/stocks/why-we-think-spacex-ipo-is-overvalued
- IEEE Spectrum, *Orbital data centers*, 26 février 2026. https://spectrum.ieee.org/orbital-data-centers
- Forethought, *Will we really put data centers in space ?*, 22 mai 2026. https://forethought.org/research/will-we-really-put-data-centers-in-space
- DatacenterDynamics, *Plans for space data centers labelled ridiculous, AI snake oil and peak insanity*, 2026. https://www.datacenterdynamics.com/en/news/plans-for-space-data-centers-labelled-ridiculous-ai-snake-oil-and-peak-insanity/
- AIE, *Energy and AI*, 2025. https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/executive-summary
- Electrek, *Tesla pushes Optimus V3 reveal later this year, again*, 22 avril 2026. https://electrek.co/2026/04/22/tesla-optimus-production-fremont-model-sx-line/
- KTVU, *Tesla ends production of Model S and Model X*, 29 janvier 2026. https://www.ktvu.com/news/tesla-ends-production-model-s-model-x-cars-2026
- UNSW, *World's tech leaders urge UN to ban killer robots*, 21 août 2017. https://www.unsw.edu.au/newsroom/news/2017/08/world_s-tech-leaders-urge-un-to-ban-killer-robots
- Fortune, *Elon Musk says AI is the greatest risk we face as a civilization*, 15 juillet 2017. https://fortune.com/2017/07/15/elon-musk-artificial-intelligence-2

- Ciné Série, *Fantômas : 12 millions d'entrées en 3 films*, 10 avril 2024 ; L'argus, *DS réinvente la Citroën volante de Fantômas*, 5 avril 2023 ; Caradisiac, *La DS de l'attentat du Petit-Clamart*.
- Engadget, *OpenAI will pull its models from Cursor due to SpaceXAI acquisition*, 29 août 2026. https://www.engadget.com/2246969/openai-pull-its-models-from-cursor-due-to-spacexai-acquisition/
- IDC, *OpenAI's Cursor Withdrawal Heats Up the Battle for Agentic Coding*, 3 septembre 2026. https://www.idc.com/resource-center/blog/openais-cursor-withdrawal-heats-up-the-battle-for-agentic-coding/
- Wikipédia, *SpaceXAI* et *Anysphere*, consultés le 20 octobre 2026. https://en.wikipedia.org/wiki/SpaceXAI
- SaaStr, *Have AI gross margins really turned the corner ?*, 24 décembre 2025. https://www.saastr.com/have-ai-gross-margins-really-turned-the-corner/
- Drive Tesla Canada, *Tesla's Grok can now control more than 100 vehicle functions*, 31 août 2026. https://driveteslacanada.ca/news/tesla-grok-voice-commands-vehicle-controls/
- BCG, *Space-Based Data Centers : More Than Hype, but Not a Revolution*, août 2026. https://web-assets.bcg.com/pdf-src/prod-live/space-based-data-centers-cost-outlook.pdf
- SemiAnalysis, *To Boldly Go : The Case for Space Datacenters*, 3 juin 2026. https://newsletter.semianalysis.com/p/to-boldly-go-the-case-for-space-datacenters
- Bain, *Orbital Data Centers : Beyond the Grid*, juillet 2026. https://www.bain.com/insights/orbital-data-centers-beyond-the-grid/
- Wood Mackenzie, communiqué du 18 juin 2026. https://www.woodmac.com/press-releases/wood-mackenzie-orbital-data-centres-cost-three-times-more-than-terrestrial-alternatives-as-global-power-demand-heads-for-3700-twh/
- Lawrence Berkeley National Laboratory, files d'attente de raccordement, 2026. https://emp.lbl.gov/news/backlog-power-plants-seeking-transmission-grid-connection-eased-somewhat-2025-amidst
- BloombergNEF, *AI Data Center Build Advances at Full Speed*, 24 mars 2026. https://about.bnef.com/insights/data-centers/ai-data-center-build-advances-at-full-speed-five-things-to-know/
- Measured AI, *xAI's Colossus Cluster*, 25 juin 2026. https://measuredai.substack.com/p/xai-colossus-data-center-cluster
- KRDO, d'après CNN, *What is the Kardashev scale*, 10 juillet 2026. https://krdo.com/cnn-other/2026/07/10/elon-musks-plans-refer-to-an-idea-conceived-in-the-1960s-what-is-the-kardashev-scale/
- R. Frehen, W. Goetzmann, K. G. Rouwenhorst, *New Evidence on the First Financial Bubble*, NBER. https://www.nber.org/papers/w15332
- A. Odlyzko, *Collective hallucinations and inefficient markets*, 2010. https://www-users.cse.umn.edu/~odlyzko/doc/hallucinations.pdf
- HKU Business School, Y. Zhang, *SpaceX IPO : When the Story Outprices the Numbers*, 17 juin 2026. https://impact.hkubs.hku.hk/spacex-ipo-when-the-story-outprices-the-numbers/
- MarketScreener, d'après Reuters, *Short-seller Jim Chanos doubts SpaceX valuation*, 10 juin 2026. https://www.marketscreener.com/news/short-seller-jim-chanos-doubts-spacex-valuation-says-ipo-fueled-by-hopes-and-dreams-ce7f5cdbdf88ff24
- Wikipédia, *Tesla Cybercab*, consulté le 20 octobre 2026. https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Cybercab
- Propriétés thermodynamiques de l'air : bibliothèque CoolProp (Python).