

Synthèse des lancements Falcon 9 et Falcon Heavy de SpaceX au 2ème semestre 2020



Analyse des éléments réutilisés (propulseurs de premier étage et demi-coiffes)

Cette note synthétise les lancements des lanceurs Falcon 9 et Falcon Heavy de SpaceX réalisés entre le 1^{er} juillet et le 31 décembre 2020, et présente une analyse des éléments récupérés et éventuellement réutilisés (propulseurs du premier étage et coiffes). Elle inclut également une synthèse générale des lancements et réutilisations des lanceurs de SpaceX depuis le premier lancement d'un Falcon 9 le 4 juin 2010.

Voir la note CNES-AMB-Washington 20-020 synthétisant les lancements SpaceX au cours du 1^{er} semestre 2020.

Les lanceurs Falcon 9 et Falcon Heavy

Après avoir développé le lanceur léger Falcon 1 (5 lancements entre 2006 et 2009, dont 3 échecs), la société SpaceX, fondée par Elon Musk en 2002, a mis en œuvre le

développement de deux lanceurs : un lourd, le Falcon 9, et un très lourd, le Falcon Heavy. Un des objectifs affichés par la société était de récupérer et réutiliser certains éléments, en particulier les propulseurs de premier étage et les demi-coiffes. Les premiers étages des deux lanceurs utilisent le même type de propulseur. Alors que le premier étage du Falcon 9 est constitué d'un seul propulseur, celui du Falcon Heavy en comprend trois.

Synthèse des lancements SpaceX du 1^{er} juillet au 31 décembre 2020

Au cours du 2^{ème} semestre 2020, SpaceX a encore accéléré la cadence de ses lancements et démontré sa maturité dans la récupération et la réutilisation du premier étage du Falcon 9. Par ailleurs, plusieurs tentatives de récupération en mer des deux demi-coiffes ont été effectuées par des bateaux drones équipés de filets.

15 lancements de Falcon 9 ont été réalisés au cours du second semestre 2020 au profit de charges utiles américaines et étrangères, avec la moitié des lancements réalisés entre le 5 novembre et le 19 décembre (soit 7 lancements en 6 semaines). Ces chiffres sont à comparer aux 5 lancements réalisés au cours du second semestre 2019 et les 13 lancements réalisés sur l'ensemble de l'année 2019. Ces lancements concernent des missions très variées mais essentiellement à destination de l'orbite basse ou de l'ISS.

À noter le 16 novembre le lancement de la première mission opérationnelle du Crew Dragon avec un équipage emportant quatre astronautes (trois de la NASA et un de la JAXA) à destination de l'ISS. La NASA prévoit son retour sur Terre en mars 2021.

Pour ces 15 lancements, SpaceX a utilisé un parc total de 8 propulseurs uniques, dont 3 utilisés pour la première fois et 5 ayant déjà volé au moins une fois. Ainsi, **80% des lancements du deuxième semestre 2020 ont eu recours à des propulseurs ayant déjà volé au moins une fois**. Trois propulseurs ont été utilisés 2 fois, deux propulseurs ont été utilisés 3 fois au cours du semestre et, grande première, des propulseurs ont volé pour la 6^{ème} (vols du 18 août et du 18 octobre) et 7^{ème} fois (vols du 25 novembre et 13 décembre).

LEO : Orbite basse

MEO : Orbite moyenne

SSO : Orbite héliosynchrone

Synthèse des lancements Falcon Heavy du 1^{er} juillet au 31 décembre 2020

Aucun lancement n'a été effectué entre le 1^{er} juillet et le 31 décembre 2020. Le dernier lancement a eu lieu avec succès le 25 juin 2019. Le prochain lancement est planifié en avril 2021. Cette mission, pour le compte de l'*U.S. Space Force*, sera la première mission classifiée d'un Falcon Heavy. Le lanceur devra placer un satellite de 3,7 tonnes sur une orbite géosynchrone, ainsi que le microsatellite Tetra-1 (premier démonstrateur technologique d'une série de quatre). Compte tenu des caractéristiques de la mission, seuls deux des trois premiers étages pourront être récupérés sur des plateformes en mer.

Synthèse des utilisations de premiers étages du 1^{er} juillet au 31 décembre 2020

	3 ^{ème} semestre 2020	3 ^{ème} semestre 2019
Nombre total de lancements	15	5
Nombre total de lancement de Falcon 9	15	5
Nombre total de lancement de Falcon Heavy	0	0
Nombre total de propulseurs requis	15	5
Nombre de propulseurs uniques utilisés	8	4
Nombre tentatives de récupération de propulseurs	15	4
Nombre de propulseurs récupérés	15	4
Nombre de propulseurs perdus à la récupération	0	0
Nombre de propulseurs utilisés pour la 1 ^{ère} fois	3	1
Nombre de propulseurs utilisés pour la 2 ^{ème} fois	2	1
Nombre de propulseurs utilisés pour la 3 ^{ème} fois	2	2
Nombre de propulseurs utilisés pour la 4 ^{ème} fois	2	1
Nombre de propulseurs utilisés pour la 5 ^{ème} fois	2	0
Nombre de propulseurs utilisés pour la 6 ^{ème} fois	2	0
Nombre de propulseurs utilisés pour la 7 ^{ème} fois	2	0
Nombre de propulseurs uniques utilisés 2 fois dans le semestre	3	1
Nombre de propulseurs uniques utilisés 3 fois dans le semestre	2	0

Historique des lancements et réutilisations depuis la genèse de SpaceX

Depuis le premier lancement d'un Falcon 9 en 2010, SpaceX a réalisé 107 lancements :

- **Falcon 9**: 104 lancements entre le 4 juin 2010 et le 31 décembre 2020, avec les versions suivantes :
 - Falcon 9 v1.0 - 5 lancements entre 2010 et 2013
 - Falcon 9 v1.1 - 15 lancements entre 2013 et 2015
 - Falcon 9 Full Thrust - 25 lancements entre 2015 et 2018
 - Falcon 9 Block 4 - 12 lancements entre 2017 et 2018
 - Falcon 9 Block 5 - 47 lancements entre 2018 et le 31 décembre 2020
- **Falcon Heavy**: 3 lancements entre le 6 février 2018 et le 31 décembre 2020 (dernier tir le 25 juin 2019)



Sur ces 107 lancements, SpaceX a connu 3 échecs avec son Falcon 9 :

- Deux échecs complets^[1]:
 - 28 juin 2015 : Falcon 9 v1.1 (mission CRS-7 de fret vers la Station spatiale internationale)
 - 3 septembre 2016 : Falcon 9 Full Thrust (explosion au sol détruisant le satellite israélien de télécommunications AMOS 6)
- Un échec partiel : un Falcon 9 v1.0 le 8 octobre 2012 (mission CRS-1 de fret réussie mais placement sur une mauvaise orbite de la charge utile secondaire d'Orbcomm)

À noter que très tôt dans son développement, SpaceX a réalisé des lancements commerciaux. Dès le 4^{ème} lancement d'un Falcon 9 v1.0 le 8 octobre 2012, le lanceur réalisait avec succès la mission cargo CRS-1 à destination de l'ISS, mais ne parvenant pas à placer la charge utile secondaire d'Orbcomm sur la bonne orbite. Sur les 104 lancements, seuls 5 n'ont pas embarqué de charges utiles commerciales : les 3 premiers pour qualifier les capsules Dragon (sur des Falcon 9 v1.0 en 2010 et 2012) et Crew Dragon (sur des Falcon 9 v1.2 Block 5 le 2 mars 2019 et le 19 janvier 2020), le tout alors que SpaceX a utilisé 6 versions de lanceur Falcon 9 différentes.

Utilisation des propulseurs de premier étage

Le premier étage du Falcon 9 est constitué d'un seul propulseur, alors que celui du Falcon Heavy comprend trois propulseurs identiques à ceux du Falcon 9.

Les 107 lancements de SpaceX ont donc eu besoin d'un total de 113 propulseurs de premier étage :

- 104 propulseurs pour les 104 lancements de Falcon 9 (toutes versions confondues)
- 9 propulseurs pour les 3 lancements de Falcon Heavy

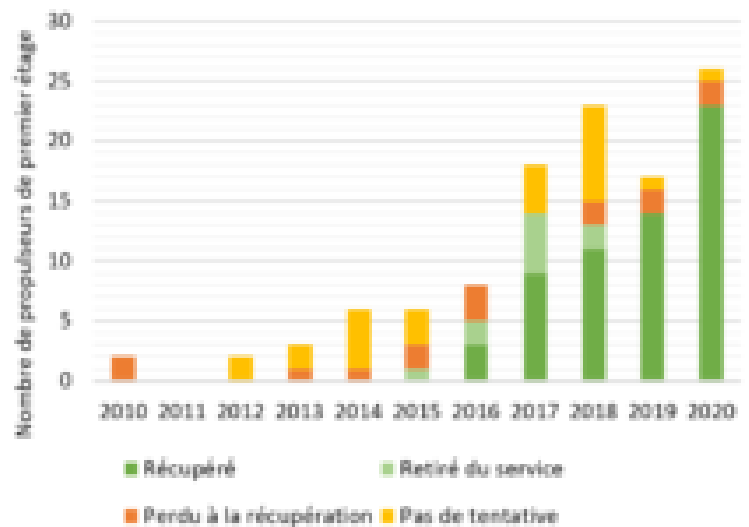
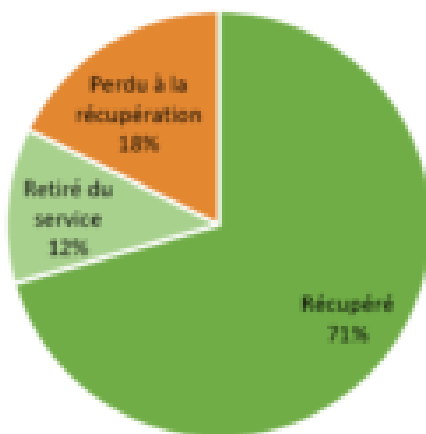
Pour satisfaire ce besoin, SpaceX a utilisé un total de 64 propulseurs, dont 39 à usage unique, et 25 utilisés plus d'une fois. De par leur réutilisation, ces 25 propulseurs ont assuré 67% des besoins (45 tirs de Falcon 9 et 2 tirs de Falcon Heavy ont eu recours à des boosters utilisés plus d'une fois).

SpaceX a utilisé pour la première fois un propulseur ayant déjà volé à l'occasion du

lancement d'un Falcon 9 Full Thrust le 30 mars 2017 (note : sur ce vol, la coiffe avait également été récupérée en mer pour la première fois).

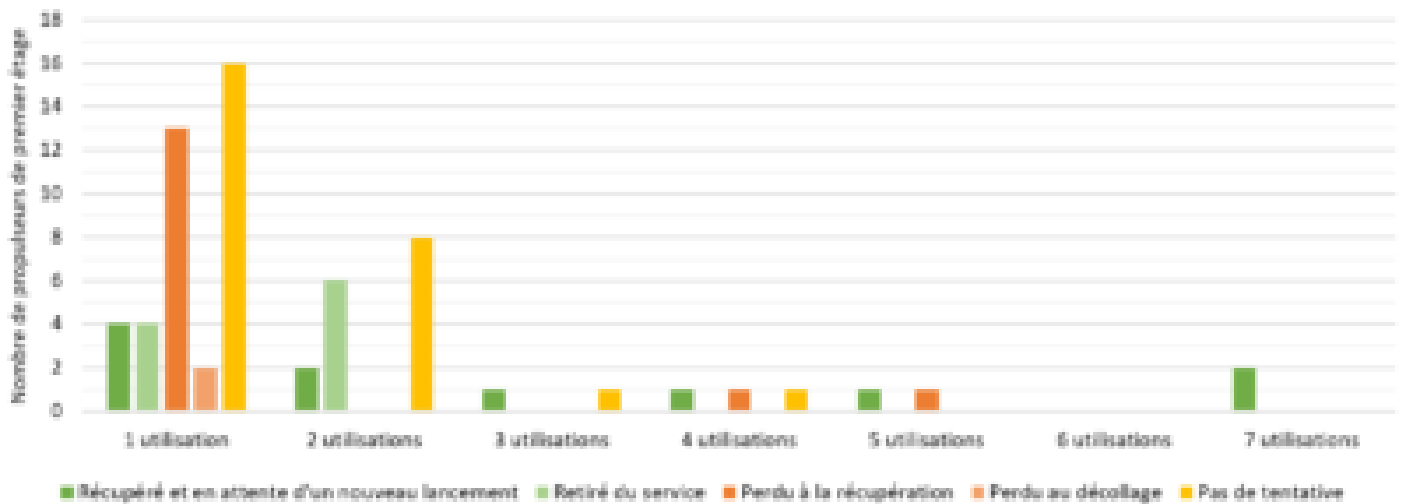
Taux de récupération des propulseurs

SpaceX a effectué sa première tentative de récupération de propulseur du premier étage dès le vol inaugural du Falcon 9 v1.0 le 4 juin 2010, sans succès. Le premier succès de récupération d'un premier étage a eu lieu lors du vol inaugural du Falcon 9 Full Thrust le 22 décembre 2015. SpaceX a tenté de récupérer les propulseurs de premier étage à 85 reprises (75 %) avec un taux de réussite de 82 %. Sur l'ensemble des propulseurs récupérés, 10 ont été retirés du service (12%).



Taux d'utilisation des propulseurs

À ce jour, le nombre maximal d'utilisation d'un même propulseur de premier étage est de **7 fois**. Pour mémoire SpaceX annonce un nombre maximal de 100 utilisations par propulseur de premier étage, avec un reconditionnement tous les 10 lancements.



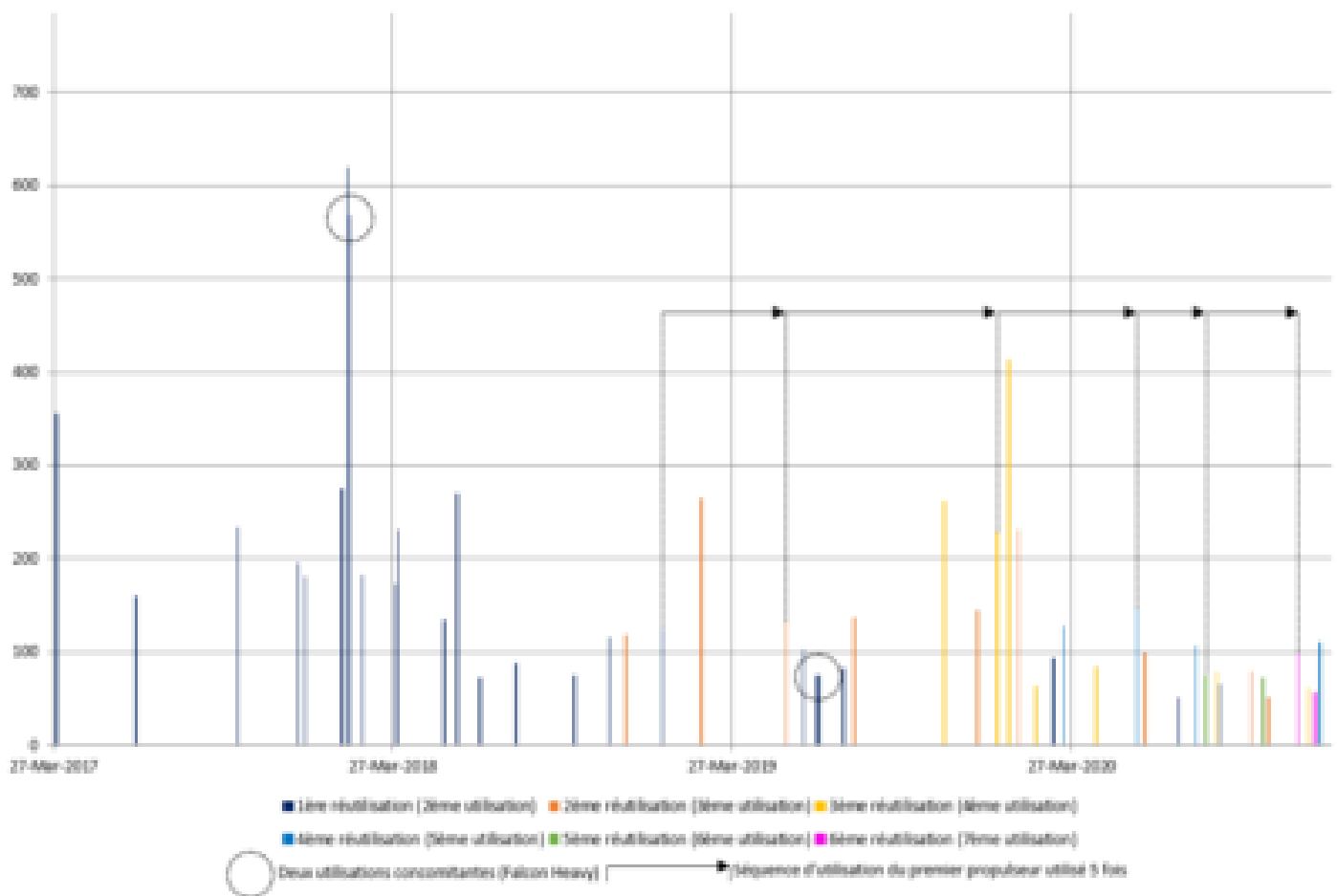
Sur l'année 2020, les délais moyens entre deux utilisations d'un propulseur de premier étage sont de :

- 70 jours pour une 2^{ème} utilisation (51 jours minimum et 93 jours maximum)
- 115 jours pour une 3^{ème} utilisation (51 minimum et 231 maximum)
- 103 jours pour une 4^{ème} utilisation (61 minimum et 228 maximum)
- 124 jours pour une 5^{ème} utilisation (107 minimum et 149 maximum)
- 74 jours pour une 6^{ème} utilisation (72 minimum et 75 maximum)
- 78 jours pour une 7^{ème} utilisation (56 minimum et 99 maximum)

SpaceX dispose actuellement de 11 propulseurs de premier étage en cours de reconditionnement ou en attente d'un nouveau lancement.

Liste des propulseurs utilisés plusieurs fois et délai entre deux utilisations

Le schéma suivant présente l'ensemble des lancements pour lesquels les propulseurs utilisés avaient déjà volé au moins une fois. Pour chaque lancement est indiqué le délai depuis la dernière utilisation du propulseur.



Utilisation des demi-coiffes

Depuis 2017, SpaceX tente de récupérer les demi-coiffes à l'aide de barges autopilotées équipées de filets et asservies à la trajectoire des coiffes. Les demi-coiffes sont ainsi équipées de parachutes et de petits propulseurs destinés à contrôler la trajectoire de descente.

Depuis la première récupération de coiffe en mer pour le vol d'un Falcon 9 Full Thrust le 30 mars 2017, SpaceX a procédé à 72 tentatives de récupération :

- 49 tentatives de récupération par un repêchage des deux demi-coiffes en mer lors des lancements : 31 étaient intactes
- 23 tentatives de récupération dans les filets des barges lors des lancements :
 - 9 se sont soldées par la récupération des deux demi-coiffes dans les filets des barges : 7 étaient intactes
 - 14 se sont soldées par un repêchage des deux demi-coiffes en mer :

toutes étaient intactes

SpaceX a utilisé pour la première fois deux demi-coiffes ayant déjà volé à une reprise à l'occasion du lancement d'un Falcon 9 Block 5 le 11 novembre 2019. Il s'agissait des deux demi-coiffes récupérées lors du vol du Falcon 9 Block 5 du 12 avril 2019. La récupération n'a pas été tentée.

SpaceX a réussi à récupérer pour la première fois deux demi-coiffes dans les filets des barges à l'occasion du lancement d'un Falcon 9 Block 5 le 20 juillet 2020.

SpaceX a utilisé pour la première fois deux demi-coiffes ayant déjà volé à deux reprises à l'occasion du lancement d'un Falcon 9 Block 5 le 6 octobre 2020. Il s'agissait des deux demi-coiffes récupérées lors du vol du Falcon 9 Block 5 le 20 juillet 2020. Une récupération a été tentée : elle s'est soldée par la récupération des deux demi-coiffes intactes, l'une ayant atterri comme prévu dans les filets des barges, l'autre ayant été repêchée en mer.

[\[1\]](#) À noter la perte du satellite ZUMA lancé le 8 janvier 2018 avec une Falcon 9 Block 4 : selon la presse, cette perte ne serait pas imputable au lanceur mais à la non-séparation du satellite de son adaptateur de vol construit par Northrop Grumman (pas de confirmation officielle du fait du caractère classifié de la mission).