

# LA GESTIONE DELLE RISORSE NELLE GRANDI COLLABORAZIONI SCIENTIFICHE. IL CASO CERN

Antonio Baroncelli

## Riassunto

*I grandi esperimenti del CERN mettono in gioco grandissime risorse economiche per la cui gestione è stato necessario creare un nuovo ruolo nel management delle grandi collaborazioni, il “Resource Coordinator”, al quale affidare la gestione tecnica e scientifica delle grandi acquisizioni. I meccanismi di queste grandi acquisizioni fatte attraverso il CERN vengono discussi e le procedure brevemente descritte.*

## Abstract

*Large Experiments at CERN put into play very large economic resources. For this reason a new role had to be introduced in the management of these large collaborations: the “Resource Coordinator” who has the scientific and technical responsibility of large procurements. Mechanisms of these large procurements through CERN are discussed and the procedures are summarised.*

**Parole chiave:** CERN, LHC, Grandi acquisizioni.

**Keywords:** CERN, LHC, Large Procurements.

## Il CERN ed i grandi esperimenti

La complessità di alcune grandi collaborazioni scientifiche e la quantità delle risorse coinvolte per periodi lunghissimi richiede un'organizzazione ben strutturata che permetta e renda facile lo scambio di informazioni ed il flusso di comunicazione tra tutte le componenti dell'esperimento. Si parla di migliaia di ricercatori da decine di nazioni sparse su tutto il mondo (e tutti i fusi orari!).

I costi: costruzione LHC 4,332 MCHF, costo di Run1 (2009-2012) 1.1 BCHF, costo LS1(22 mesi) 150 MCHF.

## L'organizzazione delle grandi collaborazioni LHC

In questo articolo il caso del CERN viene esaminato ed in particolare quello dell'esperimento ATLAS nel quale sono coinvolto dal momento della sua ide-

Tab. 1. Evoluzione del bilancio e del personale CERN nel corso degli anni 1990 → 2200. Per quanto riguarda il bilancio si indicano solo le spese più importanti, quelle per materiale e per personale.

Anno	Bilancio (MCHF)			Personale (Unità)
	Materiale	Personale	Totale	
2020	439	685	1,157	
2019	543	681	1260	2660
2018	546	692	1313	2667
2017	491	672	1232	2633
2016	427	647	1153	2560
2015	379	629	1083	2531
2010	380	538	936	2427
2005	850	480	1365	2374
2000	548	456	1029	2702
1990	330	431	859	3203

azione, costruzione e realizzazione. L'esperimento coinvolge circa 3000 fisici da tutto il mondo. La struttura organizzativa della collaborazione ATLAS è mostrata nella Figura 1. La situazione dell'esperimento CMS, è molto simile nella sostanza. Ci sono diversi livelli di coordinamento, e rappresentatività:

- L'ATLAS Spokesperson è il rappresentante eletto della collaborazione e coordina le attività scientifiche e di gestione della collaborazione.
- Uno politico rappresentativo di tutta la collaborazione, il *Collaboration Board* nel quale ogni istituto o istituzione della collaborazione è rappresentato. È l'organo decisionale più alto ed ultimo della collaborazione. *L'ATLAS Plenary Meeting* è concepito per assicurare il flusso di informazione verso tutta la collaborazione.
- La continuità della gestione quotidiana dell'esperimento viene garantita da un certo numero di figure operative, tutte elettive, che affiancano *L'ATLAS Spokesperson* nel governo scientifico operativo e manageriale dell'esperimento: il *Technical Coordinator* (per tutti gli aspetti tecnici dell'esperimento), *l'Upgrade Coordinator* (per il coordinamento delle nuove attività costruttive destinate a completare, aggiungere e, in alcuni casi, sostituire, nuovi rivelatori per migliorare la funzionalità dell'esperimento).
- Il *Resources Coordinator* infine si occupa della gestione delle importanti risorse umane ed economiche di tutto l'esperimento.
- L'esperimento ATLAS è composto da un insieme di rivelatori diversi con funzionalità complementari. Ogni rivelatore (o, meglio, ogni gruppo di rivelatori) è coordinato da un *Project Leader*.
- L'Executive Board infine è un organo di coordinamento nel quale sono presenti tutti i coordinatori e tutti i rappresentanti di rivelatore.

Questa struttura di gestione e coordinamento viene sostanzialmente replicata, a livello più basso, per ogni rivelatore o gruppo di rivelatori.

### Gli accordi internazionali per le grandi acquisizioni

Tutti i grandi progetti costruttivi, di sviluppo e/o ammodernamento degli esperimenti del CERN sono basati su accordi internazionali che vengono sottoscritti dai rappresentanti degli enti finanziatori nazionali e dal CERN stesso. Questi accordi ("*Memorandum of Understanding*" abbreviati con *MoU*) sono preceduti da lunghissimi periodi di sviluppo, ricerca e progettazione e rappresentano la fase conclusiva e operativa di un progetto. In questi accordi vengono dettagliate, al meglio della comprensione e della conoscenza del momento, le responsabilità costruttive e una stima dei costi, quanto accurata possibile, di ogni singola parte/componente del progetto. La stima dei costi viene dettagliata in un documento formale ("*Basis of Estimate*", abbreviato come *BoE*) controllato e approvato da esperti indipendenti ed esterni al progetto in esame, che contiene la descrizione di come la stima dei costi è stata costruita. I costi, in questi grandi accordi costruttivi hanno un ruolo importante nella ripartizione iniziale delle responsabilità costruttive. Il tentativo è quello di ottimizzare la ripartizione degli impegni in funzione delle disponibilità finanziarie di una comunità, delle sue capacità costruttive, delle risorse umane e infrastrutturali sulle quali può contare. L'accordo finale, però, è basato su una metrica diversa, quella basata sui "*deliverables*". I gruppi si impegnano a fornire parti o componenti dell'esperimento e/o a fornire contributi costruttivi, i "*deliverables*" appunto. Il motivo per cui i "*Memorandum of Understanding*" non sono basati sui costi è dovuto ad un doppio motivo che

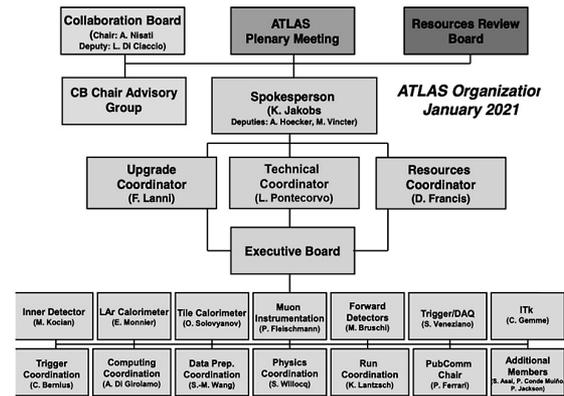
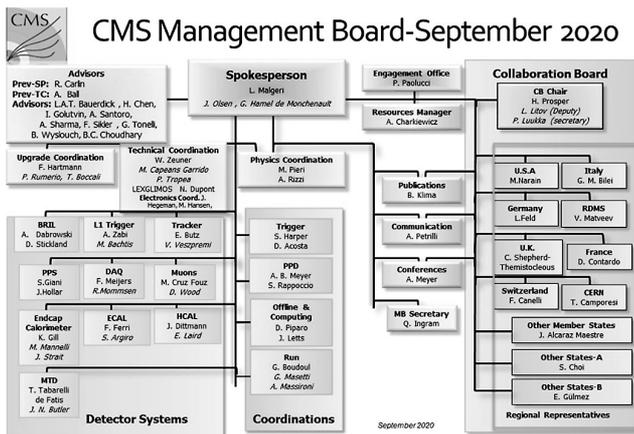


Fig. 1. Struttura delle grandi collaborazioni LHC del CERN, ATLAS e CMS.

rende la stima dei costi non del tutto garantita. Pesa innanzitutto la durata del periodo di costruzione: spesso una decina di anni nel corso dei quali molti fattori (inflazione, disponibilità di materie prime, apprezzamenti o deprezzamenti di valute rispetto al Franco Svizzero) possono avere un impatto anche significativo sulla stima iniziale dei costi. Il secondo punto è dovuto al fatto che queste iniziative costruttive sono basate su tecnologie sempre alla frontiera e spesso in via di sviluppo. La fase costruttiva include un periodo iniziale di ricerca e sviluppo di una certa tecnologia e questo ha, potenzialmente, un impatto imprevedibile sui costi che sono stimati assumendo sviluppi ancora non verificati. D'altra parte nei grandi esperimenti del CERN, nulla si trova direttamente sul mercato (*"on the shelves"*, sugli scaffali), tutto viene sviluppato in collaborazione con industrie e compagnie tecnologicamente avanzate. Alla fine del processo di R&D la produzione di massa viene fatta dall'industria ma la fase di prototipizzazione viene realizzata da fisici e ingegneri delle varie istituzioni. Non potrebbe essere altrimenti: la scala di tempi di questi grandi esperimenti è tale che se si scegliessero prodotti commerciali esistenti sul mercato questi rischierebbero di essere obsoleti al momento del completamento della fase costruttiva.

Quindi gli impegni che vengono presi non sono sui costi ma sui *"deliverables"*: le agenzie dei vari Paesi si impegnano a fornire parti di apparati e non una certa quantità di contributo economico. Gli aumenti di costi, spesso presenti, vengono assorbiti dai vari gruppi e non dall'esperimento che non ha risorse economiche autonome. La stima dei costi, comunque, include un margine di incertezza, la contingenza, tipicamente tra il 5 e il 10% del valore totale. Inoltre la stima economica di ogni singola parte di apparato deve essere basata su esperienze passate simili ed è soggetta ad uno scrutinio severissimo.

La gestione dei *"deliverables"* in queste grandi iniziative costruttive è delicatissima e copre aspetti certamente tecnici, tecnologici e scientifici ma anche politici di equilibri tra gruppi, gestione di difficoltà economiche, extra-costi. Da alcuni anni la gestione dei *"deliverables"* viene affidata, nelle collaborazioni del CERN, ad una figura operativa nuova, un fisico al quale viene affidata la responsabilità economica dell'esperimento: il *"Resources Coordinator"*. Il *"Resources Coordinator"* viene eletto dal *"Collaboration Board"* dell'esperimento (dove c'è un rappresentante per ogni Istituto) ed ha una durata di 2 anni rinnovabile con un nuovo voto a maggioranza di 2/3. Il volume dei finanziamenti è tale che il *"Resources Coordinator"* delega a sua volta parte delle responsabilità ad un collega quando esistono iniziative costruttive speci-

fiche di una parte dell'esperimento. Il caso di studio proposto in questo articolo rientra in questa casistica: nel 2019 è stato approvato dall'esperimento ATLAS del CERN (circa 3000 fisici da 50 paesi diversi) un *MoU* con il quale si decide di realizzare un aggiornamento (*"ATLAS Muon Spectrometer Phase II Upgrade"*) di alcune parti del rivelatore per un valore approssimato di circa 30 MCHF da realizzarsi nel corso di circa 6 anni. A me è stata affidata la responsabilità di *"Upgrade Resources Coordinator"* per questa realizzazione.

L'*"Upgrade Resources Coordinator"* viene proposto dal Project Leader e viene ratificato dall'*"Institute Board"* del rivelatore corrispondente, lo spettrometro a muoni in questo caso. Egli è anche membro dell'*"Upgrade Steering Group"*. Il ruolo di questa carica può essere riassunto come segue:

1. Tiene traccia dei *deliverables* forniti dagli istituti e della frazione di valore *"CORE"* raggiunto; verifica l'aderenza tra la parte di produzione realizzata e quanto dichiarato nel *MoU* in termini di costo e contenuto;
2. Insieme all'*"Upgrade Coordinator di ATLAS"* prepara i consuntivi finanziari per la parte di rivelatore di sua competenza, da inviare agli enti finanziatori nazionali;
3. Concorda con il *"Resource Coordinator"* di *ATLAS* modifiche alla spesa e al profilo di spesa previsto dal *MoU*;
4. Coordina gli approvvigionamenti che avvengono tramite i servizi del CERN; autorizza e firma tutti i contratti e gli ordini che avvengono tramite i servizi del CERN;
5. Aiuta i coordinatori di attività nella preparazione di acquisizioni attraverso il CERN, facendo da tramite con i servizi amministrativi per la correttezza formale dei documenti; si assicura che le regole internazionali per le gare vengano rispettate, si assicura che gli approvvigionamenti vengano preparati con debito anticipo in modo da rispettare le scadenze costruttive dell'esperimento; cura la redazione dei capitolati tecnici e scientifici con il necessario livello tecnico; segue tutte le diverse fasi delle acquisizioni al CERN (ricognizione di mercato, gare, aggiudicazione); si assicura che i disegni tecnici e le specifiche tecniche siano preparati correttamente e siano stati ufficialmente approvati;
6. Partecipa alle riunioni con tutti i rappresentanti delle agenzie finanziatrici di ATLAS quando aspetti legati allo spettrometro a muoni vengono discussi.

## Le grandi acquisizioni attraverso il CERN; le procedure

Una gran parte delle acquisizioni, in particolare quelle tecnicamente complesse ed economicamente onerose avvengono attraverso i servizi amministrativi del CERN. Le procedure per gli approvvigionamenti attraverso il CERN sono infatti, generalmente molto più semplici di quelle degli stati membri ed i processi di approvazione, pur rispettando pienamente gli standard internazionali sono in genere molto più rapidi. Un'acquisizione intorno ai 500 KCHF può essere completata entro meno di tre mesi. A volte i tempi sono condizionati (e dilatati) da difficoltà tecniche nella redazione dei documenti tecnici. Gli ordini attraverso il CERN hanno l'inconveniente di essere pagati in Franchi Svizzeri e questo li rende soggetti a fluttuazioni valutarie sul mercato delle valute. Tutti i gruppi e gli istituti esterni che operano al CERN possiedono un conto ufficiale sul quale possono operare in entrata per portare valuta e in uscita per pagare ordini fatti attraverso il CERN. Tutti gli ordini fatti attraverso il CERN, relativi a parti di rivelatore indicati nel *MoU* passano attraverso conti CERN gestiti dal "*Resource Coordinator*" di ATLAS. Gli ordini relativi allo spettrometro a muoni vengono ulteriormente autorizzati da me.

Gli ordini al di sotto di 10.000 CHF non vengono considerati in questo articolo, le procedure sono molto rapide, semplificate e senza particolari vincoli. Sono generalmente sufficienti tre offerte (addirittura una al di sotto di 5000 CHF) per poter emettere un ordine. Tutto avviene attraverso rete, nulla di cartaceo viene scambiato né all'interno del CERN né con la ditta stessa. Il diagramma di flusso che descrive le procedure per gli acquisti al CERN superiori a 10 KCHF, è schematizzato nella Figura 2. Esistono due soglie che discriminano i diversi percorsi: 200 e 750 KCHF. Nella tabella 2 vengono indicate in maniera sommaria le diverse procedure per le tre fasce maggiori di costo: <200 KCHF, tra 200 KCHF e 750 KCHF, sopra 750 KCHF. Sono due le fasi in cui sono organizzati gli acquisti attraverso il CERN che vengono attivate a seconda della stima del costo dell'approvvigionamento:

- **Market Survey**, necessario per tutti gli acquisti superiori a 200 KCHF. Consiste in una ricognizione di mercato attraverso la quale vengono identificate le compagnie in grado di eseguire, produrre il prodotto richiesto. Questa fase è basata su due documenti tecnici preparati da fisici esperti e coordinati da me: la *Technical Description* e il *Qualification Questionnaire*. Il primo documento descrive sommariamente l'oggetto che si vuole approvvigionare, le quantità previste e la scala di tempi entro i quali l'opera va realizzata. Il secondo, preparato dagli interessati all'acquisto in base alle caratteristiche dell'acquisto stesso, consiste in un questionario nel quale la ditta contattata descrive l'esperienza costruttiva di cui gode, le infrastrutture.
- **Invitation to Tender**, la vera gara. La gara viene aperta alle sole ditte che sono state selezionate nella fase precedente, il "*Market Survey*". Le ditte escluse non hanno modo di opporsi all'esclusione che viene ampiamente motivata. Va comunque sottolineato che il "*Qualification Questionnaire*" è redatto in modo da non offrire alcuna ambiguità: si richiedono risposte a domande semplicissime e totalmente obiettive (ad esempio: "*la ditta x ha mai realizzato piani di un certo materiale con dimensioni ... con precisioni...*") A queste affermazioni si chiede di rispondere con referenze.

La fase dell'*"Invitation to Tender"* è basata su due documenti tecnici, anche questi coordinati da me: la "*Technical Specification*" e la "*Tender Form*". Nella "*Technical Specification*", diversamente dalla "*Technical Description*", viene presentata una descrizione esatta del prodotto che deve essere acquistato con le modalità di produzione, specifiche tecniche, tempi di produzione ed ogni altra indicazione che si ritenga necessaria. Va osservato che questo documento è basato su specifiche tecniche formalmente approvate da un comitato di esperti indipendenti i quali, dopo un attento esame della documentazione prodotta, approvano formalmente le specifiche contenute nella "*Technical Specification*". La riunione nel corso della quale

Tab. 2. Schema semplificato per le procedure di acquisto al CERN in funzione delle diverse fasce di costi. ARC = "*Atlas Resource Coordinator*", URC = "*Upgrade Resource Coordinator*", FC = "*CERN Finance Committee*".

Soglia (KCHF)	Market Survey	Invitation to Tender	Minimo # Compagnie coinvolte	Approvazione
Valore < 200		Yes	5	ARC, URC
200 < Valore < 750	Yes	Yes	10	ARC, URC
Valore > 750	Yes	Yes	15	ARC, URC, FC

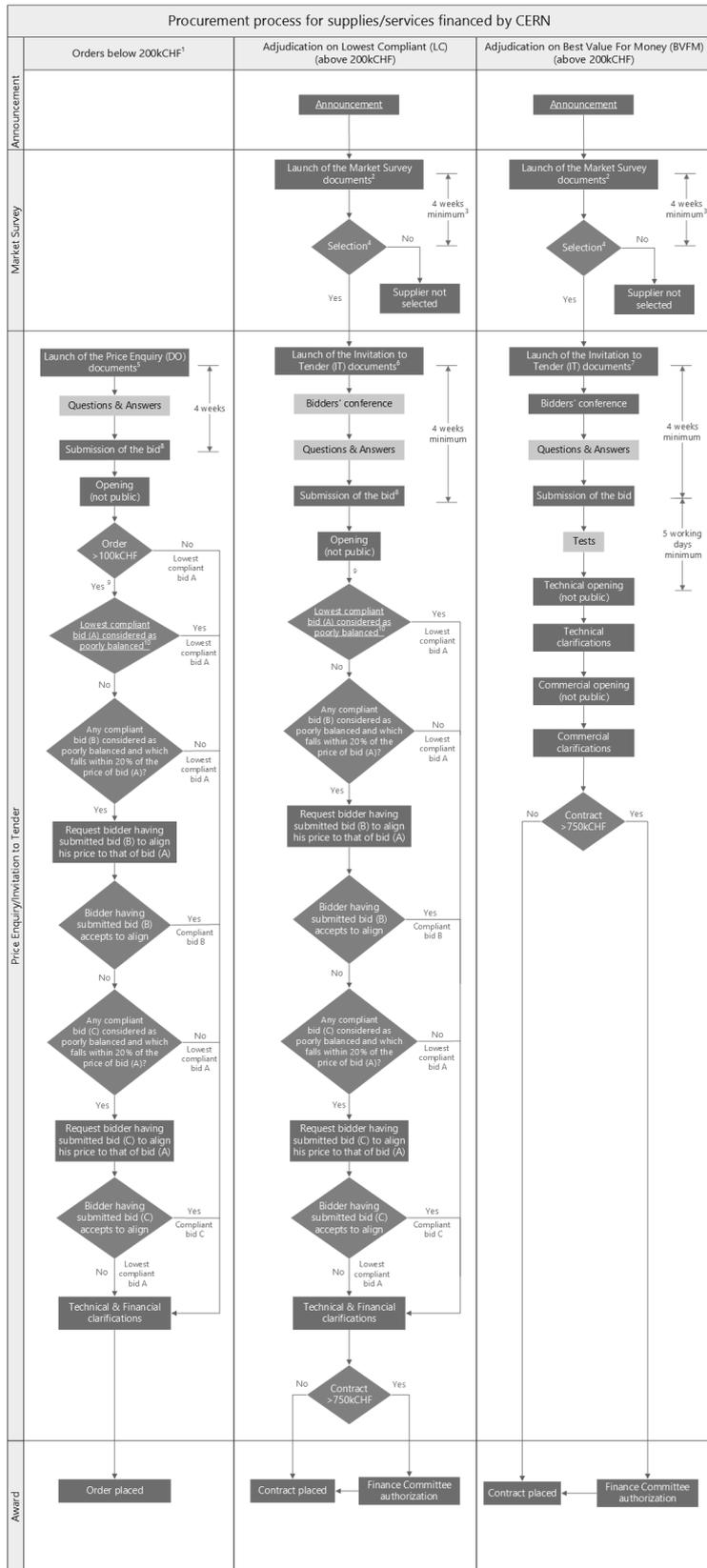


Fig. 2. Il diagramma di flusso delle grandi acquisizioni al CERN (superiori a 10,000 CHF).

avviene ha il nome di “*Final Design Review, FDR*”. Nessun acquisto viene approvato prima di questa riunione formale.

### Il ruolo dei fisici nelle procedure di acquisizione

Nelle pagine precedenti sono state descritte alcune delle procedure seguite negli acquisti, economicamente molto importanti, al CERN. Il contributo ed il coinvolgimento del “*Procurement Office*” del CERN è determinante. I funzionari amministrativi del CERN, spesso usciti da grandi scuole di amministrazione, sempre con una formazione altissima, verificano la correttezza formale, la completezza, la chiarezza dei documenti di specifica, suggeriscono strategie di acquisto basate sulla loro esperienza. Aspetti tecnici sono assolutamente esclusi dalle loro considerazioni e osservazioni.

I beni che possono essere trovati sul mercato sono anche disponibili attraverso il magazzino (virtuale) del CERN. I prezzi sono stati negoziati con i fornitori, molti dei prodotti di maggior consumo sono disponibili immediatamente, gli altri vengono ordinati dal magazzino stesso. Per ogni tipologia di bene viene proposta unicamente la scelta meno onerosa. Il ricorso al magazzino del CERN cancella (quasi completamente) ogni procedura formale: acquistare un bene proposto attraverso il magazzino del CERN richiede la compilazione di un *form* senza limiti di costo.

Al di là degli aspetti formali, gestiti dal servizio di “*Procurement Office*” del CERN, per quanto interes-

santi, va sottolineato il ruolo dei fisici nella gestione di quelle grandi acquisizioni di cui abbiamo parlato in questo articolo. Va fatta una considerazione preliminare fondamentale: la quasi totalità degli ordini importanti riguardano beni che ancora non esistono e che vanno sviluppati in collaborazione con le industrie tecnologicamente avanzate. Queste collaborazioni tra ricerca di base e industria non preludono a futuri contratti. Le compagnie fanno investimenti, acquisiscono nuove competenze, sono in grado di proporre nuovi prodotti sul mercato. Fino a parecchi decenni fa, quando gli esperimenti erano ancora relativamente piccoli, tutte le parti di un rivelatore necessarie per la costruzione di un esperimento, venivano disegnate e realizzate all’interno degli istituti di ricerca: tutti i dipartimenti di fisica avevano (ed ancora hanno) officine meccaniche ed elettroniche di ottimo livello (e tecnici esperti) capaci di realizzare costruzioni meccaniche ed elettroniche che soddisfacessero le necessità costruttive dei ‘piccoli’ esperimenti del tempo.

Con la disponibilità di macchine acceleratrici sempre più potenti e la conseguente necessità di realizzare apparati sempre più grandi, complessi e caratterizzati da un gran numero di moduli molto sofisticati ma uguali tra loro, la strategia di costruzione è cambiata: ora in casa si sviluppano, e realizzano, quasi soltanto prototipi, spesso in collaborazione con ditte tecnologicamente avanzate, mentre la grande produzione di moduli uguali viene affidata alle grandi industrie.

I grandi esperimenti di LHC del CERN sono un gigantesco insieme di rivelatori diversi che usano tec-

#### Longer term LHC schedule

In 2019 the decision was taken to extend Run 3 by a year and for LS3 to start in 2025. Impact of coronavirus pandemic reflected in the extended hardware commissioning and magnet training foreseen for 2021.

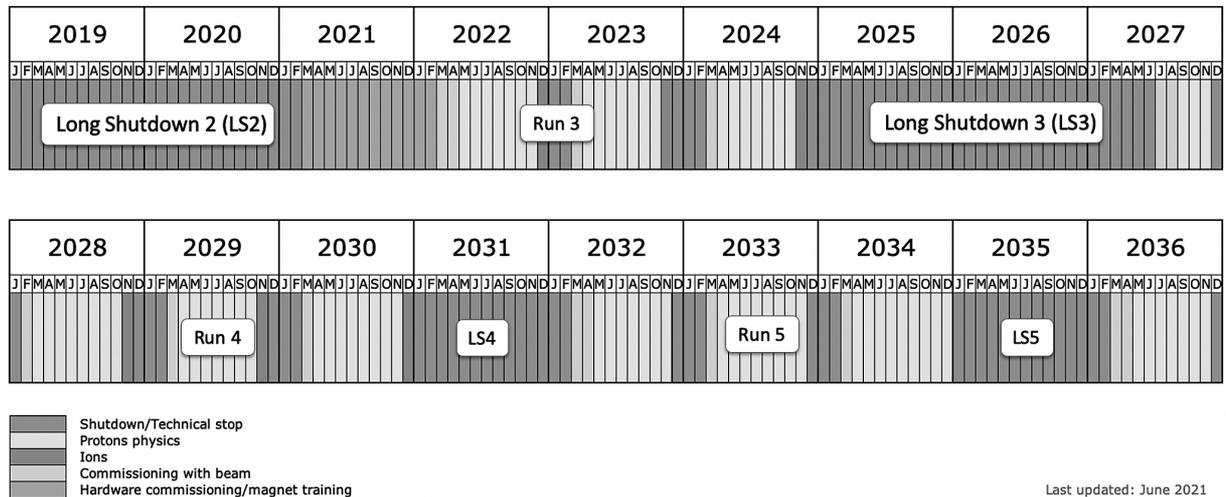


Fig. 3. Piano degli interventi programmati sull’acceleratore LHC e sugli esperimenti del CERN dal 2019 al 2036.

nologie diverse tra loro. Nessun fisico può considerarsi un esperto di tutte le tecnologie usate, nemmeno il ‘Resource Coordinator’. Il ruolo chiave dei fisici che ricoprono questo ruolo, quindi, è quello soprattutto di coordinare il lavoro necessario per la definizione di aspetti tecnici e tecnologici da usare nella redazione di quello che in Italia chiameremmo un “capitolato”. Oltre a questo molto importante è anche porre la massima attenzione alla scala dei tempi di una grande produzione. Gli esperimenti di LHC sono praticamente inaccessibili: sono così compatti e densi di tecnologia che al di là delle poche parti sistemate nelle zone esterne dell’apparato tutto il resto richiede un intervento di smontaggio (“apertura” come diciamo noi) che richiede mesi di lavoro solo per arrivare al rivelatore sul quale si vuole operare. Per questo motivo i periodi destinati agli interventi sui rivelatori (i “*Long Shutdowns*”) vengono programmati con molti anni di anticipo e durano essi stessi anni. Nella figura sotto è mostrata la pianificazione del funzionamento di LHC fino al 2036. Il prossimo periodo programmato di fermo (il “*Long Shutdown 3*”) inizierà nel 2025 e durerà fino a metà del 2026. L’ultimo intervento programmato, ad oggi, è previsto nel 2035 (il “*Long Shutdown 5*”).

Questa programmazione è quasi immutabile, viene ridiscussa solo in caso di eventi gravissimi ed esterni al CERN. Così è stato per la pandemia di Covid che ha portato allo slittamento di un anno. I ritardi degli esperimenti praticamente non contano. Una manciata di giorni di ritardo si riesce ad ottenere, non di più. A questo mi riferivo quando parlavo della scala dei tempi. Bisogna capire quanto una nuova tecnologia richiede per essere sufficientemente matura per essere installata in un esperimento, quanto lunghi sono i tempi richiesti da un’industria per adattare i propri schemi di produzione e le sue infrastrutture alla lavorazione richiesta, quanto lunghi sono i tempi per la produzione stessa. Tutto questo sta nelle mani del “*Resource Coordinator*”. Non essendo un “tuttologo” deve rivolgersi ad esperti di vari gruppi per le sue valutazioni. Ma sta a lui la programmazione di queste acquisizioni e lo studio di quanto siano compatibili con la scala

dei tempi delle finestre di intervento disponibili. La scelta di una tecnologia viene formalizzata attraverso l’approvazione da parte di un gruppo di esperti che la ratificano: la “*Final Design Review*”. Nessun acquisto di grandi dimensioni può essere fatto senza questa ratifica. Finalmente, una volta partito il processo di produzione, è lui a controllare (in realtà delegare ad esperti) la qualità del prodotto e autorizzare il pagamento delle fatture dopo opportuni controlli di qualità che riguardano l’intera produzione. Tutto quello che non rispetta le specifiche precedentemente definite viene rigettato (le strettissime regole del CERN non offrono quasi alcun margine di ‘interpretazione’ alle industrie). Per questo motivo i casi di contestazione sono praticamente inesistenti e, nel caso, verrebbero gestiti da tribunali svizzeri.

Con questa nota ho cercato di delineare un nuovo ruolo nelle grandi collaborazioni scientifiche. Le persone chiamate a ricoprire questa responsabilità devono avere la maturità scientifica e la sensibilità tecnica per guidare le scelte di grandi comunità. Deve saper ascoltare, saper parlare con le persone, essere autorevole.

Io sto coprendo questo ruolo da un paio di anni e penso di continuare per qualche altro ancora. Se sarò stato all’altezza lo saprò alla fine. Ma ce la sto mettendo tutta.

#### ANTONIO BARONCELLI

*Laureato in fisica negli anni '70 ha lavorato da sempre al CERN di Ginevra partecipando a diverse generazioni di esperimenti. Si è occupato di analisi di fisica (un piccolo contributo alla scoperta del Bosone di Higgs), di aspetti costruttivi ed ultimamente ha ricoperto ruoli manageriali. Attualmente è membro della collaborazione ATLAS del CERN ed è “Visiting Professor” della terza Università scientifica più grande della Cina: “University of Science and Technology of China, USTC” dove tiene, da tre anni, un corso di fisica delle particelle elementari.*

#### Contatti:

*Toni.Baroncelli@cern.ch*