



Tra gli Autori che danno lustro ai Convegni dell'Associazione vanno sicuramente ricordati i Professori Mario Calamia e Giorgio Franceschetti, che sono stati tra i protagonisti della nascita e dello sviluppo della teoria dei Campi Elettromagnetici e delle sue applicazioni. Uno dei temi da loro affrontati nel 2010 e nel 2016, poi nel 2022 con la collaborazione della Professoressa Monica Gherardelli, è quello del contributo italiano alla nascita del radar, che ha ristabilito la verità storica su una scoperta scientifica che ha permesso, tra l'altro, l'esplorazione dello spazio.

Il Consiglio Direttivo di AISI, riconoscendo l'importanza di questa "storia anche italiana", così sapientemente scritta, ha chiesto ai Professori Calamia e Franceschetti e alla Professoressa Gherardelli di tradurle in italiano la puntata finale, pubblicata in lingua inglese negli Atti del IX Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria - 5th International Conference. Nelle pagine che seguono è riportata questa traduzione, preceduta da una presentazione degli Autori e della Autrice, che ringrazio a nome dell'AISI.

Francesca Romana d'Ambrosio  
*Presidente di AISI*

MARIO CALAMIA, GIORGIO FRANCESCHETTI, MONICA GHERARDELLI

## *Dal 1922 ad oggi: il Radar, una storia anche italiana*

### *Presentazione della versione italiana*

Accogliendo la proposta del Consiglio Direttivo dell'Associazione Italiana di Storia dell'Ingegneria, gli autori propongono la versione in italiano della memoria *From 1922 to today: the Radar, an Italian story too*, pubblicata negli Atti del IX Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria - 5th International Conference.

In questa versione sono state aggiunte solo le quattro immagini finali, riferite ad un settore specifico, quello dell'Osservazione della Terra dallo Spazio, per evidenziare i progressi ottenuti, in pochi decenni, utilizzando sensori ottici e/o sensori radar.

I media ci inondano di immagini; fermiamoci però un momento e consideriamo il cammino percorso da quell'idea di Guglielmo Marconi di cento anni fa (1922), raccolta da studiosi e scienziati, fra i quali Ugo Tiberio, negli anni '30, ai risultati odierni.

Nel ricostruire, con tenacia e impegno, la storia degli eventi che portarono alla nascita del radar come strumento operativo, abbiamo voluto evidenziare il contributo italiano. L'equazione del radar, tassello base che ne regola il funzionamento è stata ottenuta da Ugo Tiberio e, quel che è importante, verificata dallo stesso con lo spirito del vero ricercatore che nulla lascia alla sensazione, ma si affida solo alla verifica sperimentale delle sue idee.

Ugo Tiberio con la sua proposta di Studio sulla possibilità di utilizzare ai fini militari gli effetti di riflessione delle onde ultracorte, già nel 1935 poneva le basi del Radar. Nel 1936 quello studio portò alle prime verifiche sperimentali; i risultati furono certamente incoraggianti, se già nel febbraio 1937, Ugo Tiberio scrisse un rapporto per i vertici militari dal titolo Studio sulla utilizzazione delle onde ultracorte per avvistamento (Programma per la costruzione del nuovo apparecchio).

Sulla base di questo documento, Ugo Tiberio fu invitato dai vertici militari a predisporre una relazione che non ha data, ma che può essere datata 1937.

Il fatto storico certo, che emerge dai documenti ritrovati recentemente, è la priorità scientifica, verificata sperimentalmente, dell'equazione del Radar e quindi di tutto quel processo che portò alla realizzazione dei primi

apparati, non italiani, che giocarono un ruolo fondamentale nella Seconda guerra mondiale.

Purtroppo, il decentramento forzato del “Regio Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni” (RIEC) di Livorno, nel maggio/giugno 1943, da Livorno a Padova comportò un drammatico smembramento di quanto si trovava a Livorno.

Furono movimentate centinaia di casse, tutte etichettate, che furono dirottate in varie località. A titolo di esempio si legge che nella cassa 50 c'è n.1 Ricevitore per radiotelemetro costruzione RIEC, mentre nella cassa 68 c'è n. 1 Apparato R.D.T. costruzione RIEC contrassegnato n. 1417 dell'11/4/42.

Quello che ritornò a Livorno fu ben poca cosa.

Moltissimo è stato perduto ma, con questo contributo, vogliamo sperare che si recuperi il ricordo di quanto fu fatto in quegli anni e in quei laboratori.

Se oggi, nel mondo, si può parlare di contributo italiano allo sviluppo e quindi alla Storia del Radar, questo lo si deve a Ugo Tiberio, a Nello Carrara, e a tanti altri, ma anche alla Regia Marina Italiana che riunendo questi Uomini nei suoi laboratori e nelle sue strutture, ha consentito a quegli Scienziati di scrivere pagine di delusioni, ma anche di successi, che nessuna rappresentazione di parte può cancellare.

Le stesse considerazioni valgono per l'industria radaristica italiana che in trent'anni, sempre partendo dall'insegnamento di quelli uomini, ha raggiunto un livello di indiscussa eccellenza, imponendosi sui mercati internazionali in maniera assolutamente competitiva.

MARIO CALAMIA, GIORGIO FRANCESCHETTI, MONICA GHERARDELLI

*From 1922 to today: the Radar, an Italian story too*

*Dal 1922 ad oggi: il Radar, una storia anche italiana*

*Abstract*

In June 1922, in a historical conference held at the Radio Institute of Electric Engineers in New York, Guglielmo Marconi suggested, citing the Hertz's studies, that a metal object can backscatter an electromagnetic wave and thus this event can reveal the presence of a distant object. In the early 1930s, Marconi verified that the radio link between the Vatican State and Castelgandolfo was disturbed by the few cars passing on the roads. Ugo Tiberio was the first researcher in Italy who picked up Marconi's idea and in 1934 proposed to the Italian Navy the construction of a device, with the aim of qualitatively and quantitatively verify this intuition. Tiberio was able to derive the radar equation on the basis of theoretical speculations, supplemented by experimental tests. It was the late '30s and since then, huge technical and financial resources had been used and results had been exceptional. In many countries confidential studies on Radar were conducted and Sean S. Swords had the merit of having described them objectively in his book *Technical history of the beginnings of radar*, published in 1986. In this book the role played by Italy is widely documented, with the addition of the word "perhaps". Our task is to remove that "perhaps" on the basis of documents found in subsequent years.

*Sommario*

Nel giugno del 1922, in una storica conferenza tenuta al Radio Institute of Electric Engineers di New York, Guglielmo Marconi ipotizzò, citando anche gli studi di Hertz, che un'onda elettromagnetica potesse essere riflessa da un oggetto metallico posto a distanza e quindi potesse rivelare la presenza dell'oggetto. Nei primi anni '30, Marconi notò che il collegamento radio tra il Vaticano e Castelgandolfo veniva disturbato dalle poche auto che

transitavano. Fu Ugo Tiberio il primo in Italia a raccogliere l'idea di Marconi e a proporre nel 1934 alla Marina Militare Italiana la costruzione di un apparato per verificare qualitativamente e quantitativamente l'idea di Marconi. Tiberio ricavò l'equazione del radar sulla base di speculazioni teoriche, integrate da prove sperimentali. Siamo alla fine degli anni '30; da allora ingenti mezzi, scientifici, tecnici e finanziari, sono stati impegnati e i risultati ottenuti sono stati eccezionali. In molte Nazioni furono condotti studi riservati sul Radar e Sean S. Swords ha il merito di averli descritti con obiettività nel suo libro *Technical history of the beginnings of radar*, pubblicato nel 1986. In tale volume c'è già riportato il ruolo avuto dall'Italia sulla base della documentazione in suo possesso, con l'aggiunta della parola "perhaps". Il nostro compito è stato quello, sulla base di documenti ritrovati negli anni successivi, di cancellare quel "perhaps".

### *Introduzione*

Il radar è un apparato multidisciplinare. Un trasmettitore, tramite un'antenna, lancia nello spazio treni di onde elettromagnetiche che, incontrando un ostacolo, si riflettono e vengono rivelate da un ricevitore.

Nel giugno del 1922, in una storica conferenza tenuta al "Radio Institute of Electric Engineers" di New York, Guglielmo Marconi immaginò che un'onda elettromagnetica potesse essere riflessa da un oggetto metallico posto a distanza e quindi se ne potesse rivelare la presenza [1]: *«Prima di concludere vorrei accennare a un'altra possibile applicazione di queste onde che, se avesse successo, potrebbe essere di grande aiuto per i naviganti. Come venne mostrato per la prima volta da Hertz, le onde elettriche possono essere completamente riflesse da corpi conduttori. In qualcuna delle mie prove avevo notato gli effetti della riflessione e della deflessione di queste onde da parte di oggetti metallici posti a miglia di distanza»*.

Nei primi anni Trenta, mentre provava il collegamento tra il Vaticano e Castelgandolfo per la realizzazione della Radio Vaticana, inaugurata il 12 febbraio 1931, Marconi trovò la conferma della sua intuizione espressa nella Conferenza citata del 1922. Le poche auto che percorrevano la strada che portava a Castelgandolfo disturbavano il collegamento radio.

E così si esprime [1]: *«Mi sembra che sarebbe possibile progettare apparati per mezzo dei quali una nave potrebbe irraggiare o proiettare un fascio divergente di questi raggi in ogni direzione desiderata. Questi raggi, qualora incontrassero un oggetto metallico, per esempio un altro piroscalo o un'altra nave, potrebbero essere riflessi indietro a un ricevitore, schermato dal trasmettitore locale, posto sulla stessa nave dove è installato il trasmettitore e rivelare allora immediatamente la presenza e il rilevamento dell'altra nave, e questo anche in caso di nebbia o scarsa visibilità. Un altro*

*grande vantaggio di un tale apparato sarebbe il seguente. Esso sarebbe in grado di dare un avvertimento della presenza e del rilevamento di navi, anche nel caso in cui queste navi fossero sprovviste di ogni tipo di radio».*

#### *Gli anni Trenta del Novecento*

Sono gli anni nei quali, in molti Paesi, cominciano a impostarsi studi sulle possibilità intuite da Guglielmo Marconi e si sviluppano incontri fra tecnici e studiosi per condividere esperienze, anche se il carattere riservato di queste attività condotte essenzialmente in ambito militare impedisce quel confronto aperto che la Scienza in genere richiede.

In Italia, il primo a raccogliere l'idea di Marconi fu proprio Ugo Tiberio. Egli, infatti, propose, nel 1935, alla Marina Militare Italiana, il suo *Studio sulla possibilità di utilizzare ai fini militari gli effetti di riflessione delle onde ultracorte* (Tiberio, 1936), per la costruzione di un apparato atto a verificare qualitativamente e quantitativamente l'idea di Marconi. La prima pagina del manoscritto è mostrata in Fig. 1.

Tiberio ricavò l'equazione del radar sulla base di speculazioni teoriche, integrate da prove sperimentali; la costruzione dei primi apparati operativi fu dovuta al lavoro degli inglesi e quindi degli americani che intervennero con la forza della loro organizzazione e la disponibilità di enormi mezzi finanziari.

Siamo ai primi anni '40; da allora ingenti mezzi, tecnici e finanziari, sono stati impegnati e i risultati ottenuti sono stati eccezionali.

Del lavoro di Ugo Tiberio se ne parlava spesso negli ambienti scientifici italiani, ma i riscontri sulla stampa qualificata erano abbastanza limitati. La Marina Militare aveva posto il SEGRETO sulle relative attività di ricerca che si svolgevano presso il "Regio Istituto Elettrotecnico e delle Comunicazioni di Livorno" (RIEC). L'unico lavoro sull'argomento fu pubblicato da Ugo Tiberio, nel maggio 1939 su Alta frequenza, col titolo "*Misura di distanze per mezzo di onde ultracorte (Radiotelemetria)*" (Tiberio, 1939).

Solo dal 1948 Ugo Tiberio cominciò a pubblicare, *sui Proceedings of the IRE, su Alta Frequenza e sulla Rivista Marittima, i risultati* dell'impegnativo lavoro che era stato sviluppato in Italia, tanto che, quando nel 1985, la Marina Militare Italiana fu invitata all'International Conference *The History of radar development to 1945*, presentò tali risultati col contributo "*The History of the Italian radio detector telemetro*" presentato da Mario Calamia e Roberto Palandri (Calamia e Palandri, 1987). In Fig. 2 si riporta la prima pagina degli atti che furono distribuiti ai partecipanti alla Conferenza. Purtroppo Ugo Tiberio, che aveva tanto lavorato per arrivare a un confronto scientifico tra le diverse esperienze vissute nei vari Paesi, era deceduto pochi anni prima, nel 1980.

### *La Conferenza di Londra del 1985*

Ugo Tiberio morì il 17 maggio 1980. Già negli anni '60, contro le priorità radar avanzate da più parti, si era battuto per un confronto scientifico sulle attività radar svoltesi nei vari Paesi, negli anni '30 e successivi. Solo nel 1985 si arrivò alla Conferenza di Londra innescata proprio da Ugo Tiberio.

Un articolo, nel settembre 1977, di Robert Page, dal titolo "*Monostatic Radar (Who, What, Where, Why, When, and How)*", pubblicato su IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems (Page, 1977), aveva innescato la reazione di Ugo Tiberio che, nel marzo 1979, scrisse la nota "*Some Historical Data Concerning the First Italian Naval Radar*", pubblicata ancora sulle stesse IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems (Tiberio, 1979).

In questa nota Tiberio segnalava alcuni errori storici contenuti nel lavoro di Page, e ricordava il lavoro fatto in tanti altri Paesi, fra i quali l'Italia, augurando un confronto sereno per mettere in evidenza i risultati ottenuti in tutti i Paesi.

L'appello di Ugo Tiberio non fu vano, se nel marzo 1980 Harold W. Shipton della Washington University di St. Louis, Missouri (USA), scriveva, sempre su *IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems*, una breve nota dal titolo significativo (Shipton, 1980): "*Radar History: the need for objectivity*".

La nota cominciava con la frase: «*Dr. Tiberio's appeal for an objective history of radar is apt and timely*».

Ecco allora la Conferenza di Londra alla quale purtroppo Ugo Tiberio non poté assistere, sebbene l'avesse fortemente voluta e provocata.

Molti storici continuano a ignorare l'evento al quale per la prima volta, dopo la parentesi bellica, parteciparono tutti i Paesi che avevano contribuito allo sviluppo del radar, documentando il lavoro fatto. Molti citano il libro di Sean S. Swords (Swords, 1986), un libro di alto valore storico, ma la sua importanza è enormemente accresciuta se lo si collega alla Conferenza di Londra, alle discussioni in seno a quella conferenza e al tentativo (riuscito) di cancellare il contributo più significativo e documentato, quello di Swords.

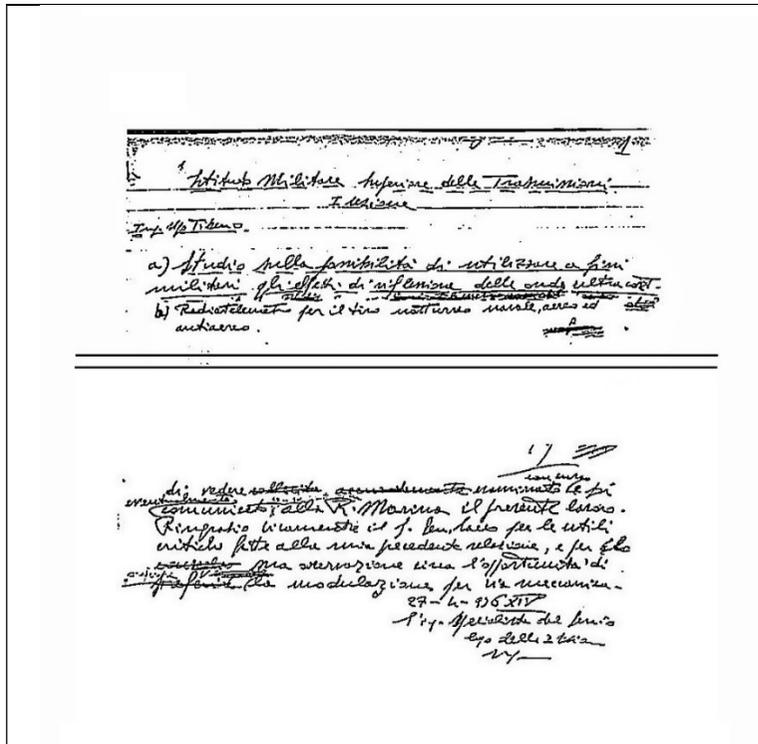


Fig. 1 – Particolari della prima (in alto) e dell’ultima pagina (in basso) del contributo che il Prof. Ugo Tiberio propose alla Marina Militare Italiana. Dalla prima pagina è stato estratto il titolo, mentre dall’ultima la parte finale con la data.

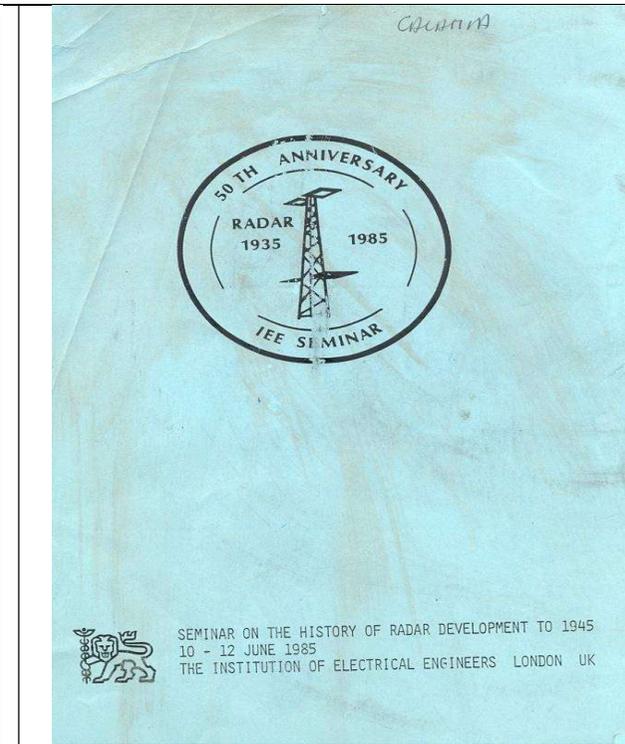


Fig. 2 – Immagine della copertina dei pre-print della 1985 International Conference: “The history of radar development to 1945” in occasione del 50th Anniversary Radar (1935-1985).

Come detto, alla 1985 International Conference: The history of radar development to 1945, in occasione del 50th Anniversary Radar (1935-1985), l'Italia partecipò con il lavoro, ufficialmente autorizzato dallo Stato Maggiore della Marina, "*The history of the Italian radio detector telemetro*", curato da Mario Calamia e da Roberto Palandri, allora Direttore dell'Istituto Radar e Telecomunicazioni della Marina Militare Italiana "Giancarlo Vallauri" (MARITELE-RADAR).

L'evento consentì di acquisire alcune certezze:

- a livello internazionale, si riconobbe che la data di nascita del Radar, nel senso attuale, è stata il 1935;
- in tale contesto, il ruolo coperto dall'Italia è stato fondamentale;
- è stato riconosciuto formalmente il ruolo avuto da Guglielmo Marconi e da Ugo Tiberio.

La Conferenza di Londra rappresentò un punto estremamente importante per la storia del Radar. Erano stati invitati a partecipare i rappresentanti di tutti i Paesi (si contarono 38 contributi), che in qualche modo avevano contribuito alla nascita e allo sviluppo del Radar. L'Italia era uno di questi Paesi.

La relazione generale di apertura del convegno fu affidata a Swords, professore al Trinity College di Dublino, per superare la latente disputa, tra inglesi ed americani, sulla priorità della messa a punto del Radar. Come si scoprirà dopo, Swords aveva raccolto una bibliografia impressionante, si era documentato ampiamente, anche se la sua introduzione alla Conferenza, *The beginnings of radar*, fu molto snella, quasi notarile: dette notizia di quanto era stato fatto nei diversi Paesi, sulla base di ricostruzioni affidabili.

Alle attività italiane, Swords dedicò 19 righe delle circa 200 complessive della sua relazione.

In apertura di convegno erano stati distribuiti dei pre-prints che contenevano le varie relazioni e che molti partecipanti al Convegno conservarono, tra i quali uno degli autori di questa relazione. I lavori si conclusero con molte discussioni e qualche insoddisfazione. La relazione di Swords registrava la situazione storicamente delineata. Si attendevano i previsti Atti congressuali. Per più di un anno nulla si seppe in merito.

Dopo più di due anni, nel nuovo volume che raccoglieva i lavori presentati al convegno, della relazione generale di Swords non c'era più traccia. Era stata sostituita da quella dell'inglese Russel W. Burns, esattamente quello che si era voluto evitare nell'organizzare il Convegno del 1985; una relazione certamente più articolata, ma dove il contributo italiano, e non solo quello italiano, era fortemente ridotto a solo cinque righe su 28 pagine, con l'utilizzo della parola "*seems*".

Intanto Swords, nel 1986, pubblicava forse il più completo libro sulla storia del Radar: *Technical History of the beginnings of Radar* (Swords, 1986).

Il volume citato è di una importanza assoluta per acquisire un panorama completo della storia del Radar. Si tratta di una Technical history, per la quale Swords ha consultato una mole impressionante di lavori – ben 324 sono quelli citati – dallo studio dei quali è riuscito a ricostruire, in maniera non condizionata da altri fattori, il contributo delle singole nazioni allo sviluppo del Radar. Come detto la prima edizione è del 1986, quindi non vi è alcun dubbio che Swords conoscesse bene la materia già in occasione del Convegno di Londra del 1985. La sua sintetica, ma puntuale, relazione al Convegno citato non era frutto di notizie improvvisate, ma la sintesi di un lungo lavoro ampiamente documentato.

Come ricordato, il volume di Swords è una Storia tecnica delle origini del radar e in questa storia l'Italia è presente con il lavoro di tanti scienziati, ricercatori ed operatori dell'Industria, a cominciare da Ugo Tiberio, giustamente il più citato in questo libro.

Riportiamo un passo del volume di Swords, relativo al Capitolo 2.3 “Radar range equation”:

*«Ugo Tiberio of Italy was perhaps the first radio scientist to study experimentally and theoretically the reradiation properties of targets. In 1933 Guglielmo Marconi, while testing a microwave installation for the Vatican between the Vatican City and Castel Gandolfo, observed a beat effect from nearby moving objects. Conscious of the importance of the phenomenon, he gave a demonstration to some senior military staff, among whom was General Luigi Sacco. General Sacco requested Professor Ugo Tiberio to make a report on “The equation of radiotelemetry”. The study was completed in 1935 and resulted in the paper “The measurement of distance by means of ultra-short waves (wireless range-finding)” (Tiberio, 1939)».*

Ma anche Swords usa la parola “*perhaps*”. Le sue fonti sono attendibili e citate, ma manca il sigillo storico che viene dalla data certa di una pubblicazione.

#### *Il manoscritto ritrovato (1996)*

Una svolta decisiva nella conoscenza delle vicende del radar italiano, per eliminare anche la parola “*perhaps*”, è venuta nel 1996 e si è consolidata negli anni successivi. Un manoscritto di Ugo Tiberio è stato ritrovato nel 1996, dopo la morte della moglie signora Bianca, in un riordino delle carte del padre, dai figli Paolo e Roberto. Altri documenti sono stati recuperati

successivamente. Questi documenti consentono di validare le ipotesi sul lavoro fatto in Italia e anticipate con lungimiranza da Swords nel suo libro.

Tanto ci sarebbe da dire su questo manoscritto. Ci sono le premesse per gli sviluppi del radar negli anni successivi.

Ma qui si vogliono preliminarmente porre due questioni:

- 1) il problema del possibile funzionamento del radar;
- 2) il problema della costruzione dei relativi apparati radar.

Sul primo punto, Ugo Tiberio ha senza dubbio la priorità scientifica, storicamente confermata. Non dimentichiamo che Marconi e altri dopo di lui avevano parlato di perturbazioni elettromagnetiche prodotte per esempio da veicoli in movimento intersecanti un'onda elettromagnetica. Ma il problema della utilizzazione di questa perturbazione era legato alla possibilità di una sua misura, e quindi alla disponibilità di un livello sufficiente di segnale di ritorno per essere ricevuto e rivelato. E questo segnale di ritorno era legato alle caratteristiche del bersaglio e alla sua capacità di reirradiare. Ugo Tiberio, nel manoscritto, dopo avere inquadrato il problema del radar (radiotelemetro), averne scritto le relazioni tra i vari parametri (l'equazione del radar), ne focalizzò il parametro principale, quello che chiamò il fattore di reirradiazione del bersaglio; dopo aver raccolto i dati disponibili in letteratura, chiese di andare al RIEC per verificare sperimentalmente la capacità di reirradiazione di un bersaglio e la sua misura. Scrisse (Tiberio, 1936):

*«Ho tentato anche di eseguire il calcolo (della capacità di reirradiazione di un bersaglio) per via puramente teorica, ma ritengo inutile riferire in proposito, perché i valori dedotti per tale via sono molto elevati, ed è prudente non fare assegnamento su di essi».*

Tutto ciò non è speculazione teorica, è procedura normale di un grande ricercatore che cerca la verifica sperimentale per avere la conferma delle sue ipotesi. E infatti il primo apparato messo a punto, l'EC1 nel 1936, serve proprio a verificare la validità dell'equazione alla quarta potenza, cioè l'equazione del radar, da lui ricavata teoricamente. Ma oltre a mettere a punto l'apparato, realizzò anche una specie di bersaglio campione che venne installato su una motobarca che si muoveva davanti all'Accademia Navale per avere risposte anche quantitative. Introdusse così il concetto di modellizzazione del bersaglio, cioè della "sezione equivalente radar" che tanto impegnerà le generazioni successive.

Il secondo aspetto prevede un coinvolgimento industriale legato a fattori economici e decisioni politiche. Anche l'Italia ha costruito i suoi apparati e c'è tanta documentazione anche fotografica a dimostrarlo. Ci sono stati ritardi certamente, legati a decisioni politiche e ad una non corretta valutazione tecnica delle potenzialità del radar da parte dei relativi organi decisionali. Ugo

Tiberio aveva già definito nel manoscritto il ruolo che avrebbe dovuto essere assegnato all'Industria per la costruzione del radar.

L'Inghilterra e gli Stati Uniti d'America compresero in pieno il ruolo che, sul piano militare, il radar poteva avere e, una volta valutata la sua potenzialità, mobilitarono ingenti risorse tecniche ed economiche per il suo sviluppo; nemmeno la prima bomba atomica mobilitò risorse uguali. Sarebbe stato comunque difficile competere con tali capacità sul piano industriale.

### *Il mosaico ricostruito*

Il libro di Swords è di per sé un documento eccezionale per collocare il contributo dei vari Paesi in un contesto temporale storico.

Il manoscritto ritrovato, nel 1996, di Ugo Tiberio, datato aprile 1936, era una edizione riveduta, come si legge nel documento, di una precedente relazione citata e come tale non poteva che risalire al 1935, fissata come data di nascita ufficiale del radar. Il radar italiano pertanto nacque come idea autonoma e originale di un uomo, che si era dedicato allo studio della nuova scienza, l'elettronica, dopo aver seguito gli studi in ingegneria civile e un corso di specializzazione in Elettrotecnica. La lettura del manoscritto ci dà la dimensione dell'autore. Intanto il titolo: *Studio sulla possibilità di utilizzare a fini militari gli effetti della riflessione delle onde ultracorte.*

Sulla base di questo manoscritto viene approntato un primo prototipo, EC1, col quale già nel 1936 furono condotte le prime prove e misure. Si trattava di un radar modulato in frequenza a onda continua, a 200MHz. I risultati furono certamente incoraggianti, con riferimento agli scopi prefissati, se già nel febbraio 1937-XV, Ugo Tiberio scrive un rapporto per i vertici militari dal titolo: *Studio sulla utilizzazione delle onde ultracorte per avvistamento. (Programma per la costruzione del nuovo apparecchio)* (Tiberio, 1937). In Fig. 3 è mostrata la prima pagina di tale rapporto.

Sulla base di questo documento, datato 27 febbraio 1937, Ugo Tiberio fu invitato dai vertici militari a predisporre una relazione che non ha data, ma che può essere datata 1937. Questa relazione, la cui prima pagina è mostrata in Fig. 4, è il *Progetto di un apparato per la rivelazione di ostacoli per mezzo di onde ultracorte modulate in frequenza (Radiotelemetro)* (Tiberio, 1937a). Si tratta di un corposo documento corredato di ben XIV tavole descrittive, non più disponibili, ma illustrate ampiamente nel documento che dette il via all'assemblaggio del secondo apparato ad onda continua (EC1, seconda versione 1937), che differiva dal primo esemplare principalmente per l'utilizzazione di un ricevitore supereterodina, che tuttavia dette qualche problema nella sintonizzazione del ricevitore.

Comunque, il lavoro continuò intenso se già nel 1937 si mise a punto un "apparato a impulsi" sulla lunghezza d'onda di 1,70 metri, l'EC2, che incontrò

invece problemi coi tubi trasmettenti.

Questi risultati non soddisfacenti, con l'apparato a impulsi, ci fanno oggi capire perché Ugo Tiberio avesse optato per la soluzione ad onda continua.

Per verificare la possibilità di rivelare il debole segnale reirradiato da un bersaglio illuminato da un'onda elettromagnetica, il radar ad onda continua poteva andare bene; questo era lo scopo primario del suo studio (secondo quanto dichiarato nel titolo del manoscritto); ma, allorché si doveva passare al progetto dell'apparato (cfr. titolo della relazione citata), sarebbe stato più efficiente un radar a impulsi. Questa soluzione era già stata da lui intravista, in quanto nel manoscritto aveva scritto:

«(omissis).....*infatti la ricezione di un campo debole (quello riflesso dal bersaglio) in presenza di uno forte (quello emesso dal trasmettitore) resta praticamente impossibile finché i due campi hanno la stessa frequenza, ma diviene invece cosa estremamente agevole se le frequenze sono diverse.*» (Tiberio, 1936).

Arrivava così ad enunciare il principio: *«profittare del tempo che l'onda riflessa impiega nel percorso di andata e ritorno per cambiare la frequenza del trasmettitore».*

Ma per avere tempo disponibile era necessario avere un radar ad impulsi. E col cambio della frequenza andava al di là del radar a impulsi per proiettare le ricerche verso radar più sofisticati di cui si parlerà più di vent'anni dopo. Il modello EC2 non dette i risultati sperati per la non disponibilità di tubi adatti (dopo pochi impulsi i catodi dei tubi utilizzati, di tipo ricevente, venivano *strappati* dalle forti correnti anodiche). A questo punto c'è da mettere in conto la scarsa fiducia delle autorità preposte; le attività furono rallentate, i finanziamenti ridotti e solo nel 1940 si riesce ad assemblare il primo EC3, sempre ad impulsi, con l'utilizzazione di triodi Philips usati normalmente in ricezione e quindi con risultati ancora non soddisfacenti.

Tre anni erano passati, si era creato un gap sostanziale, perdendo quel vantaggio iniziale (1935-36-37) derivante dalla chiara impostazione di Ugo Tiberio col suo manoscritto del 1936 e il progetto prima citato (Tiberio, 1937a).

Purtroppo, dopo il luttuoso evento della battaglia di Capo Matapan (30 marzo 1941) che fece intuire il ruolo avuto dal radar inglese (in versione certamente meno evoluta di quello italiano), le attività radar italiane ripresero frenetiche e portarono all'EC3 (seconda versione 1941) e a una terza versione sempre nel 1941, nella quale si impiegarono con successo, per il trasmettitore, i risuonatori a cavità studiati da Nello Carrara, sempre al RIEC. Da quel momento, al lavoro degli studiosi si associò la fase industriale, che portò alla costruzione del *Gufo* e del suo omologo per la sorveglianza costiera, il *Folaga*.

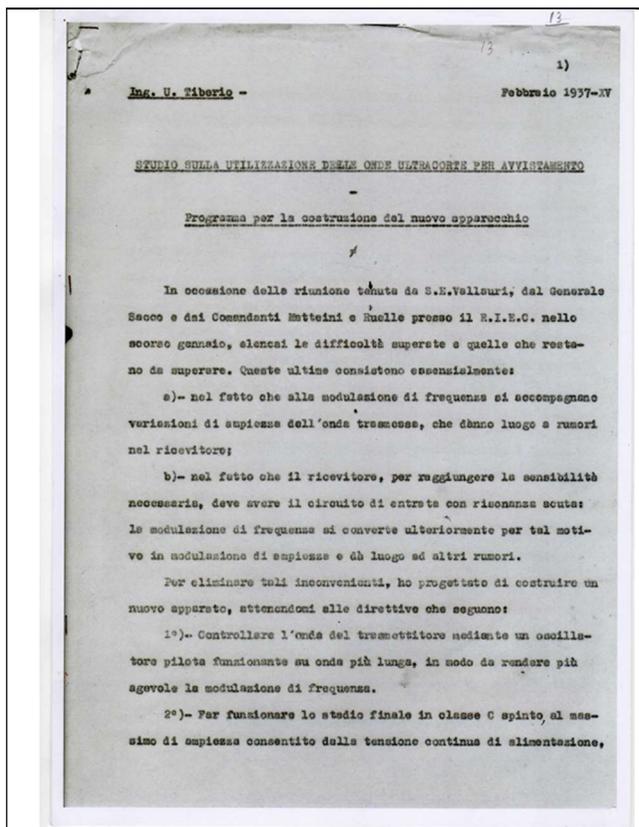


Fig. 3 – Prima pagina del rapporto che il Prof. Ugo Tiberio scrisse per lo Stato Maggiore della Marina militare italiana nel febbraio 1937.

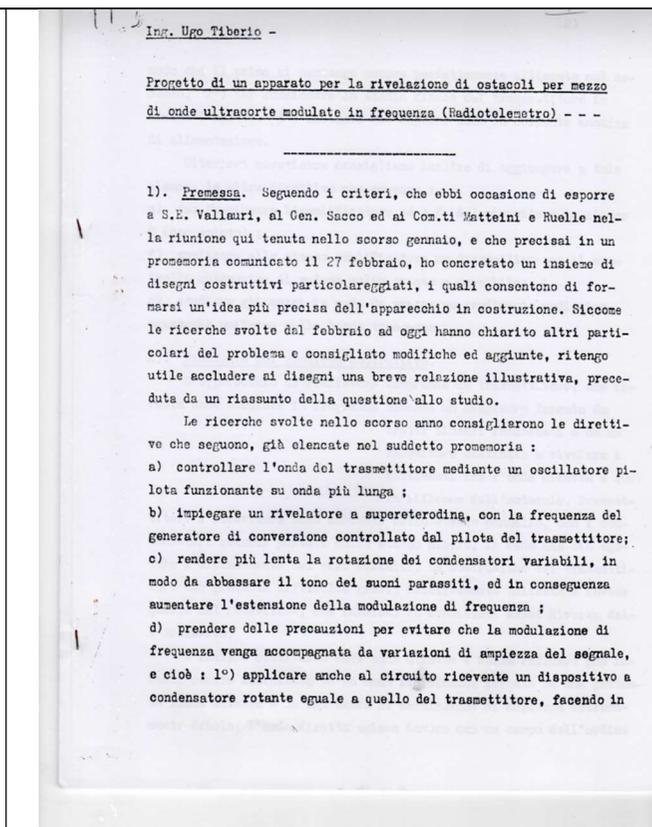


Fig. 4 – Prima pagina del progetto sul Radiotelemetro preparato dal Prof. Ugo Tiberio per lo Stato Maggiore della Marina militare italiana.

La situazione è ormai compromessa, perché, per sfuggire ai bombardamenti, il RIEC fu decentrato e tutto il prezioso materiale disperso in varie sedi (Calamia, 2014). Come purtroppo accade molto spesso, gran parte di questo materiale affidato anche a mani inesperte è andato perduto; solo una piccola parte tornò a MARITELERADAR. Ugo Tiberio aveva conservato i documenti dell'epoca e questo ha consentito di riscrivere un pezzo di storia.

Una breve considerazione sull'opera svolta dalla Marina Militare nella vicenda del radar. Lo riteniamo doveroso.

L'opera della Marina va necessariamente inquadrata nel tempo in cui si è svolta. La Regia Marina aveva creato le condizioni per condurre studi sistematici sulle idee di un giovane ricercatore e ne aveva facilitato il lavoro. Nel fare questo aveva combattuto, anche al suo interno, contro la miopia di uomini, insensibili al nuovo, ancorati a idee che saranno travolte dagli eventi. Ma è l'uomo che alle volte non è all'altezza del compito che la storia gli affida; passati questi uomini, la storia riprende il suo percorso e il nostro scopo è stato quello di far conoscere gli aspetti positivi, che l'Istituzione ha comunque raggiunto, a dispetto di situazioni contingenti negative.

#### *Fino ai giorni nostri*

Cercheremo ora di raccontare come da quello strumento nato nelle condizioni di emergenza create dalla Seconda guerra mondiale si sia passati ai radar attuali, che rendono possibili alcune missioni scientifiche incredibili e ci consegnano immagini di grande intensità anche emotiva.

La Seconda guerra mondiale ci aveva consegnato uno strumento che aveva avuto un ruolo fondamentale per gli esiti della guerra. Ma tale strumento era potenzialmente modificabile per impieghi più avanzati in ambito delle applicazioni civili.

Vediamo pertanto di individuarne il percorso.

#### *Radar a compressione d'impulso (chirp radar) - sintesi di segnali radar*

Il primo obiettivo fu quello di scoprire un bersaglio sempre più lontano senza perdere in precisione.

Nell'equazione del radar compaiono due termini, la potenza di trasmissione al numeratore e la sensibilità del ricevitore al denominatore. La prima aveva un limite nella linea di trasmissione (guida d'onda) che collegava il trasmettitore al sistema radiante. Ecco allora l'idea del radar multicanale; più trasmettitori operanti su frequenze leggermente diverse e combinazione opportuna dei segnali di ritorno dal bersaglio. Dal radar multicanale al radar a compressione d'impulso (chirp radar) il passo è breve; l'impulso radar, in trasmissione, viene allungato e modulato in frequenza. In ricezione viene demodulato e quindi compresso. Si aumenta l'energia trasmessa, senza perdere in risoluzione (Bramanti e Calamia, 1969).

### *Radar a bassa cifra di rumore.*

La sensibilità del ricevitore, si è detto, è un altro parametro importante e compare al denominatore dell'equazione del radar. Ecco allora gli studi per migliorare la sensibilità del ricevitore attraverso l'impiego degli amplificatori parametrici e di altri amplificatori a bassa cifra di rumore; si è trattato di un capitolo estremamente importante sviluppato anche per poter ricevere i deboli segnali provenienti dai satelliti stazionari, a 36000 km di distanza (Carassa, 1961).

### *Radar per la scoperta di bersagli a bassa quota (low-level targets).*

Alcuni episodi bellici, negli anni '60, avevano messo in evidenza che gli attacchi con aerei a bassa quota mettevano in crisi i radar. In particolare nel caso di radar a inseguimento a scansione conica; il problema fu affrontato con vari sistemi fino allo sviluppo del *radar monopulse*, in cui un sistema di quattro antenne consentiva, attraverso una opportuna combinazione dei segnali ricevuti, di ridurre l'effetto del segnale immagine interferente (Calamia et al., 1974).

### *Radar ad apertura sintetica (SAR).*

Fu la 1° Missione lunare, nel 1969 (Calamia et al., 2020), a mettere in evidenza le carenze radar per un certo tipo di missioni. Furono impostati dei programmi che dettero vita a quelle attività indicate come Earth Observation. Intanto lo sviluppo dei calcolatori consentì una elaborazione dei dati sempre più veloce, e permise lo studio e la messa a punto del Radar ad Apertura Sintetica (SAR). Consideriamo un aereo su percorso rettilineo, sul quale sia presente un sistema trasmettente-ricevente che illumina una prefissata area a Terra, con una regolare cadenza di impulsi sinusoidali, ricevendone e registrandone i ritorni. Se il numero  $N$  di impulsi trasmessi è sufficientemente limitato, la zona illuminata rimane essenzialmente perpendicolare al fascio irradiato; e se, in aggiunta, il ritardo temporale tra gli impulsi ricevuti è cancellato nella elaborazione della ricezione, si è in presenza di un'antenna ricevente ad  $N$  elementi, che possono essere progettati al fine di ottimizzare il Guadagno dell'Antenna.

Il SAR è stato l'elemento chiave per lo sviluppo dell'Osservazione da satellite con una precisione capace di rivoluzionare completamente il concetto di Osservazione dallo Spazio (Fig. 5). Lo sviluppo dei calcolatori ha consentito una valida elaborazione e fusione della procedura di progetto del SAR (Franceschetti e Lanari, 1999; Franceschetti et al., 1991; Franceschetti et al., 1991a).

### *Fusione dei dati.*

Vogliamo accennare, infine, alla fusione dei dati provenienti da sensori diversi: radar, sensori a microonde attivi e passivi, sensori ottici di vario tipo. Le immagini multi-frequenziali e multi-temporali, ottenute combinando ed elaborando più immagini generate da detti sensori montati sulla stessa piattaforma satellitare, ha permesso di ottenere immagini multicolori dello scenario esaminato, per una analisi più efficiente della superficie terrestre, e non solo di questa.

In questi anni è stata utilizzata la piattaforma Sentinel, e i risultati ottenuti sono estremamente utili, a valle delle immagini ottenute di una bellezza incomparabile. Si riportano alcune immagini significative (Fig. 6 e Fig.7), ma non esclusive.

### *Conclusioni*

I paragrafi precedenti di questa relazione, a giudizio degli autori, chiudono il cerchio del contributo italiano allo sviluppo del radar, che era rimasto aperto per le ragioni che si è cercato di illustrare e che vanno dal segreto militare alla dispersione della documentazione per cause belliche.

Il manoscritto e l'altra documentazione citata e ritrovata nel modo detto servono a confermare quanto Swords aveva ricostruito in modo autonomo sulla documentazione disponibile.

Swords aveva scritto nel suo libro, nel 1986, quanto segue:

*«Ugo Tiberio of Italy was perhaps the first radio scientist to study experimentally and theoretically the reradiation properties of targets».*

Il nostro ruolo è stato quello di contribuire a togliere la parola "perhaps".

Con ciò la figura di Ugo Tiberio e del gruppo di ricercatori che operarono nella seconda metà degli anni '30 del secolo scorso presso MARITELERADAR ne esce fortemente rivalutata. Come riconsiderata deve essere l'opera della Marina Militare che, riunendo in quel Centro di Ricerca personaggi che dimostreranno in seguito tutto il loro potenziale valore, aveva chiaramente dimostrato, nei suoi uomini più lungimiranti, di sapere anticipare i tempi.

Lo scopo dell'ultimo paragrafo è mettere in evidenza quanto scienziati e tecnici hanno lavorato, in questi primi cento anni, intorno a quella intuizione del giugno 1922. La trattazione non può e non voleva essere esaustiva, ma dare una indicazione del punto di partenza, dove siamo oggi giunti e della direzione verso la quale procedere.

### *Ringraziamenti*

Vogliamo ringraziare Paolo e Roberto Tiberio, che con grande emozione ci hanno consegnato il manoscritto e altri documenti trovati fra le carte del

padre. Rivolghiamo un ringraziamento alla *Marina militare italiana* per la disponibilità a sostenere sempre la ricerca e le iniziative volte a stabilire la verità storica.

### ***Bibliografia***

Bramanti M., Calamia M. 1969. A tapered waveguide to wave-guide adapter. In: IEEE Transaction on MTT, 17(2).

Calamia M. 2014. Il contributo italiano allo sviluppo del Radar: la storia ha chiarito. In: Atti e Memorie dell'Accademia Galileiana di Scienze, Lettere e Arti, CXXVII.

Calamia M., Franceschetti G., Gherardelli M. 2020. 20 luglio 1969: il primo uomo sulla Luna. L'evento e le sue ricadute. In: Proceedings of the 4th International Conference-Atti dell'8° Convegno Nazionale Convegno di Storia dell'Ingegneria, 1, 15-28. Napoli: Cuzzolin

Calamia M., Palandri R. 1987. The history of the Italian radio detector telemetro. In: Radar development to 1945 (R. Burns ed.). Londra: Peter Peregrinus Ltd.

Calamia M., Tiberio R., Franceschetti G. and Giuli D. 1974. Radar Tracking of Low-Altitude Targets. In: IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-10(4), 539-544.

Carassa F. 1961. Amplificatori parametrici. In: Seminario Matematico e Fisico di Milano, 31, 111-141.

Franceschetti G., Lanari R. 1999. Synthetic aperture radar processing. Boca Raton: CRC Press.

Franceschetti G., Pascazio V., Schirinzi G. 1991. Theory and experiments on a new time domain SAR real time processing. Amsterdam: Elsevier Publisher.

Franceschetti, G., Pascazio, V., and Schirinzi, G. 1991a. Processing of signum coded SAR signal: theory and experiments. In: IEE Proceedings F-Radar and Signal Processing, 138(3), 192-198.

Page R. 1977. Pioneer Award Monostatic Radar. In IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-13(5), 557-571.

Shipton H. W. 1980. Radar History: the need for objectivity. In IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems. 2, 244-244.

Swords S.S. 1986. Technical History of the beginnings of Radar. Institute of Electric Engineers Ed. (1986) and Institution of Engineering and Technology ( 2008).

Tiberio U. 1936. a) Studio sulla possibilità di utilizzare ai fini militari gli effetti di riflessione delle onde ultracorte. b) Radiotelemetro per il tiro notturno navale, aereo ed antiaereo. Manoscritto.

Tiberio U. 1937. Studio sulla utilizzazione delle onde ultracorte per avvistamento (Programma per la costruzione del nuovo apparecchio). Rapporto interno della Marina Militare italiana.

Tiberio U. 1937a. Progetto di un apparato per la rivelazione di ostacoli per mezzo di

onde ultracorte modulate in frequenza (Radiotelemetro). Rapporto interno della Marina Militare italiana.

Tiberio U. 1939. Misura di distanze per mezzo di onde ultracorte (Radiotelemetria). *Alta Frequenza*, 8(5), 305-323.

Tiberio U. 1979. Some historical data concerning the first italian naval radar. In: *IEEE Transaction on Aerospace Electronic Systems*, AES-15(6), 733-735.

### Sitografia

[1] Marconi G. 1922. *La radiotelegrafia*.

[https://www.fgm.it/\\_MG/scritti%20di%20marconi/la%20radiotelegrafia1922.pdf](https://www.fgm.it/_MG/scritti%20di%20marconi/la%20radiotelegrafia1922.pdf)

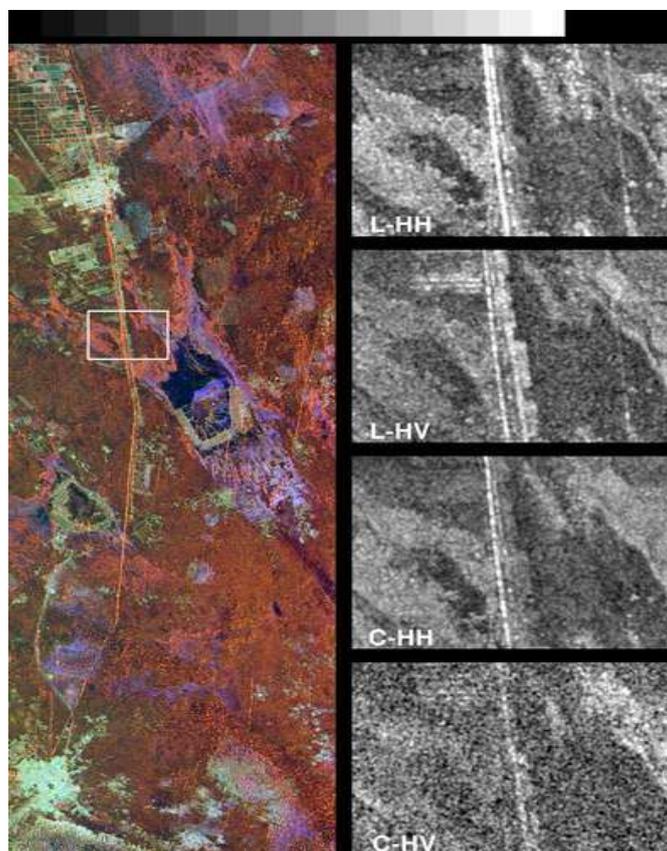
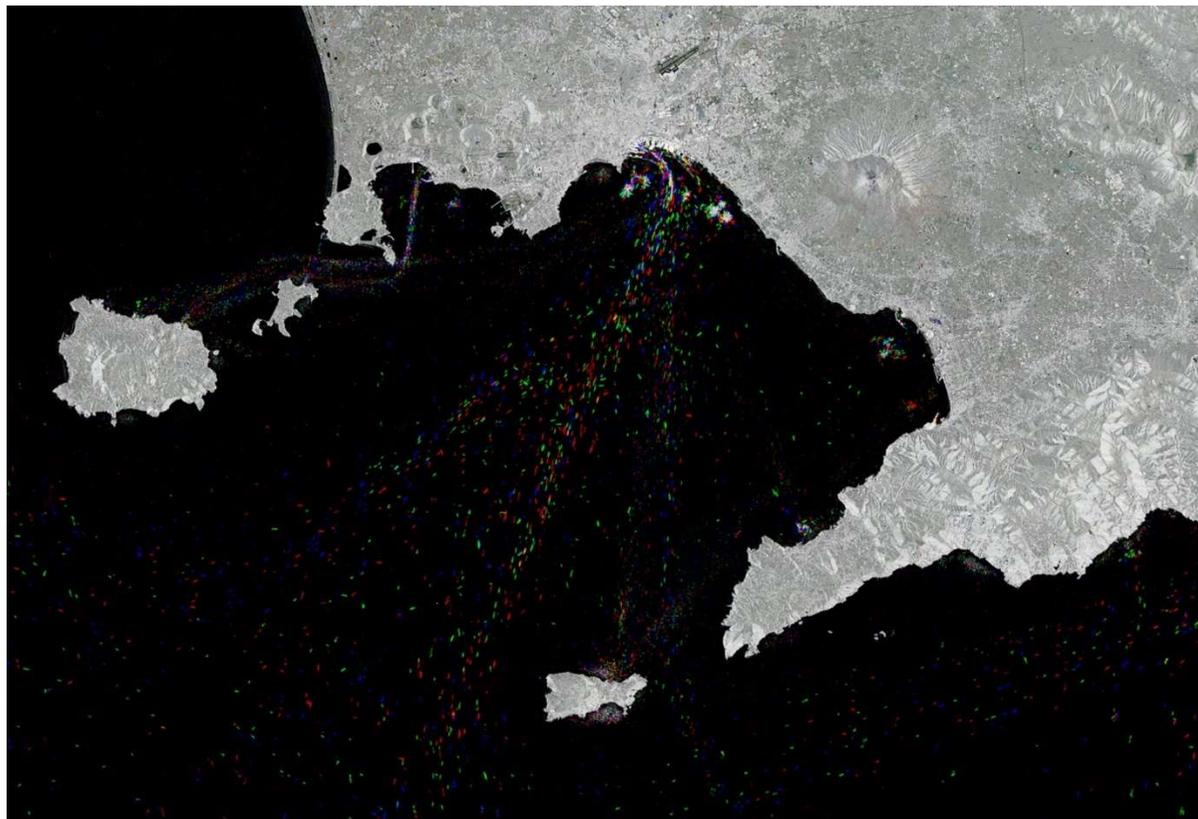


Fig. 5: Queste immagini radar spaziali, ottenute il 10 aprile 1994, mostrano un segmento della Grande Muraglia cinese che appare come una sottile banda arancione, che va dall'alto verso il basso dell'immagine a colori. Le immagini in bianco e nero corrispondono all'area delineata dal riquadro e rappresentano i quattro canali radar dello Spaceborne Imaging Radar-C (SIR-C). Ogni canale è sensibile a diverse caratteristiche del terreno, comprese due generazioni della Grande Muraglia.



*Fig. 6: Questa immagine, ottenuta dalla missione Copernicus Sentinel-1, mostra l'intenso traffico marittimo nel Golfo di Napoli. Tre anni di dati di Sentinel-1 sulla stessa area sono stati compressi in un'unica immagine: le barche che attraversano la baia nel 2017 appaiono in blu, quelle del 2018 in verde e quelle del 2019 in rosso.*



*Fig. 7: Il vulcano sull'isola spagnola di La Palma sta eruttando. Il satellite europeo per l'osservazione della Terra, Sentinel-2, ha intercettato i flussi di lava che uscivano dal vulcano infuocato dopo il parziale collasso del suo cratere conico, che si era formato all'inizio dell'eruzione il 19 settembre 2021.*