

CORCOM

SPACEECONOMY360

Detriti spaziali sulla Luna: il caso Falcon 9 e il vuoto regolatorio

L'impatto incontrollato di uno stadio sulla superficie del satellite terrestre mette in luce i limiti delle norme internazionali, nate soprattutto per le orbite terrestri. Tra responsabilità degli Stati, obblighi di prevenzione e nuove missioni cislunari, cresce l'esigenza di criteri condivisi per autorizzare e gestire il fine vita dei veicoli

Aurora Agostini

Partner Studio legale Lexia

Elena Martellucci

Partner Studio legale Lexia

Giulietta Minucci

Partner Studio legale Lexia



Il 5 agosto 2026 lo stadio superiore di un Falcon 9 di SpaceX ha colpito la superficie lunare, dopo essere rimasto nello spazio dalla missione che, nel gennaio 2025, aveva trasportato i lander Blue Ghost 1 di Firefly Aerospace e Resilience di ispace. Le immagini acquisite dal Lunar Reconnaissance Orbiter della NASA tra l'11 e il 12 agosto hanno

successivamente consentito di individuare un nuovo cratere, largo circa 18 metri e profondo meno di tre; secondo la ricostruzione della stessa NASA, il ritorno verso la Luna non era stato programmato, ma sarebbe dipeso dall'effetto combinato dell'attività solare e delle forze gravitazionali.

Sebbene l'episodio non abbia determinato pericoli per la Terra e, sulla base delle informazioni disponibili, non consenta neppure di ravvisare automaticamente una violazione del diritto internazionale da parte di SpaceX o degli Stati Uniti, esso pone una questione destinata ad assumere un peso crescente. La disciplina dei detriti spaziali, infatti, è stata elaborata soprattutto allo scopo di proteggere le orbite terrestri e di governare i rientri nell'atmosfera, mentre la progressiva crescita delle missioni cislunari sta trasformando anche l'orbita e la superficie della Luna in ambienti operativi, nei quali si concentreranno infrastrutture, strumenti scientifici e interessi commerciali.

È precisamente questa asimmetria, più ancora del singolo cratere, a rendere il caso meritevole di attenzione.

Un detrito fuori dalle definizioni tradizionali

Le *Space Debris Mitigation Guidelines*, adottate dal Comitato delle Nazioni Unite per gli usi pacifici dello spazio extra-atmosferico (COPUOS) e approvate dall'Assemblea generale nel 2007, definiscono i detriti spaziali come gli oggetti artificiali non funzionali, inclusi i loro frammenti ed elementi, che si trovano in orbita terrestre oppure rientrano nell'atmosfera. Una definizione altrettanto legata all'ambiente terrestre è contenuta nel Regolamento (UE) 2021/696, che disciplina il Programma spaziale dell'Unione europea.

Lo stadio del Falcon 9 era, senza dubbio, un oggetto spaziale ormai privo di funzione; il suo impatto sulla Luna, tuttavia, non rientra agevolmente nel perimetro per il quale sono state concepite le regole classiche sui detriti. Queste ultime mirano, in particolare, a limitare il rilascio di oggetti durante le operazioni, a prevenire frammentazioni e collisioni, a passivare i sistemi giunti al termine della missione e a rimuovere satelliti e stadi orbitali dalle regioni terrestri maggiormente congestionate. Si tratta di principi che conservano una chiara utilità anche rispetto alle missioni lunari, ma che non affrontano in modo specifico la possibilità di utilizzare la superficie di un corpo celeste quale destinazione finale di un oggetto spaziale.

La distinzione non è meramente terminologica, poiché le due situazioni presentano rischi diversi: mentre un oggetto abbandonato in orbita può provocare collisioni a catena e compromettere una pluralità di missioni, l'impatto sulla Luna elimina l'oggetto dalla traiettoria, trasferendo però il rischio sulla superficie, dove il cratere e i materiali sollevati dall'urto potrebbero interferire con installazioni, strumenti scientifici, siti di interesse storico o future aree operative. La NASA ha, peraltro, ricordato che l'impatto controllato sulla Luna costituisce una tecnica di smaltimento generalmente accettata e che, per alcune missioni in orbita lunare bassa, può rappresentare l'unica soluzione concretamente praticabile. Ne consegue che la questione giuridica non può essere risolta introducendo un divieto assoluto di impatto, ma richiede di distinguere tra una soluzione pianificata, localizzata e monitorata e un esito incontrollato, affidato all'evoluzione della traiettoria quando la possibilità di intervenire è ormai venuta meno.

Trattati Onu: la responsabilità dello Stato non implica

un divieto automatico

Il primo riferimento rimane l'*Outer Space Treaty* del 1967. Ai sensi dell'articolo VI, gli Stati rispondono sul piano internazionale delle attività spaziali nazionali anche quando queste siano svolte da soggetti privati e devono, pertanto, assicurarne sia l'autorizzazione sia la vigilanza continuativa. L'obbligo internazionale grava sullo Stato e non direttamente sull'operatore privato; con riguardo al caso in esame, gli Stati Uniti assumono almeno la qualità di Stato di lancio, dal momento che il Falcon 9 è partito dal Kennedy Space Center, in Florida.

A tale previsione si aggiunge l'articolo IX, in forza del quale le attività spaziali devono essere condotte con il dovuto riguardo per gli interessi degli altri Stati, evitando la contaminazione dannosa della Luna e avviando consultazioni qualora un'attività pianificata possa determinare interferenze potenzialmente dannose. Queste clausole offrono una base giuridica per esigere valutazioni del rischio, trasparenza e coordinamento, ma non permettono di concludere che qualsiasi impatto artificiale integri, di per sé, una forma di "contaminazione dannosa". Il trattato, infatti, non definisce la soglia oltre la quale l'alterazione dell'ambiente lunare diviene giuridicamente dannosa, non detta criteri tecnici per la selezione del sito di impatto e, soprattutto, collega espressamente l'obbligo di consultazione alle attività o agli esperimenti pianificati.

Una formulazione più incisiva è contenuta nel *Moon Agreement* del 1979, il cui articolo 7 impone agli Stati parti di prevenire la compromissione dell'equilibrio esistente dell'ambiente lunare, anche quando essa derivi da cambiamenti avversi o dall'introduzione di materia

estranea. La portata concreta di questa disposizione resta, tuttavia, fortemente limitata dalla scarsa adesione all'Accordo: secondo lo status dei trattati pubblicato dall'Ufficio delle Nazioni Unite per gli affari dello spazio extra-atmosferico (UNOOSA) al 1° gennaio 2026, né gli Stati Uniti né l'Italia ne risultano parti.

Il quadro universale, pertanto, pone obblighi generali di *due diligence* e consente di ricondurre le attività dei privati alla responsabilità internazionale degli Stati, senza però stabilire, mediante una disciplina vincolante e condivisa, quando, dove e a quali condizioni uno stadio possa essere destinato alla superficie lunare. L'assenza di una regola tecnica non equivale, naturalmente, a una libertà illimitata; rende però assai più difficile tradurre i principi del *due regard* e della prevenzione della contaminazione in parametri verificabili prima della missione e, successivamente, in criteri sulla cui base accertare un'eventuale violazione.

Responsabilità per danni: perché il solo cratere non è sufficiente

Anche la *Liability Convention* del 1972 presenta limiti che emergono con particolare evidenza nel caso in esame, poiché non introduce una responsabilità generale per qualsiasi alterazione dell'ambiente spaziale. La Convenzione considera "danno" la perdita della vita, la lesione personale o la compromissione della salute, nonché la perdita o il danneggiamento di beni appartenenti a Stati, persone fisiche o giuridiche oppure organizzazioni internazionali intergovernative.

Il regime di imputazione varia, inoltre, a seconda del luogo in cui il danno

si verifica. Qualora esso sia provocato sulla superficie terrestre o a un aeromobile in volo, lo Stato di lancio risponde in via assoluta; quando, invece, il danno sia causato altrove — e dunque anche nello spazio — a un oggetto spaziale di un altro Stato o alle persone e ai beni che si trovano a bordo, la responsabilità presuppone l'accertamento della colpa. Nel caso del Falcon 9, allo stato non risultano danni a persone o a oggetti di terzi, mentre le immagini documentano soltanto l'alterazione della superficie lunare, la quale, per effetto del principio di non appropriazione sancito dall'articolo II dell'*Outer Space Treaty*, non appartiene ad alcuno Stato. Alla luce dei fatti disponibili non sembra, quindi, configurarsi un danno risarcibile ai sensi della Convenzione.

Il limite del sistema diventa più chiaro se si considerano due scenari futuri. Se i materiali prodotti da un impatto danneggiassero il lander, il rover o l'habitat di un altro Stato, la Convenzione potrebbe trovare applicazione, purché fosse dimostrata la colpa dello Stato di lancio; qualora, invece, l'impatto alterasse esclusivamente un'area di valore scientifico o ambientale, senza arrecare pregiudizio a persone o beni identificabili, il meccanismo risarcitorio internazionale potrebbe non attivarsi affatto. La responsabilità successiva all'evento, in altri termini, non è in grado di sostituire una disciplina preventiva relativa alla destinazione finale degli oggetti spaziali.

Rimane, peraltro, il problema di individuare lo standard di condotta rispetto al quale valutare la colpa, che la Convenzione non definisce. Le linee guida del COPUOS, gli standard internazionali e i piani di fine missione possono certamente concorrere a determinare il comportamento esigibile, ma la loro osservanza non genera automaticamente una presunzione di conformità, così come la loro

inosservanza non determina, da sola, una violazione. È proprio in questo spazio che la *soft law*, le condizioni contenute nelle autorizzazioni nazionali e gli accordi contrattuali tra i partecipanti alla missione assumono una funzione decisiva.

Dalle linee guida Onu all'Ue: regole più articolate ma ancora legate alla terra

Le *Guidelines for the Long-term Sustainability of Outer Space Activities*, adottate dal COPUOS nel 2019, hanno ampliato la prospettiva rispetto alle linee guida del 2007, invitando gli Stati a integrare la sostenibilità nei rispettivi ordinamenti nazionali, ad applicare misure di mitigazione dei detriti e ad affrontare, lungo tutte le fasi della missione, i rischi per le persone, i beni e l'ambiente. Pur attribuendo rilievo anche alla condivisione dei dati, alla tracciabilità e alla cooperazione, tali linee guida restano volontarie e non vincolanti, sicché la loro efficacia dipende dal modo in cui vengono recepite nelle licenze, negli standard tecnici e nei contratti.

Nella stessa direzione si collocano gli *Artemis Accords*, sottoscritti sia dagli Stati Uniti sia dall'Italia, i quali impegnano politicamente i firmatari a pianificare la mitigazione dei detriti, nonché la passivazione e lo smaltimento sicuro, tempestivo ed efficiente dei veicoli al termine della missione. Anche gli Accordi hanno natura non vincolante; nondimeno, essi esprimono un criterio che sembra destinato a consolidarsi, vale a dire che la destinazione finale dell'oggetto dovrebbe costituire una scelta progettata e concordata tra i partecipanti, anziché un problema affrontato soltanto quando il controllo sull'oggetto è già stato perduto.

Sul piano europeo, il Regolamento (UE) 2021/696 ha istituito la

sottocomponente *Space Surveillance and Tracking* (SST), mediante la quale vengono forniti servizi di tracciamento degli oggetti in orbita terrestre, allerta anticollisione, monitoraggio delle frammentazioni e valutazione dei rientri incontrollati nell'atmosfera. Si tratta di un'infrastruttura operativa avanzata che, tuttavia, non costituisce ancora un regime di gestione del traffico cislunare né, tantomeno, una disciplina

degli impatti sulla Luna. La proposta di *EU Space Act*, presentata dalla Commissione europea nel giugno 2025, tenta di rafforzare questo quadro, prevedendo piani di controllo e smaltimento dei detriti per lanciatori e veicoli spaziali, requisiti di tracciabilità, servizi obbligatori di prevenzione delle collisioni e misure relative al fine vita. Il testo originario contiene, però, una tensione che non può essere trascurata: mentre la definizione di "detriti spaziali" comprende anche gli oggetti non funzionali presenti nell'orbita lunare o in rientro nell'esosfera lunare, l'articolo 2, paragrafo 2, esclude le orbite oltre quella geostazionaria dall'applicazione delle principali disposizioni tecniche in materia di sicurezza e traffico orbitale; anche il calcolo dell'impronta ambientale, inoltre, è riferito alle missioni nelle orbite terrestri.

Poiché, alla data di questa pubblicazione, il procedimento legislativo relativo all'*EU Space Act* è ancora in corso, il testo potrà essere modificato durante il negoziato. Proprio per questa ragione il caso Falcon 9 costituisce un utile banco di prova: una disciplina europea che, pur richiamando l'orbita lunare nelle proprie definizioni, continuasse ad arrestare i principali obblighi tecnici alla regione geostazionaria lascerebbe privo di una regolamentazione effettiva il segmento nel quale stanno crescendo le missioni lunari, le infrastrutture permanenti e i servizi commerciali.

Dall'impatto "accettabile" all'impatto previamente autorizzato

Una regolamentazione efficace non dovrebbe vietare indiscriminatamente gli impatti lunari, dal momento che, in determinate missioni, un impatto controllato può ridurre il rischio complessivo rispetto all'abbandono di un oggetto in un'orbita instabile. È però necessario che esso venga considerato una vera e propria modalità di smaltimento, soggetta a specifiche condizioni e non trattata come l'esito residuale di una perdita di controllo.

In questa prospettiva, i procedimenti autorizzativi dovrebbero richiedere un piano di fine missione che comprenda anche gli stadi di lancio e le traiettorie oltre l'orbita geostazionaria, nonché un confronto documentato tra l'impatto controllato, l'immissione in un'orbita di smaltimento, l'adozione di una traiettoria eliocentrica e le ulteriori alternative tecnicamente disponibili. La valutazione dovrebbe poi estendersi al sito prescelto, tenendo conto non soltanto delle infrastrutture già presenti o programmate, ma anche delle aree di interesse scientifico o storico, della possibile dispersione degli *ejecta* e degli effetti cumulativi che deriverebbero dalla ripetizione di analoghe operazioni.

A ciò dovrebbero aggiungersi obblighi di tracciamento, aggiornamento e notifica ogniqualvolta emerga una probabilità significativa di impatto, così come una chiara ripartizione contrattuale delle responsabilità tra il fornitore del servizio di lancio, il proprietario del carico utile e gli altri operatori coinvolti nella missione. Anche il monitoraggio successivo

all'evento e la conservazione dei dati dovrebbero essere disciplinati, poiché, in assenza di informazioni affidabili sulla traiettoria e sugli effetti dell'impatto, risulterebbe difficile tanto ricostruire le responsabilità quanto affinare gli standard applicabili alle missioni successive.

La copertura assicurativa, infine, dovrebbe essere calibrata sui danni effettivamente risarcibili, senza attribuirle una funzione che non può svolgere. Se il sistema di responsabilità protegge persone e beni identificabili, ma non riconosce autonomamente il valore scientifico o ambientale di un sito lunare, il semplice aumento del massimale assicurativo non è sufficiente a colmare la lacuna; occorrono, piuttosto, standard preventivi, procedure di consultazione e, almeno per le aree più sensibili, criteri internazionali condivisi di protezione e coordinamento delle attività. Il caso Falcon 9 non dimostra, dunque, che lo smaltimento di un oggetto sulla Luna sia sempre illecito, ma evidenzia come una pratica tecnicamente accettabile possa rimanere giuridicamente poco governata quando la missione oltrepassa il perimetro dell'orbita terrestre. Con la progressiva infrastrutturazione della Luna, questa ambiguità sarà sempre più difficile da sostenere: occorre passare da impatti semplicemente prevedibili a impatti previamente valutati, autorizzati, trasparenti e coordinati.



Rassegna Stampa