

# F/A 18 *Hornet*

Flavio Vendramin

TAG Srl



## **Controlli non Distruttivi dei carrelli di atterraggio** **Introduzione**

L'F/A 18 Hornet (calabrone) è un aereo polivalente progettato per US Navy negli anni '70' per sostituire alcuni tipi di velivoli imbarcati.

Il progetto iniziale della Northrop-Grumman, condiviso in seguito con Mc Donnell-Douglas ha dato vita all'aereo nelle versioni A, B, C, D; dal 1997 Mc Donnell è stata acquisita da Boeing sviluppando nuove versioni.

Le strutture che permettono ad un aereo di decollare e atterrare sono appunto i carrelli di atterraggio, che oltre a svolgere queste due importanti fasi del volo assolvono anche altri compiti come, supportare il velivolo e permettere la movimentazione a terra.

Sui velivoli imbarcati i carrelli sono estremamente robusti in quanto devono garantire la massima affidabilità anche se sottoposti a grandi sollecitazioni tipiche di queste manovre.

Per poter decollare dalla portaerei il velivolo è "aiutato" dalla catapulta, che agganciata alla barra di lancio, instal-

lata sul carrello anteriore, genera oltre alla spinta dei motori, l'energia necessaria al decollo.

Nel caso dell'F/A18, che a pieno carico supera ampiamente i 20000 kg., durante la corsa di decollo, in poche decine di metri subisce un'accelerazione da 0 a circa 270 km/h in meno di 3 secondi sottoponendo il carrello anteriore ad enormi sforzi. Viceversa durante l'appontaggio, per arrestare l'aereo nel breve spazio a disposizione, oltre all'azione del gancio di arresto, vengono fortemente sollecitati l'apparato frenante del carrello principale, e i sistemi di ammortizzazione dei carrelli.

In questo articolo descrivo a grandi linee i controlli non distruttivi che ho eseguito sui carrelli di questo aereo, nella ditta svizzera Ambrosetti Technologies (ditta meccanica già costruttrice di carrelli di atterraggio dei velivoli Pilatus PC-7, PC-9, PC-12, e Dornier 228) dei quali mi sono occupato del collaudo dimensionale e dei CND nelle tecniche MT, PT, RT.

La Svizzera ha acquisito negli anni '90', 34 velivoli e il relativo programma F/A 18 Switzerland prevedeva la costruzione dei carrelli per gli F/A18 delle Forze Aeree

Svizzera, di carrelli per velivoli US NAVY, e parti del carrello anteriore del Northrop T45 Goshawk.

Gli F/A 18 Hornet svizzeri sono del tipo C monoposto e D biposto, mentre il Northrop T45 è un addestratore imbarcato attualmente impiegato da US Navy.

Di seguito il carrello anteriore è indicato come: NLG (Nose Landing Gear) e il carrello principale: MLG (Main Landing Gear), le sigle MDD / MDA indicano Mc Donnell Douglas e Mc Donnell Aerospace.

### Carrello anteriore - NLG

I pezzi e gli assiemi che costituiscono la struttura del NLG sono i seguenti: (figura 1)

- Struttura carrello (NLG strut) con snodo di fissaggio alla fusoliera.
- sistema di ammortizzazione (shock absorber) composto da: cilindro esterno (cylinder), pistone (piston) che scorre all'interno del cylinder e che porta alla sua estremità le due ruote.
- collar fissato al cylinder, che supporta i bracci di torsione: torque arm lower – upper, e la barra di lancio..
- meccanismi di estrazione – retrazione carrello (drag – brace, tube outer) e flangia di fissaggio in fusoliera (trunnion).
- barra di lancio catapult: (launch bar catapult).
- organi di collegamento vari: bolts, rod end, tube, adapter, attuatori, impianti elettro – idraulici.

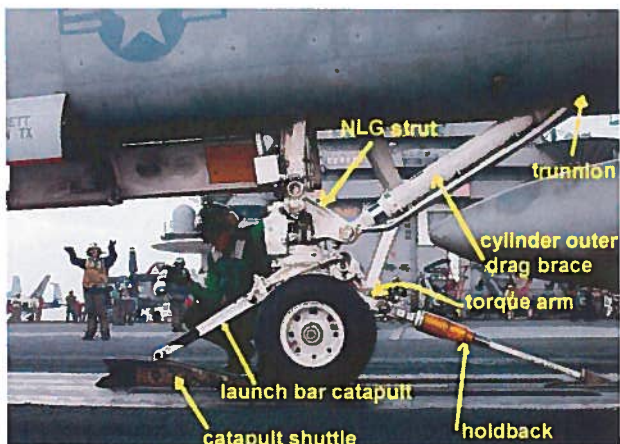


Figura 1

In fig. 1 gli operatori alla catapulta (flight deck crew), dirigono il posizionamento del velivolo, agganciano il braccio posteriore (holdback) e inseriscono la barra di lancio nell'aggancio del trascinateur catapulta (catapult shuttle).

### Materiali

I materiali impiegati sono: acciai basso legati ad alta resistenza e tenacità AISI300M, 4340, HP-9-4-30, e inox resistenti alla corrosione 17-4PH, 15-5PH, leghe leggere serie 6000 - 7000, leghe di Ti (Ti6 Al 4V), leghe Cu – Be.

### Realizzazione componenti

La maggior parte della componentistica è ricavata da forgiati previamente serializzati dai fornitori secondo i programmi MDA.

Durante le lavorazioni meccaniche, i particolari subiscono vari trattamenti termici come bonifica, indurimento per precipitazione, distensione fibre, e deidrogenazione, inoltre dove richiesto, vengono sottoposti a trattamenti superficiali quali cromatura dura, nichelatura, cadmiatura, pallinatura, ossidazione anodica dura e verniciatura finale. Tutti i particolari richiedono FAEE e FAI, che consistono nella verifica dei programmi CNC di lavorazione, verifica documenti, e controllo di tutte le caratteristiche del pezzo alla presenza di ispettori MDD e del ministero della difesa USA per i carrelli dei velivoli US NAVY.

I collaudi da eseguirsi comprendono i collaudi dimensionali e CND: i dimensionali si eseguono manualmente, con CMM e/o appositi banchi di riscontro, mentre i cnd impiegati sono: Liquidi penetranti fluorescenti, particelle magnetiche e ultrasuoni.

Durante la fabbricazione, ogni pezzo a seconda della criticità, viene ispezionato con cnd dopo specifiche fasi di lavorazione ad esempio: dopo sgrossatura, dopo i trattamenti termici, a pezzo finito prima dei trattamenti superficiali e dopo la finitura delle superfici cromate.

La collaborazione con i tecnici di MDA si rivela subito molto interessante ed impegnativa; innanzitutto ha richiesto un cambio di mentalità considerevole per comprendere la loro, molto schematica e a volte di non facile assimilazione se non addirittura ancorata a vecchi schemi o modi di fare (ricordo la fatica per dimostrare che le curve DAC digitali non hanno niente di diverso rispetto a quelle eseguite manualmente previste dal loro Ut trainer book), l'impiego esclusivo delle unità di misura anglosassoni, hanno richiesto l'acquisto di parecchie decine di strumenti con doppie scale di lettura e il conseguente aggiornamento dei documenti di taratura e di gestione metrologica. Ogni processo di lavorazione critica necessita la qualificazione dello stesso e del personale coinvolto, quindi parecchi corsi "on field" vengono tenuti da personale MDA e a fronte interminabili di check list si sottopongono processi e personale ad audit di verifica, (ho notato che per i cnd molte domande, oggi le ritrovo nelle check list NADCAP).

Per il programma F/A 18, era necessario raggiungere la certificazione nei CND richiesti da MDA secondo i seguenti steps.:

- 1) Preparazione specifiche generali di controllo MT, PT e UT secondo requisiti MDA.
- 2) Per tecnica UT: realizzazione dei reference standards secondo MIL-STD 2154, e norme MDA con relativa certificazione.
- 3) Qualificazione al liv. 3 UT – MDA tramite esami
- 4) Stesura piani di controllo ed esecuzione delle ispezioni dei particolari.

### Identificazione pezzi

Prima di passare alla descrizione dei cnd è importante ricordare che l'identificazione dei pezzi è la carta d'identità che permette di avere la tracciabilità del componente in qualsiasi momento della sua vita. Un esempio di identificazione è mostrato in fig. 2: 1) 76301 codice programma F/A18, 2) serial number, 3) drawing number, 4) timbro

responsabile collaudo, 5) MFR S7480 codice costruttore, (Ambrosetti Technologies) 6) n° deroga, 7) codice intercambiabilità.

Le scritte "Fracture critical", "Maintenance critical", "Interchangeable do not alter", vengono timbrate su tutte le pagine delle specifiche dei vari metodi di ispezione oltre che sui pezzi.

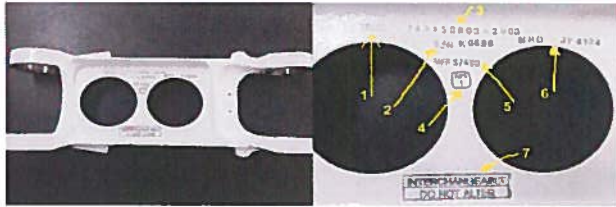


Figura 2 - identificazione pezzo (NLG - torque arm lower)

### Procedure di controllo UT

Le procedure sono strutturate come segue: nelle prime pagine viene identificato il pezzo (es. tabella 1), quindi è riportato lo schizzo del pezzo, i ref. std. da usare (table 2), le istruzioni generali per taratura strumento, curva DAC, transfer point, tipo trasduttori, shoes vari ecc.

Per motivi di spazio, riporto solo un paio di pagine della procedura di controllo UT per il particolare LAUNCH BAR CATAPULT pezzo classificato "Fracture Critical"; la terminologia Fracture Critical indica che la rottura o malfunzionamento del particolare causa danni catastrofici con perdita del velivolo / equipaggio.

La procedura impiegata è la NEA 09.333.10 rev. C, (una delle due scelte dal lev. 3 MDA per l'esame specifico di lev.3 UT).

Dalla pag. 5 alla pag. 10 sono disegnati i ref. std., in fig. 3 è mostrato il S/N 11756 A-57 impiegato per controllo foro alloggiamento perno di forza della barra (foro a destra nella foto delle launch bar US Navy).

Nelle pagine (dalla 11 alla 23) sono descritti i piani di controllo per ispezionare singole aree per garantire l'ispezione del 100% arca pezzo. La pag 18 di fig. 4, dedi-

cata al controllo della nervatura centrale, riporta in modo schematico le informazioni necessarie al controllo come: ref. std. da impiegarsi: s/n A24, A25 per shoe 60° e A21 per shoe 70°, sezione del pezzo da ispezionare, n° file programma da usare ecc.

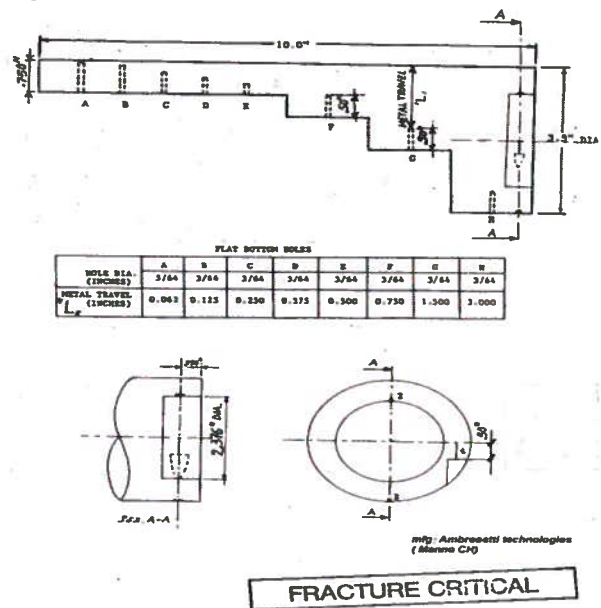


Fig. 3



Launch bar finite per US Navy

Table 1 - Identification parts

P/N: Launch bar catapult	Critical class: FRACTURE CRITICAL
DWG. n°: 74A450902 - 2001	Weight forged row: lb 140
Material: HP9 - 4 - 30	Weight final insp. : lb 72.50
Acceptance class: A1	Applicable procedure: NEA 09.333.10 rev. C

Table 2 - List of calibration blocks to be used

Material steel	Blocks ASTM E-428	Material Travel "	f.b.h. dia. inch	s/n mfg Ambrosetti	material	Blocks dia. inch	f.b.h. dia. inch	s/n mfg Ambrosetti
4340	2" dia.	0006	3/64"	ATS - ASTM	4340	plate	****	A11457 - A23
4340	2" dia.	0012	2/64"	ATS	4340	plate	****	A11458 - A25
4340	2" dia.	0025	2/64"	ATS	300M	o.d. 4.0" i.d. 2.43"	2/64"	A 11756 - A57
4340	2" dia.	0038	2/64"	ATS	300M			
4340	2" dia.	0050	2/64"	ATS	4340	o.d. 3.50" i.d. 2.376"	2/64"	A11758 - A6
4340	2" dia.	0075	2/64"	ATS	4340			
4340	2" dia.	0125	2/64"	ATS	4340	o.d. 4.3"	3/64"	A11757 - A7
4340	2" dia.	0228	2/64"	ATS	All ref. dia. +/- 10% i.d., o.d. **** see drawing 2/64", 3/64", 5/64" surface wave Steel: 300M			
4340	2" dia.	0275	2/64"	ATS				
4340	plate		Notch eq.	A11454 - A20				
4340	plate		2/64" fbh	A11455 - A21				

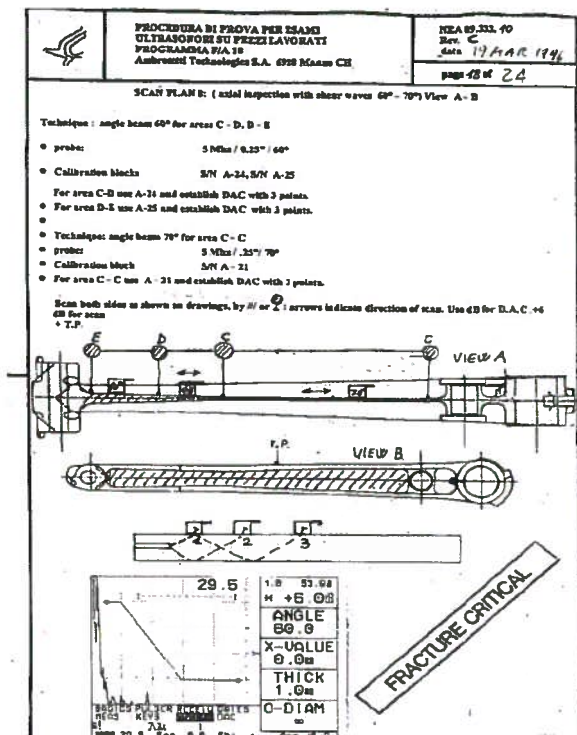


Fig. 4

**Reference standard**

Oltre i ref. std. ASTM E-428 con f.b.h 2/64", è stato necessario costruire in acciaio 300M e 4340 i ref. std. specifici per le varie sezioni dei pezzi.

Per ottenere i riflettori campione si è usata elettroerosione (equivalent notches) e forature (f.b.h. 3/64" e 2/64"), mentre per gli zoccoli di accoppiamento ho impiegato

plexiglass. La prima fase di costruzione degli shoes ha riguardato lo studio per ottenere il corretto angolo di rifrazione nel pezzo (45°, 60°, 70°, 90°), poi mediante fratture del profilo con raggio di curvatura (+/- 10% del raggio del pezzo) si è verificata la reale risposta sui difetti di riferimento, quindi stabilita l'applicabilità alle varie zone pezzo, si sono fatti produrre da un fornitore esterno. In ogni caso, per le ispezioni si impiegano 4 - 5 angoli di rifrazione quindi in sequenza le varie tecniche sono: onde long. con delay line, onde log. a contatto (freq. 10 - 15 Mhz), onde trasv. 45° - 60° - 70° e per i pezzi fracture critical 90°, per tutti freq. 5 Mhz.

In figura 4 si vedono alcuni shoes ed un esempio di taratura su intaglio eq. 2/64" fbh, ref. std. s/n A-57.

L'ultima pagina delle procedure riporta i criteri di accettabilità in relazione alla classe di criticità del pezzo.

I carrelli prodotti dopo essere collaudati con varie prove tra cui quella di compressione statica, vengono inviati nella base di Emmen dove sono montati e provati sui velivoli. (fig. 5 - 6).



Figura 6 - assemblaggio velivolo (Emmen - CH)

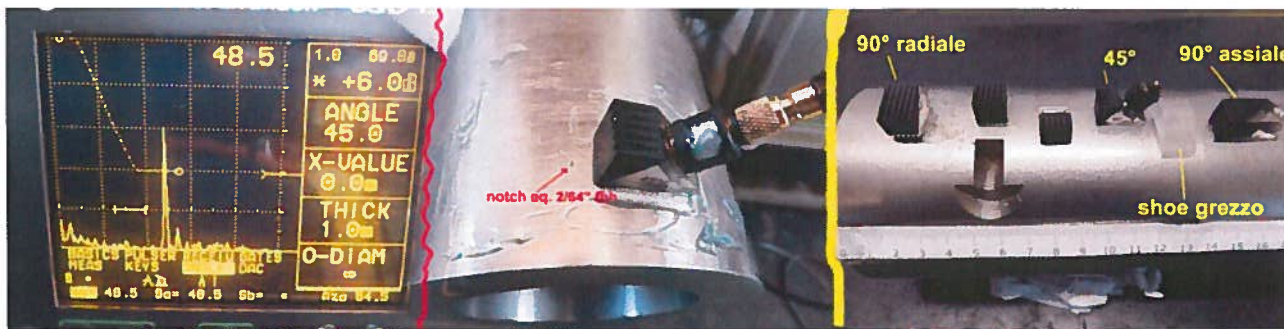


Figura 4



Figura 5 - NLG - MLG prova estensione - retrazione (1996 - Emmen CH)

## Main landing gear

Il MLG come si nota nella figura 7 ha una struttura molto robusta per poter supportare con sicurezza le sollecitazioni che si generano in modo particolare durante l'appontaggio. I componenti e sottoassiemi costruiti, oltre ad essere montati sui velivoli svizzeri sono stati forniti anche ad altre forze aeree europee ed extraeuropee (spare parts foto 8).



Figura 7

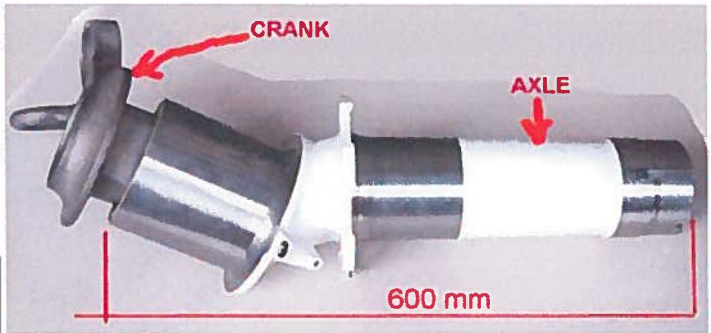


Figura 8 - side brace lower - upper, rod end, bolt axle wheel MLG e crank semilavorati (mock-up)

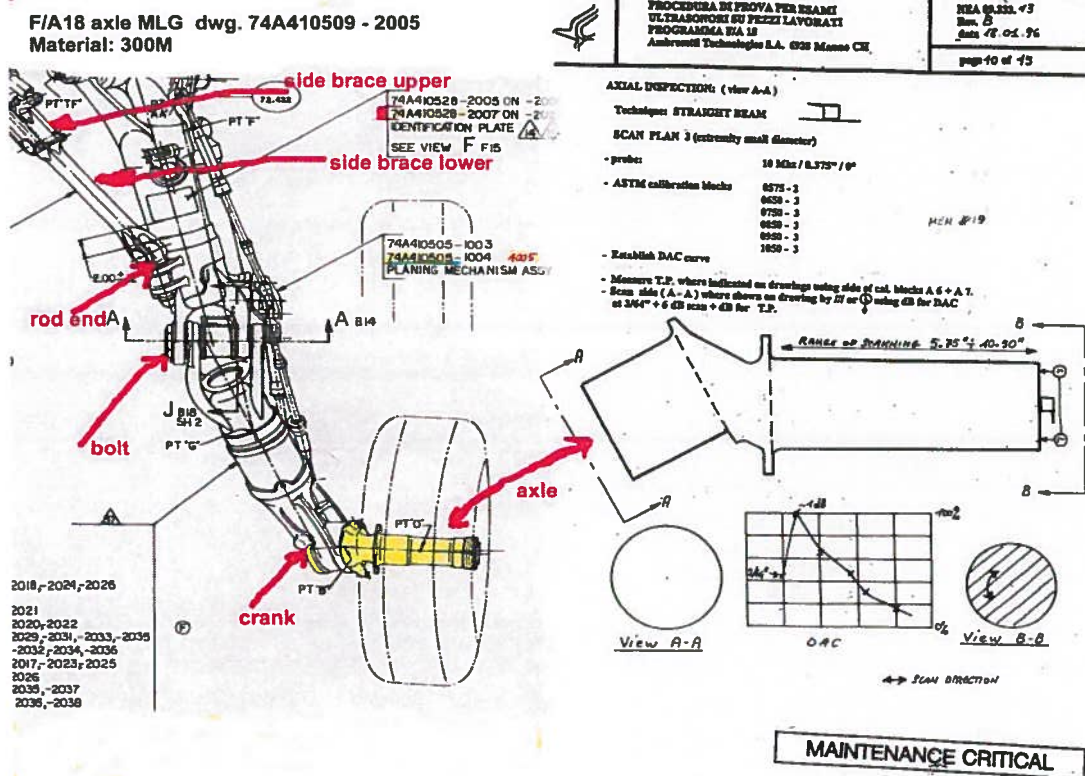


Figura 9 - part name particolari e pagina procedura UT per Axle ruota MLG

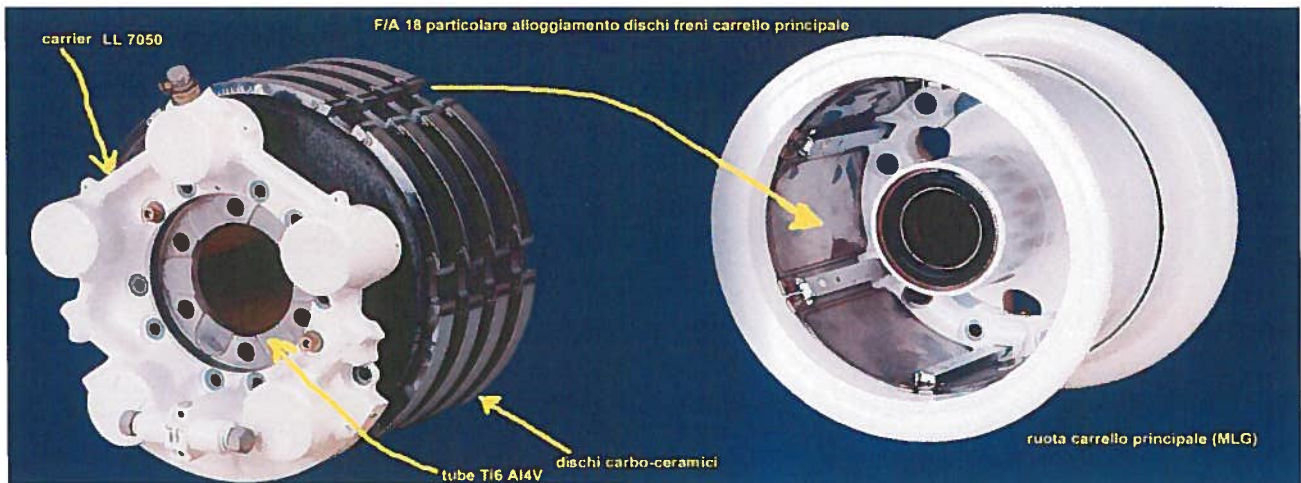


Figura 10

### Assieme ruota – freni MLG

I principali pezzi che costituiscono il sistema di rotolamento e frenata sono: wheel, axle, torque tube, carrier, brake disks.

La fig. 10 mostra la piastra carrier in LL 7050 con i 5 cilindri per i pistoni spingidischi freno, il pacco dischi freni carbo-ceramici e il torque tube in Ti6 Al4V la cui

flangia è visibile in parte sotto il carrier, (l'axe che porta la ruota è imbullonato alla flangia del torque tube): questo sub assy viene inserito nel semicerchione interno della ruota.

I particolari in lega leggera e in Ti6 Al4V vengono controllati con liquidi penetranti, le parti in acciaio mediante MT, UT, LP..



F/A 18 in appontaggio: notare i carrelli ancora scarichi, completamente estesi, il gancio di arresto del velivolo (tailhook) che ha intercettato uno dei quattro cavi (arresting gear) tesi sul ponte della portaerei



F/A 18C Switzerland