

# Synthèse des lancements Falcon 9 et Falcon Heavy de SpaceX au 1er 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<sup>er</sup> janvier et le 30 juin 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.

## **Introduction : 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<sup>er</sup> janvier au 30 juin 2020**

Au cours du 1<sup>er</sup> semestre 2020, SpaceX a 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.

**11 lancements de Falcon 9 ont été réalisés au cours du premier semestre 2020** au profit de charges utiles américaines et étrangères, avec la moitié des lancements réalisés entre le 22 avril et le 30 juin (soit 5 lancements en 10 semaines). Ces chiffres sont à comparer aux 8 lancements réalisés au cours du premier 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 qu'un lancement suborbital du Falcon 9 a été effectué le 19 janvier 2020 afin de valider les systèmes d'interruption en vol du Crew Dragon. À cette occasion, le lanceur a été volontairement détruit. À noter également le 30 mai le lancement test du Crew Dragon avec un équipage emportant pour la première fois deux astronautes de la NASA à destination de l'ISS. La NASA prévoit son retour sur Terre le 2 août pour compléter sa certification.

Pour ces 11 lancements, SpaceX a utilisé un parc total de 8 propulseurs uniques, dont 2 utilisés pour la première fois et 6 ayant déjà volé au moins une fois. Ainsi, **82% des lancements du premier semestre 2020 ont eu recours à des propulseurs ayant déjà volé au moins une fois**. Trois propulseurs ont été utilisés 2 fois au cours du semestre et, grande première, des propulseurs ont volé pour la 5<sup>e</sup> fois (vols du 18 mars et du 4 juin).

À l'exception du lancement Crew Dragon-1 où le lanceur a été volontairement détruit, SpaceX a tenté de récupérer les premiers étages à l'occasion de tous ses lancements, dont 8 avec succès et 2 échecs.

D'autre part, SpaceX a tenté de récupérer les demi-coiffes à deux reprises l'aide de barges autopilotées équipées de filets et asservies à la trajectoire des coiffes. Une seule demi-coiffe a pu être récupérée par un filet tandis que les trois autres sont tombées en mer mais ont pu être repêchées. Le 18 mars 2020, une coiffe ayant déjà volé a été réutilisée pour la première fois. Au total, six demi-coiffes ont été réutilisées à l'occasion de trois vols au cours du semestre.

Les tableaux suivants présentent la synthèse de ces lancements et des réutilisations :

### Synthèse des lancements Falcon 9 du 1<sup>er</sup> janvier au 30 juin 2020

Date	Lanceur	Site de lancement	Nationalité charge utile	Charge utile	Opérateur charge utile	Orbite	Mission	Premiers étages			Demi-coiffes		
								Nb utilisations précédentes	Nb de jours depuis dernière utilisation	État de la récupération	Nb utilisations précédentes	Nb de jours depuis dernière utilisation	État de la récupération
7 JAN	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Starlink (v0)	SpaceX	LEO	Télécom	8	128	Succès Plateforme en mer	0	0	Pas de tentative
28 JAN	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Crew Dragon 1	SpaceX	Sub-orbital	Essai d'interruption en vol	8	432	Pas de tentative Destruction volontaire en vol	N/A	N/A	N/A
29 JAN	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Starlink (v0)	SpaceX	LEO	Télécom	2	231	Succès Plateforme en mer	0	0	1 récupérée 1 repêchée
26 FEV	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Starlink (v0)	SpaceX	LEO	Télécom	8	61	Échec Plateforme en mer	0	0	Pas de tentative
7 MAR	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Dragon CRS-20	SpaceX	ISS (S)	Cargo ISS	1	93	Succès Pas de tir terrestre	0	0	Pas de tentative
				Bartolomeo	ESA	ISS (S)	Élément de l'ISS						
				G-Satellite	One Team	ISS (S)	Diversification						
				Quetzal 1	Universidad del Valle de Guatemala	ISS (S)	Démonstrateur techno						
				Lynk	Lynk	LEO	Télécom						
18 MAR	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Starlink (v0)	SpaceX	LEO	Télécom	4	128	Échec Plateforme en mer	1	269	Pas de tentative
22 AVR	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Starlink (v0)	SpaceX	LEO	Télécom	8	84 (29 JAN)	Succès Plateforme en mer	1	260	Pas de tentative
30 MAI	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Crew Dragon 2	SpaceX	ISS (S)	Essaiage ISS	0	0	Succès Plateforme en mer	N/A	N/A	N/A
4 JUIN	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Starlink (v0)	SpaceX	LEO	Télécom	4	149 (7 JAN)	Succès Plateforme en mer	0	0	Pas de tentative
13 JUIN	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		Starlink (v0)	SpaceX	LEO	Télécom	2	98 (7 MAR)	Succès Plateforme en mer	1	236 279	Pas de tentative
				SkySat 16, 17, 18	Planet Labs	SSO	Observation de la Terre						
30 JUIN	Falcon 9 Block 5	Cap Canaveral		GPS Block III SV05	USAF	MEO	Navigation	0	0	Succès Plateforme en mer	0	0	2 repêchées

## ***Légende Orbite***

ISS : Orbite de desserte de la Station Spatiale Internationale

- (L) : Lancé depuis l'ISS
- (I) : Installé et/ou opéré dans l'ISS

LEO : Orbite basse

MEO : Orbite moyenne

SSO : Orbite héliosynchrone

## **Synthèse des lancements Falcon Heavy du 1<sup>er</sup> janvier au 30 juin 2020**

Aucun lancement n'a été effectué entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 30 juin 2020. Le dernier lancement a eu lieu avec succès le 25 juin 2019. Le prochain lancement est planifié au troisième trimestre 2020. Cette mission, pour le compte de l'*U.S. Air Force*, sera la première mission classifiée d'un Falcon Heavy. Le lanceur devra placer un satellite de 3,7 tonnes sur une orbite géosynchrone. Compte tenu des caractéristiques de la mission, seuls deux des trois premiers étages pourront être récupérés sur des plateformes en mer.

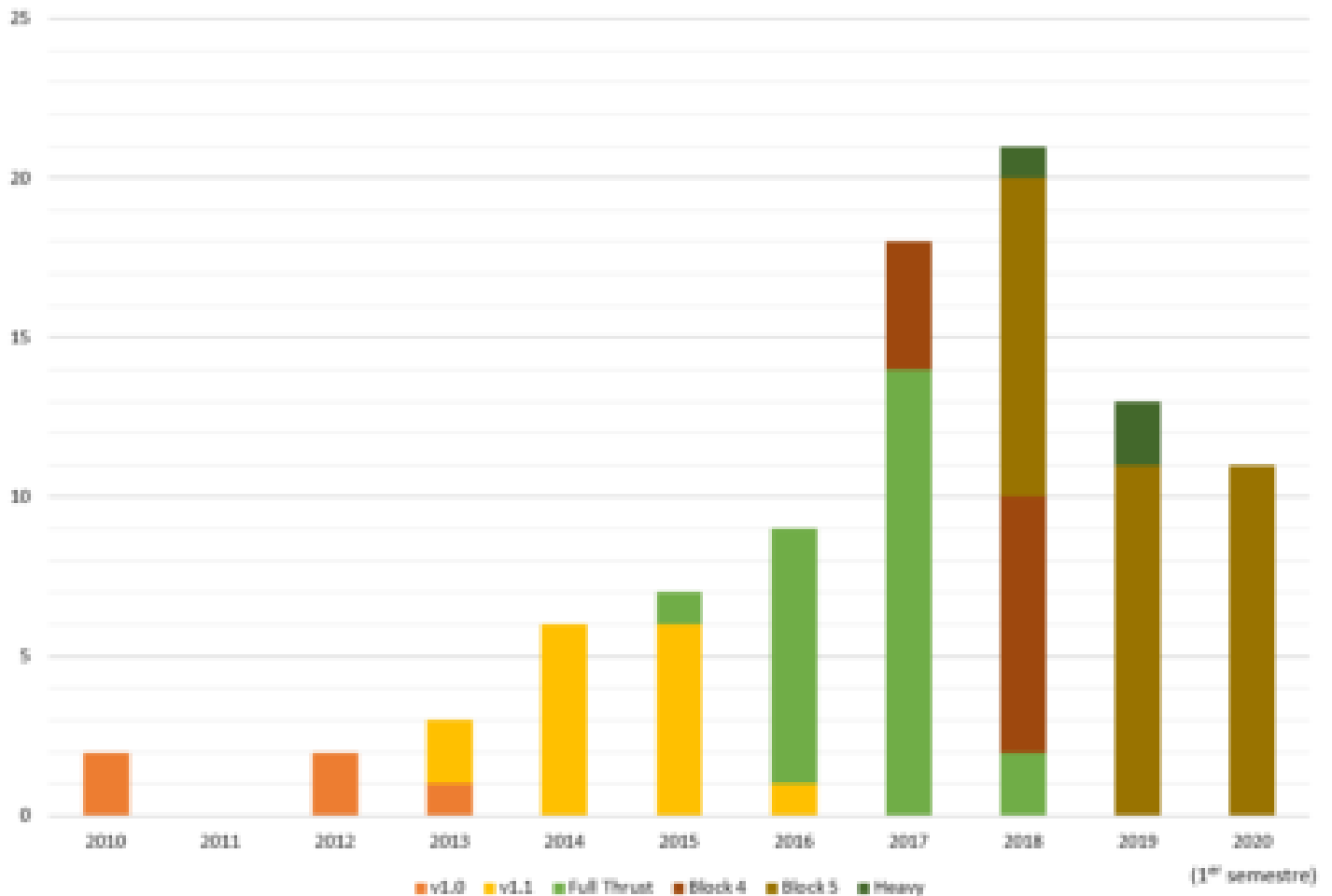
## **Synthèse des utilisations de premiers étages du 1<sup>er</sup> janvier au 30 juin 2020**

	1 <sup>er</sup> semestre 2020	2 <sup>e</sup> semestre 2019
Nombre total de lancements	11	8
Nombre total de lancement de Falcon 9	11	6
Nombre total de lancement de Falcon Heavy	0	2
Nombre total de propulseurs requis	11	12
Nombre de propulseurs uniques utilisés	8	8
Nombre tentatives de récupération de propulseurs	10	12
Nombre de propulseurs récupérés	8	10
Nombre de propulseurs perdus à la récupération	2	2
Nombre de propulseurs utilisés pour la 1 <sup>ère</sup> fois	2	6
Nombre de propulseurs utilisés pour la 2 <sup>ème</sup> fois	1	4
Nombre de propulseurs utilisés pour la 3 <sup>ème</sup> fois	2	2
Nombre de propulseurs utilisés pour la 4 <sup>ème</sup> fois	3	0
Nombre de propulseurs utilisés pour la 5 <sup>ème</sup> fois	2	0
Nombre de propulseurs uniques utilisés 2 fois dans le semestre	3	4

## Historique des lancements et réutilisations depuis la genèse de SpaceX

Depuis le premier lancement d'un Falcon 9 en 2010, SpaceX a réalisé 92 lancements :

- **Falcon 9**: 89 lancements entre le 4 juin 2010 et le 30 juin 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 - 32 lancements entre 2018 et le 30 juin 2020
- **Falcon Heavy**: 3 lancements entre le 6 février 2018 et le 30 juin 2020 (dernier tir le 25 juin 2019)



Sur ces 92 lancements, SpaceX a connu 3 échecs avec son Falcon 9 :

- Deux échecs complets<sup>[1]</sup>:
  - 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<sup>ème</sup> 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 92 lancements, seuls les 3 premiers n'ont pas embarqué de charge utile commerciale (Falcon 9 v1.0 entre 2010 et 2012), 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 92 lancements de SpaceX ont donc eu besoin d'un total de 98 propulseurs de premier étage :

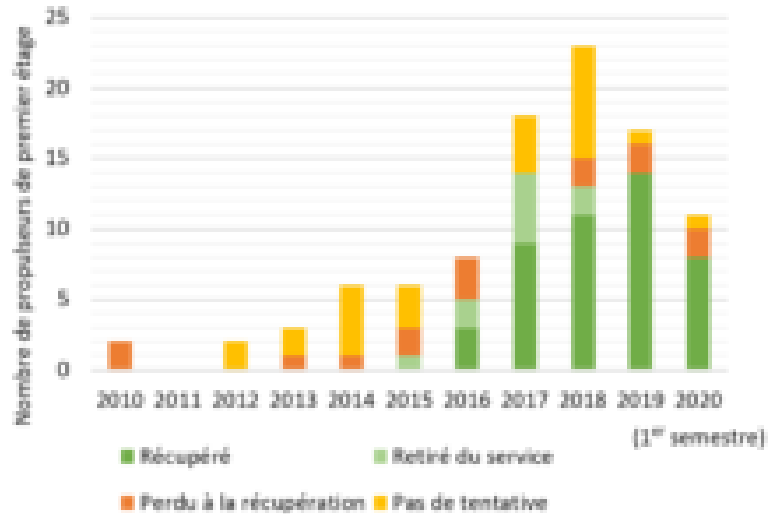
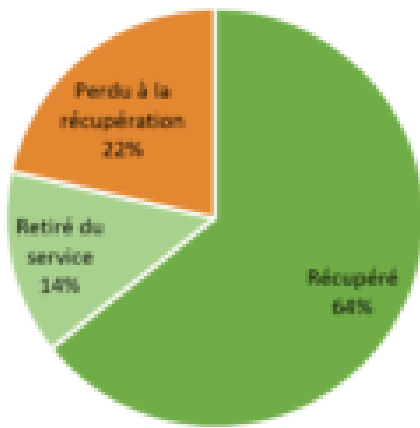
- 89 propulseurs pour les 89 lancements de Falcon 9 (toutes versions confondues)
- 9 propulseurs pour les 3 lancements de Falcon Heavy

Pour satisfaire ce besoin, SpaceX a utilisé un total de 61 propulseurs, dont 38 à usage unique, et 23 utilisés plus d'une fois. De par leur réutilisation, ces 23 propulseurs ont assuré 61% des besoins (33 tirs de Falcon 9 et 2 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).

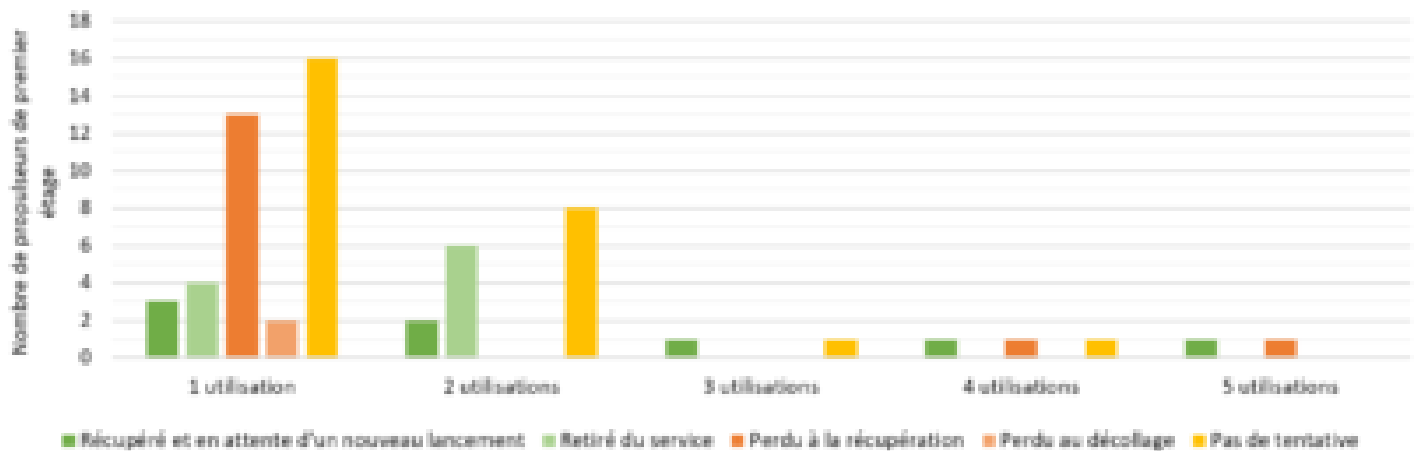
### ***Taux de récupération des propulseurs***

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 70 reprises (71 %) avec un taux de réussite de 78 %. Sur l'ensemble des propulseurs récupérés, 14% ont été retiré du service.



### Taux d'utilisation des propulseurs

À ce jour, le nombre maximal d'utilisation d'un même propulseur de premier étage est de **5 fois**. Pour mémoire SpaceX annonce un nombre maximal de 100 utilisations par propulseur de premier étage, avec un reconditionnement tous les 10 lancements.



Depuis ses débuts, les délais moyens entre deux utilisations d'un propulseur de premier étage sont de :

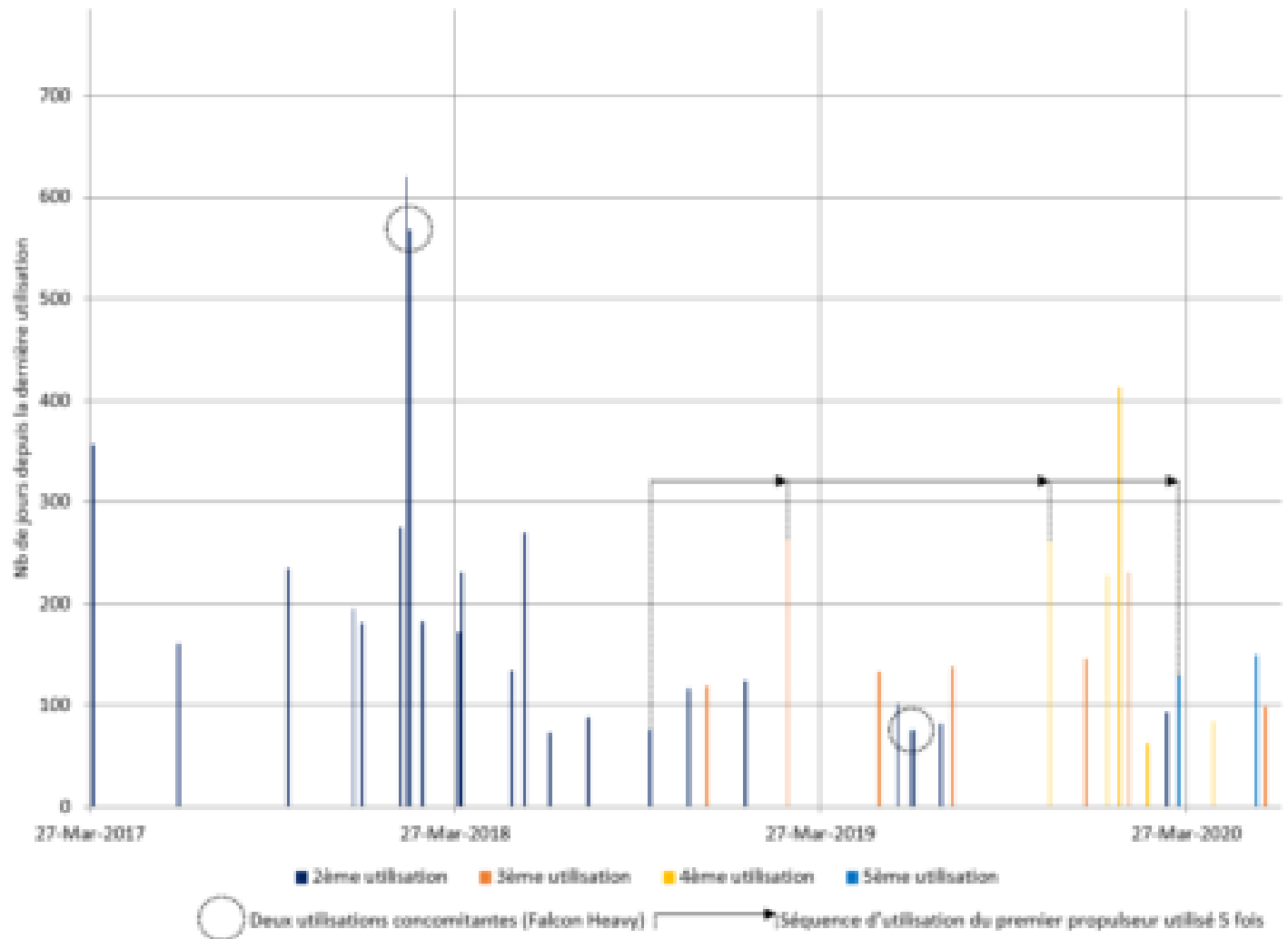
- 195 jours pour une 2<sup>e</sup> utilisation (72 jours minimum et 620 jours maximum)
- 161 jours pour une 3<sup>e</sup> utilisation (98 minimum et 264 maximum)
- 209 jours pour une 4<sup>e</sup> utilisation (61 minimum et 412 maximum)
- 139 jours pour une 5<sup>e</sup> utilisation (128 minimum et 149 maximum)



SpaceX dispose actuellement de 8 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 12 tentatives de récupération :

- 6 se sont soldées par un échec (dont 2 à cause d'une météo peu clémente)
- 3 se sont soldées par un repêchage des deux demi-coiffes intactes en mer lors des lancements :
  - Falcon Heavy du 11 avril 2019
  - Falcon 9 Block 5 du 24 mai 2019 et du 30 juin 2020
- 2 se sont soldées par la récupération des deux demi-coiffes intactes dans les filets des barges lors des lancements :
  - Falcon Heavy du 25 juin 2019
  - Falcon 9 Block 5 du 6 août 2019
- 1 s'est soldée par la récupération de la première demi-coiffe intacte en mer et de la seconde dans les filets d'une barge lors du lancement du 29 janvier 2020

Une coiffe a été réutilisée pour la première fois lors du lancement d'un Falcon 9 Block 5 le 18 mars 2020. Il s'agissait de la coiffe récupérée lors du vol du Falcon 9 Block 5 du 24 mai 2019. Deux coiffes ont également été réutilisées lors des lancements de Falcon 9 Block 5 les 22 avril et 13 juin 2020. Dans ces trois cas, SpaceX n'a pas tenté de récupérer une seconde fois ses coiffes.

[\[1\]](#) À noter la perte du satellite ZUMA lancé le 8 janvier 2018 avec une Falcon 9 Block 4 : selon la presse, pas imputée 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).