

Associazione CISE2007
Spunti di riflessione
e spigolature di ricerca



Prototipo di motore nucleare per la propulsione missilistica Tory-II A, sviluppato in USA negli Anni '60.

In questo Numero:

	pag.
<i>Editoriale</i>	
15 ANNI DI CISE 2007 - <i>F. Parozzi</i>	3
AUTOCOSTRUZIONE DI STRUMENTI PER LA DIFESA DELL'AMBIENTE UNA STRADA PERCORIBILE PER LA CITIZEN SCIENCE? – <i>P. Bonelli</i>	12
VOLARE CON L'ATOMO: BREVE STORIA DI UN'IDEA AL LIMITE DELL'IMPOSSIBILE - <i>F. Polidoro</i>	17
UN FIUME DI ARCHEOLOGIA - - <i>Germana Perani Archeologa e Museologa Responsabile Scientifica del Progetto Lambro Archeologico</i>	34
CART – C E CIRENE - <i>F. Mantega</i>	38
NICOLA GIORDANO, HONEST, ENTHOUSIASTIC, INSPRING SCIENTIST <i>Aurelio Ascoli, Università degli Studi di Milano</i>	41

Comitato di redazione

P. Bonelli, F. Parozzi, F. Polidoro, A. Ascoli

Grafica e impaginazione : F. Laurenti



N. 9 – Febbraio 2022

Editoriale

15 ANNI DI CISE2007

Flavio Parozzi
Presidente di CISE2007

Il desiderio di una Fenice

Perché CISE2007 si chiama così? Anche se ogni tanto qualcuno propone di riqualificarlo in modo più versatile e brillante, noi abbiamo preferito non cambiargli il nome per non dimenticarne l'origine.

Ovviamente quel "2007" è l'anno in cui è nato. In quel periodo, noi ricercatori non ci eravamo ancora ripresi dallo shock della maldestra privatizzazione dell'Enel che aveva comportato la chiusura dei centri di ricerca energetico-ambientale che ruotavano intorno a Milano. Tra questi, lo storico CISE di Segrate.

In quella tempesta, l'avvicinarsi di manager affiliati ai vari partiti politici aveva portato ad una disgregazione delle competenze, puntando a improbabili business di servizi e ricerca che nella situazione italiana erano abbastanza irrealistici.

Con gli accordi politico-sindacali nessun dipendente rimaneva a piedi, ma si assisteva a fughe di giovani laureati, e ad essere ridimensionate erano le varie attività con i loro indotti. Lo sconforto prevaleva perché, nonostante gli inviti ad acquisire finanziamenti privati, diventava difficile rimettersi in gioco con quella situazione tutt'altro che stabile, con risorse in contrazione e un'immagine aziendale poco attraente. Ciò che rimaneva dei centri dell'ex-ente elettrico veniva continuamente ridimensionato e rimescolato, frammentato, cambiando nomi e strutture per ben 5 volte in dieci anni. Sembrava il gioco del Monopoli.

Ricordo di un collega ingegnere che aveva appeso nel proprio ufficio un cartellino con una frase di Leonardo da Vinci *"Quelli che s'innamorano di pratica senza scienza son come 'l nocchier ch'entra in navilio senza timone o bussola, che mai ha certezza dove si vada"*. Era infatti così.

Verso un nuovo CISE

In quella scombinata tempesta, con timonieri improvvisati e privi di bussola, da un gruppo di colleghi per la maggior parte provenienti dal CISE e ancora carichi e orgogliosi delle proprie radici nasce la nostra associazione.

L'amico Gianni Pampurini, proveniente dai laboratori del CISE e intraprendente organizzatore di iniziative culturali a tema ambientale, mi comunica di aver coinvolto il prof. Enrico Cerrai¹ per costituire una sorta di nuovo "embrione" di organismo finalizzato a dar vita a nuove opportunità di studi in sintonia con lo spirito pionieristico, per l'appunto, dello storico CISE. L'idea è quella di valorizzare le competenze di primo ordine che la chiusura della ricerca elettrica ha lasciato allo sbando. Il campo è ovviamente quello della sostenibilità dell'energia e dell'ambiente.

Pampurini è un infaticabile milanese che mi aveva già trascinato nelle vivaci iniziative culturali Gruppo Ecologico Est Milano anche in qualità di fotografo e cineasta. Cerrai lo conoscevo e stimavo dai tempi in cui seguivo con entusiasmo il suo corso di “Tecnologie dei Materiali Nucleari” al Politecnico. Avevamo continuato a vederci anche quando ero entrato a far parte della ricerca nucleare all’Enel. Ottima e motivante compagnia, quindi!

E’ il luglio del 2007. L’Associazione prende vita appoggiandosi all’ospitalità del Depuratore di Nosedo, e il 20 novembre viene sottoscritto l’Atto Costitutivo da parte di 32 soci fondatori, tra i quali io stesso, sotto la presidenza di Cerrai e con Pampurini facente da segretario organizzatore.

Nel 1946 l’acronimo della società CISE significava “Centro Informazioni Studi ed Esperienze”. Questa nuova CISE2007 è invece un’associazione di volontari in cui l’acronimo significa “Centro Italiano per la Sostenibilità e l’Energia”, e il riferimento è ovvio.

Le iniziative ambientaliste di Pampurini si concentrano in particolare sulla valorizzazione della Valle dei Monaci nel Parco della Vettabbia e sul progetto sperimentale di solare termico Aretha che si realizzano nella zona sud di Milano. Sono gli anni dei governi favorevoli al rilancio del nucleare in Italia e io affianco Cerrai negli incontri e nei dibattiti sul tema.

Nel 2011 sono eletto nel Consiglio Direttivo e nel 2013 vengo chiamato a sostituire alla presidenza lo scomparso professor Cerrai, che si era congedato con un commosso “andate avanti!”

Negli anni successivi l’Associazione si consolida e aggiorna i propri obiettivi sulla base di quanto imparato nella fase di avvio. Dei soci fondatori ne rimangono una decina, ma CISE2007 acquisisce nuovi soci che provengono da CESI, RSE, ENEA e dalle università milanesi. I ricordi e le nostalgie di quanto non si può più ricostruire si affievoliscono per dare invece spazio a nuovi obiettivi culturali che sono condivisi strada facendo e con una maggiore visibilità all’esterno.

Nel novembre 2013 nasce il nostro Notiziario e dal 2014 l’Associazione può disporre di un punto fisso per gli incontri anche aperti agli esterni, dapprima presso la FAST e successivamente alla Fondazione Ordine Ingegneri di Milano.

In navigazione

Proseguono i corsi e i seminari, le attività sperimentali presso i depuratori e le visite tecniche agli impianti energetici anche lontani affinché la nostra cultura energetico-ambientale resti sempre accesa e a disposizione dell’ambiente tecnico-scientifico italiano. Se teniamo conto che ciò che facciamo è grazie al volontariato possiamo essere soddisfatti.

Certo, teniamo duro, anche per dare testimonianza di come sia stato troppo facile distruggere il patrimonio dei grandi centri di ricerca come il CISE all’insegna di un’economia gretta, intrisa solo di chiacchiere politiche e priva di una visione nazionale.

La nostra piccola “scialuppa” di scienziati si allontana quindi nel mare nostrum, mentre dalla costa che si allontana all’orizzonte provengono debolmente i suoni delle bande di paese. Sono cambiati alcuni musicisti (non proprio tutti) ma la musica pare ripetersi: “occorre più attenzione all’ambiente, ridurre le emissioni di anidride carbonica e degli inquinanti, sviluppare di più le fonti rinnovabili e, guarda guarda, anche l’energia nucleare di futura (molto futura) generazione.” La solita “fuga in avanti” che permette di spostare gli obiettivi a date in cui non ci sarà nessuno a chiedere il conto di quanto fatto e, soprattutto, non fatto.

Dalla chiusura dei laboratori del CISE di Segrate ormai sono passati quasi vent’anni, ma noi di CISE2007 restiamo ad osservare quello che succede con un certo distacco e facciamo quello che possiamo nel nostro piccolo.

Spero tanto che questa non sia una situazione asintotica, ma che nei prossimi anni la voglia di concretezza chiuda un po' la bocca a filosofi, economisti e politici opportunisti. Quel tanto che basta per poterci confrontare più orgogliosamente con gli altri europei, E non solamente nello sport.

Keep in touch, Guys!

¹Chimico e ricercatore dagli esordi del CISE sino a diventarne Direttore e Vice Presidente; amministratore o Presidente in consigli di amministrazione di società ed Enti di ricerca sviluppo e innovazione di livello nazionale (Phoebus-Conphoebus, ASI, CNR, ENEA, SIET). Tra il 1976 e il 1981 Presidente dell'Azienda Municipalizzata Aem



2007 – Gianni Pampurini con Enrico Cerrai e i primi Soci alla nascita dell'Associazione





Nel 2015, negli spazi messi a disposizione di RSE e con il supporto dell'Università di Milano viene organizzato il recupero di quanto sopravvissuto dell'archivio del CISE per collocarlo all'ISEC (*) nei suoi archivi di Sesto San Giovanni.

(*) Istituto per la Storia dell'Età Contemporanea



Momento di un corso sull'energia rinnovabile per studenti delle scuole medie



Un seminario presso la Fondazione Ordine Ingegneri di Milano (FOIM)



Il team del Progetto di impianto solare termico Aretha, realizzato nel 2013 grazie agli spazi messi a disposizione dal depuratore di Nosedo



Una marcia ecologica organizzata nella zona della Valle dei Monaci, a sud di Milano



Collaborazione con il Museo della Scienza di Milano per il restauro dell'acceleratore Cockcroft-Walton nel 2016.



Costruzione di piccoli apparati automatici nei laboratori WeMake a scopo didattico



Visita ad una centrale nucleare svizzera



Visita ad un impianto idroelettrico in caverna della A2A in Valtellina.

AUTOCOSTRUZIONE DI STRUMENTI PER LA DIFESA DELL'AMBIENTE

UNA STRADA PERCORRIBILE PER LA CITIZEN SCIENCE?

Paolo Bonelli

Nei precedenti articoli apparsi sul Notiziario CISE2007, ho parlato spesso di strumenti elettronici autocostruiti come un contatore Geiger e un misuratore automatico della qualità dell'acqua (Acid Caousel). Continuando su questa strada per passione, mi sono imbattuto in numerosi articoli che trattavano del contributo che i cittadini possono dare al controllo dello stato di salute dell'ambiente, in tutti i suoi comparti, acqua, aria, suolo, contributo ormai considerato fondamentale in molti paesi del mondo. Queste attività di volontariato scientifico rientrano in quella grande categoria chiamata Citizen Science, che comprende tutte quelle attività di osservazione della natura svolte da cittadini appassionati i quali spesso danno un contributo indispensabile alla ricerca scientifica accademica.

Le varie attività produttive non sempre rispettano le leggi che limitano l'impatto ambientale. Per dolo o per trascuratezza gestionale assistiamo troppo spesso a fenomeni di inquinamento a danno dell'ecosistema e della salute umana. La cronaca ci mostra che non sempre è si interviene in tempo per minimizzare il danno e per individuare i responsabili, questo a volte sia per l'insufficienza di mezzi, che per l'inadempienza di controlli degli enti preposti. In questo contesto il contributo dei cittadini diventa importante se non indispensabile. Molti di essi si organizzano in associazioni che fissano obiettivi, raccolgono fondi e "fanno rete" tra cittadini volontari che osservano e misurano quello che succede all'ambiente nelle vicinanze di dove abitano, lavorano o passano il tempo libero.

Le osservazioni e i dati raccolti dai cittadini non sempre seguono gli standard qualitativi degli enti di protezione ambientale, sono però utili ad esortare le autorità competenti a mettere in campo ulteriori controlli. In certi casi la condivisione e pubblicazione dei dati, dopo una necessaria attenta valutazione, aiuta le agenzie governative ad intervenire. Quest'ultimo argomento è ben trattato da Anna Berti Suman nel suo libro "The Policy Uptake of Citizen Sensing"¹ e nel rapporto del European Environment Agency:

<https://www.eea.europa.eu/highlights/citizen-science-on-air-quality>.

Emblematico il caso della rete SafeCast costituita dai cittadini giapponesi a seguito del disastro ambientale di Fukushima, <https://safecast.org/about/>. In alcuni paesi europei, come Olanda e Germania, si sono attivate

¹ Anna Berti Suman, European Commission Joint Research Centre, Ispra, Italy: "The Policy Uptake of Citizen Sensing" <https://www.e-elgar.com/shop/gbp/the-policy-uptake-of-citizen-sensing-9781800882591.html>



reti di monitoraggio civico delle polveri sottili in aria con strumenti low-cost, che hanno indotto gli enti governativi preposti alla difesa dell'ambiente ad effettuare studi di intercomparazione tra queste misure e quelle ufficiali. Questi studi hanno mostrato risultati incoraggianti, soprattutto per il grande numero di punti misura che facilita la mappatura dell'inquinamento dell'aria.

Per rimanere in Italia, basterebbe citare gli sforzi messi in atto da associazioni di cittadini in Basilicata, dove l'attività di estrazione petrolifera non è sempre attenta all'ambiente e sta già compromettendo territori e ecosistemi acquatici. Inoltre nelle principali città italiane, dove il traffico automobilistico contribuisce considerevolmente alla concentrazione di inquinanti in aria, agiscono diverse associazioni come <https://www.cittadiniperlaria.org/> per il monitoraggio del biossido di azoto e <http://www.cheariatira.it/> per le polveri sottili.

I singoli Citizen Scientist e le loro associazioni non hanno però i mezzi economici per dotarsi di strumentazione certificata disponibile in commercio, ma sono costretti a dotarsi di strumentazione a basso costo e spesso l'autocostruzione è l'unica strada da percorrere.

La costruzione di strumenti che permettono ai cittadini di misurare alcuni parametri caratteristici dell'ambiente, come ad esempio la concentrazione di polveri sottili in aria, pH, conducibilità e torbidità dell'acqua, sono facilitate dalla rivoluzione in atto nel mondo dell'elettronica amatoriale. Oggi è infatti estremamente facile trovare componenti elettronici a basso prezzo e un'infinità di documentazione su come combinarli assieme per costruire sistemi di rilevamento, trasmissione e presentazione dei dati.

I protagonisti di questa rivoluzione sono i "Makers" che si riuniscono in officine chiamate "FabLab" dove possono disporre di macchine a controllo numerico, strumentazione elettronica e soprattutto l'esperienza condivisa di chi li frequenta. La Rete, inoltre, favorisce lo scambio di informazioni e software in modo quasi sempre "open" senza vincoli brevettuali o altre limitazioni d'uso, se non le volontà dell'autore espresse secondo le precise formulazioni dettate dall'organizzazione "creative commons" <https://creativecommons.it/chapterIT/>.

E' doveroso accennare anche alle opportunità formative che l'attività di autocostruzione di strumenti possiede, ad esempio nell'ambito delle STEM², come dimostra l'interesse riscontrato da molti giovani in numerosi workshop e corsi tenuti dall'autore in collaborazione con il FabLab WeMake.cc o il SIAM (Scuola di Incoraggiamento Arti e Mestieri) di Milano.

Le foto seguenti mostrano alcuni momenti didattici finalizzati alla costruzione e all'uso di strumenti per il monitoraggio dell'ambiente.

² Science, Technology, Engineering, Mathematics



Il monitoraggio civico dell'ambiente è ormai una realtà in molti paesi del mondo, alla quale le autorità governative si devono necessariamente adattare. Il problema della precisione e affidabilità dei dati ricavati dai cittadini viene affrontato con attività di intercomparazione tra strumenti professionali, che seguono standard internazionali, e quelli low-cost, attività spesso frutto di collaborazioni con Dipartimenti Universitari o con le stesse autorità preposte.

Bisogna tener conto che certe volte l'aderenza a standard di misura, spesso datati, preclude l'innovazione verso nuovi metodi e strumenti di misura. Una dimostrazione di questo fatto ce la dà un sensore low-cost di polveri sottili, basato su metodi ottici, molto usato in Europa, che consente misure istantanee oltre ad essere facilmente trasportabile, al contrario degli strumenti usati dalle Agenzie Regionali per l'Ambiente, molto più costosi, meno sensibili e ingombranti, anche se più precisi.



Figura 1 – Un momento di dimostrazione all'aperto sull'uso di alcuni sensori per la misura di parametri utili per l'attività di coltivazione negli orti urbani, presso la Cascina S. Ambrogio di Milano.



Figura 2 – Misura di temperatura e umidità con memorizzazione su datalogger durante una lezione sugli orti urbani, presso la Cascina S. Ambrogio di Milano



Figura 3 – Calibrazione di uno strumento per la misura della torbidità dell'acqua durante un workshop presso WeMake di Milano



Figure 4 e 5 – Due momenti del workshop tenuto dall'autore all'Istituto Tecnico Industriale G. Marconi di Forlì, nel maggio del 2021, in cui è stato montato uno strumento in kit per la misura di alcuni parametri dell'acqua: pH, conducibilità e temperatura.

VOLARE CON L'ATOMO: BREVE STORIA DI UN'IDEA AL LIMITE DELL'IMPOSSIBILE

Franco Polidoro

GUERRA FREDDA E DETERRENZA NUCLEARE

Fin dalla sua comparsa sulla scena mondiale, l'energia nucleare ha destato particolare interesse per le sue molteplici applicazioni, cresciute sempre di più nel corso degli anni. Nata per impieghi militari, il suo sviluppo era culminato con la realizzazione e l'impiego delle prime bombe atomiche della storia, contro il Giappone nell'agosto del 1945. Ben presto, ulteriori potenziali applicazioni in campo bellico vennero immaginate. Sia gli scienziati americani che quelli sovietici, in competizione negli anni della guerra fredda per lo sviluppo di armi nucleari, intravidero la possibilità di impiegare l'energia nucleare non solo per la produzione d'energia elettrica ma anche per la propulsione di navi, sottomarini e persino di aeromobili.

Agli inizi del 1942, negli Stati Uniti, Enrico Fermi fu uno dei primi ad immaginare l'uso dell'energia nucleare in campo aeronautico; nel giugno del 1952, Aleksandr Kurchatov, a capo del team russo per lo sviluppo dell'atomica, dichiarava la fattibilità tecnica di un aeromobile spinto da un reattore nucleare. I vantaggi derivanti dallo sviluppo di un bombardiere strategico a propulsione nucleare erano evidenti. Grazie al potenziale dell'energia nucleare, l'aeromobile avrebbe avuto un raggio di azione pressoché illimitato, potendo stazionare in volo per un tempo determinato unicamente dalla disponibilità degli equipaggi. La forza di dissuasione, nei confronti del nemico, sarebbe risultata enorme senza contare, in caso di conflitto, il vantaggio derivante dall'avere già in volo, in prossimità dello spazio aereo nemico, una forza d'attacco nucleare in grado offrire una reazione immediata e devastante.

LA TECNOLOGIA

Fin dagli inizi risultò chiaro che la realizzazione di un aeromobile a propulsione nucleare avrebbe comportato delle difficoltà ben superiori a quelle legate alla progettazione di un motore per la propulsione navale. L'aspetto chiave era legato alla necessità di alimentare, in modo affidabile, il motore aeronautico con calore ad alta temperatura. Questo concetto è, infatti, alla base del funzionamento di un motore a turbogetto convenzionale. L'aria ambiente fredda (comburente) entra nel motore dove viene inizialmente compressa ad alta pressione dal compressore; successivamente, questa è riscaldata ad alta temperatura nel combustore grazie al processo di combustione con il combustibile iniettato. Il gas caldo espandendosi nella turbina¹ è quindi rilasciato allo scarico del turbogetto generando la spinta che fa muovere il velivolo (Figura 1).

In un motore nucleare per la propulsione aeronautica il calore generato dalla combustione chimica verrebbe sostituito dal calore prodotto da un reattore nucleare. E' risultato subito chiaro che i reattori nucleari, allora in progettazione per la propulsione navale e in particolare per quella sottomarina, non potevano andar bene

¹Parte dell'energia generata deve essere re-impiegata per alimentare il compressore



in campo aeronautico, dato che questa tecnologia, che impiegava l'acqua come fluido termovettore, assicurava dei salti termici modesti nel ciclo termodinamico, oltre agli ingombri non trascurabili di tali d'impianti. Era invece necessario muoversi verso reattori compatti, in grado di assicurare elevate temperature del fluido termovettore, facili da operare per un equipaggio dedito, in prevalenza, alla gestione del volo.

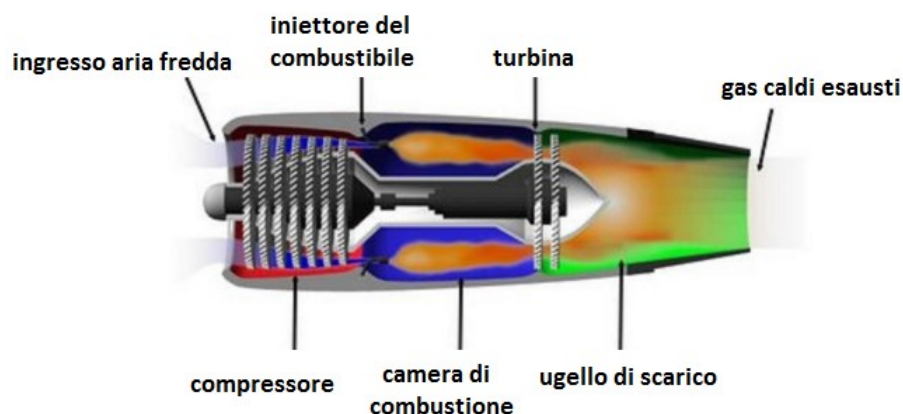


Figura 1 – Principio di funzionamento di un motore a turbogetto.

Col passare del tempo vennero a delinearsi due approcci sulla quale si sarebbero poi mossi i progettisti: un approccio prevedeva l'impiego di un motore operante secondo un ciclo termodinamico diretto e un altro mediante un ciclo termodinamico indiretto. Nel ciclo diretto (Figura 2), l'aria che arriva dall'uscita del compressore è forzata ad entrare direttamente nel reattore nucleare dove è riscaldata ad alta temperatura dagli elementi di combustibile; successivamente, questa si espande in turbina ed è espulsa ad alta velocità dall'ugello di scarico. Questa soluzione presentava numerosi vantaggi: elevato rendimento del ciclo termodinamico, semplicità costruttiva (nessuna presenza di ulteriori componenti rotativi), elevata affidabilità. Di contro, il rilascio in atmosfera dell'aria riscaldata direttamente nel reattore, potenzialmente contaminata, poteva creare dei problemi di natura radiologica.

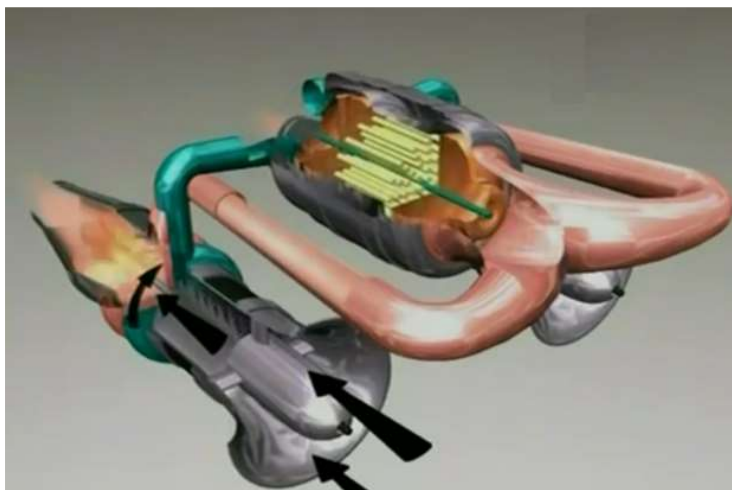


Figura 2 – Schema di funzionamento di un motore nucleare aeronautico a ciclo diretto.

Diversamente dal ciclo diretto, nel ciclo indiretto l'aria, anziché fluire direttamente nel reattore, è inviata ad uno scambiatore di calore, dove riceve il calore da un altro fluido termovettore (metallo liquido o sali fusi) preposto al raffreddamento del reattore nucleare (Figura 3). I vantaggi derivanti dal minor rischio di rilascio di aria contaminata nell'ambiente venivano controbilanciati dalla maggiore complessità costruttiva, con ricadute sull'affidabilità della tecnologia, oltre che nella minore efficienza del ciclo termodinamico. Su queste due linee progettuali si mossero, agli inizi degli anni 50, le principali industrie aeronautiche statunitensi.

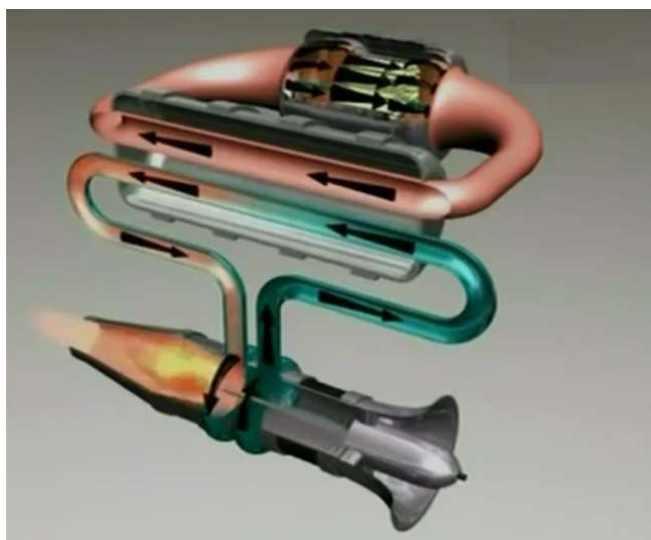


Figura 3 – Schema di funzionamento di un motore nucleare aeronautico a ciclo indiretto.

IL PROGRAMMA STATUNITENSE

Gli Stati Uniti, attraverso l'USAF (United States Air Force), diedero inizio al progetto NEPA (Nuclear Energy for Propulsion of Aircraft) nel maggio del 1946. Scopo del NEPA era quello di valutare la fattibilità tecnica della propulsione nucleare in campo aeronautico e di incominciare le prime ricerche in questo ambito. Poco dopo il 1948, l'Atomic Nuclear Commission (AEC) diede mandato ad un gruppo di scienziati del Massachusetts Institute of Technology (MIT) di analizzare il lavoro fino ad allora fatto e di valutarne le potenzialità. Il gruppo di lavoro, riunito nel "Lexington Project" concluse che, nonostante le notevoli incognite sul progetto, la propulsione aeronautica attraverso l'uso dell'atomo poteva essere raggiunta nei successivi 15 anni al costo alcuni miliardi di dollari². Nel 1951, il nuovo progetto denominato ANP (Aircraft Nuclear Propulsion) veniva definitivamente lanciato sotto l'egida della AEC e dell'USAF e diversi contratti, di ricerca e sviluppo, venivano siglati con la General Electric, Pratt & Whitney, Lockheed and Convair (General Dynamics). Negli anni successivi alcuni importanti laboratori di ricerca, come quello dell'Oak Ridge National Laboratory nel Tennessee e il National Reactor Testing Station in Idaho, sarebbero stati attivamente coinvolti nello sviluppo di questa tecnologia. All'interno del ANP, lo sviluppo della propulsione nucleare seguì sia la strada del ciclo diretto, affidato alla General Electric, sia quello del ciclo indiretto, assegnato alla Pratt & Whitney. L'idea era quella di poter avere il primo prototipo di bombardiere strategico a propulsione nucleare in volo già per i primi anni 60.

I primi lavori (1951-1954)

I primi mesi del 1951 vennero spesi per identificare la tipologia di macchina su cui iniziare le attività di ricerca e sviluppo. Su indicazione della General Electric, lo studio venne focalizzato, in prima battuta, su un sistema a ciclo diretto dotato di un reattore nucleare a combustibile metallico e moderato con materiali idrogenati. Questa era la tipologia di macchina che, secondo gli ingegneri dell'epoca, avrebbe portato nel più breve tempo alla realizzazione di un prototipo di aeromobile. Nato per applicazioni non militari, il reattore termico R-1 (Figura 4) doveva vedere i primi test a terra nel 1954, con un impiego in volo nel 1957.

² Il gruppo di lavoro stimava che un reattore da circa 100 MW termici, capace di assicurare una spinta di 9000 kg, poteva essere adeguato agli scopi della propulsione aeronautica



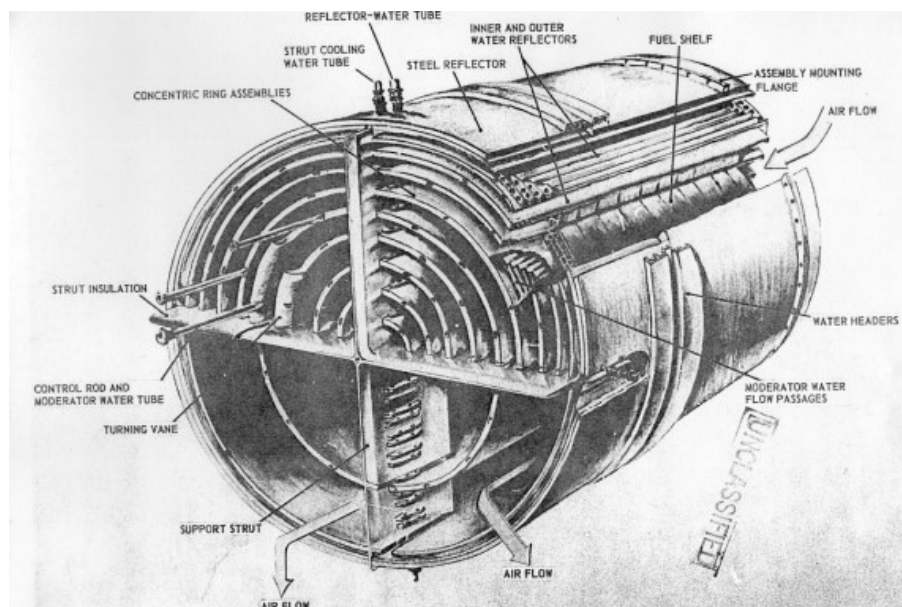


Figura 4 – Struttura del reattore R-1.

Il reattore doveva essere costituito da 6 anelli concentrici, contenuti gli elementi di combustibile (UO_2), in cui l'aria sarebbe fluita attraverso le intercapedini. Acqua, in circolazione forzata all'interno di tubazioni allocate nel reattore, avrebbe svolto la funzione di moderatore e refrigerante. Una unità R-1, opportunamente schermata, avrebbe alimentato il sistema di propulsione vero e proprio dell'aeromobile (denominato P-1) e costituito da 4 turbogetto allocati sotto la fusoliera (Figura 5).

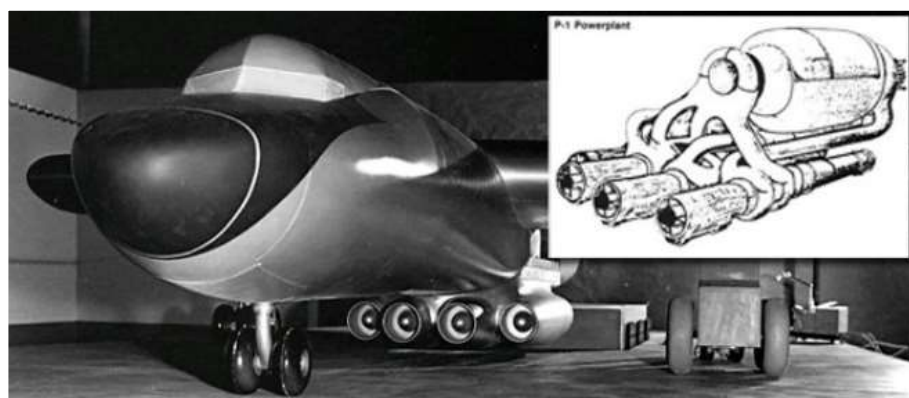


Figura 5 – Mock-up del velivolo dotato dell'unità di propulsione P-1.

Il progetto venne arrestato, nel maggio del 1953, in quanto non funzionale agli obiettivi militari della US Air Force. Al momento della chiusura del programma, il reattore R-1 e il sistema di propulsione P-1 erano nella fase finale di progettazione. Il sistema di propulsione P-1, dotato di alcuni turbogetti, venne testato con successo usando una sorgente di calore di origine chimica in sostituzione di quella nucleare. Molti dei componenti sviluppati per il sistema di propulsione P-1 e per di controllo del reattore R-1 troveranno impiego nei successivi progetti portati avanti dagli Stati Uniti.

Sempre negli stessi anni si vide affermare lo studio di un reattore termico, ad alta densità di potenza, basato sulla tecnologia dei sali fusi. Concepito all'Oak Ridge National Laboratories (ORNL), il reattore denominato ARE (Aircraft Reactor Experiment), della potenza di 2.5 MW termici, impiegava una miscela di sali fusi a base di fluoruro di sodio-zirconio e tetrafluoruro di uranio (al 94% in ^{235}U) come combustibile ($\text{NaF-ZrF}_4\text{-UF}_4$) e ossido di berillio (BeO) come moderatore (Figura 6). Una miscela eutettica a base di sodio potassio (NaK), con la funzione di fluido termovettore, avrebbe alimentato termicamente il turbogetto, secondo lo schema di propulsione a ciclo indiretto. L'impiego dei sali fusi come refrigerante, grazie alla bassa pressione di vapore, permetteva di far operare il reattore ad alte temperature (860°C) e a basse pressioni d'esercizio. Ulteriori vantaggi derivavano dall'impiego di un combustibile in forma liquida: coefficiente negativo di temperatura in caso di innalzamento termico, la possibilità di essere drenato e messo in sicurezza in caso di perdita di refrigerante, possibilità di variane facilmente la concentrazione nella miscela. Il reattore, realizzato presso ORNL nel 1954, funzionò per circa 200 ore alla potenza di 2.5 MW termici senza mai, però, trovare un'applicazione in campo aeronautico. Tuttavia, la tecnologia messa a punto per il reattore ARE è tuttora alla base dello sviluppo, in campo civile, dei reattori a sali fusi (Molten Salt Reactors).

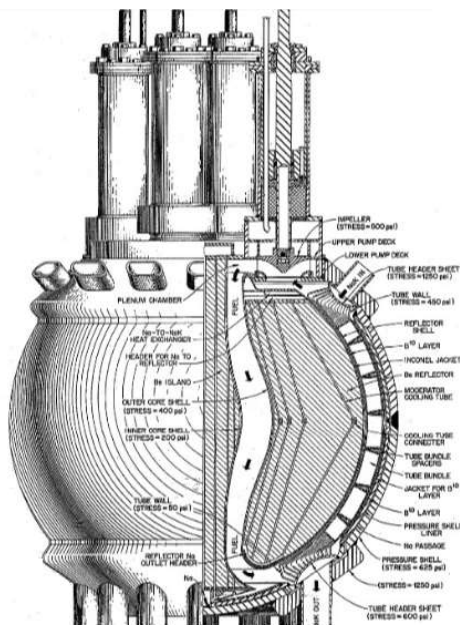


Figura 6 – Rappresentazione schematica del reattore a sali fusi ARE.

La realizzazione dei primi prototipi (1956-1960)

A partire dalla metà degli anni 50, la General Electric, sotto contratto dell'ANP, sviluppò e sperimentò con successo, presso il suo sito di Lockland Ohio, una serie di reattori nucleari accoppiati a dei turbogetti denominati HTRE (Heat Transfer Reactor Experiment). Diversi HTRE vennero realizzati fino al 1960 con la denominazione HTRE-1, HTRE-2 e HTRE-3. Poiché l'obiettivo principale del progetto era di dimostrare esclusivamente la fattibilità tecnica di tale tecnologia, venne meno la necessità ottimizzare il peso e le dimensioni di tali macchine, in vista di una loro installazione su un aeromobile. Il prototipo denominato HTRE-3 fu quello che per dimensioni del reattore, caratteristiche strutturali, così come prestazioni termodinamiche, più si avvicinava al design di un possibile motore aeronautico a propulsione nucleare in grado di assicurare una reale condizione di volo (Figura 7). HTRE-3 fu il primo reattore nucleare a funzionare accoppiato ad una turbogetto. Di dimensioni contenute (altezza 0.8 m, diametro 1.3m) il reattore termico, costituito da 151 elementi di combustibile a sezione esagonali contenenti UO_2 altamente arricchito (93.2% in ^{235}U) in una matrice di Ni-Cr, impiegava idruro di zirconio (ZrH_2) quale moderatore ed aria quale refrigerante (ciclo diretto).

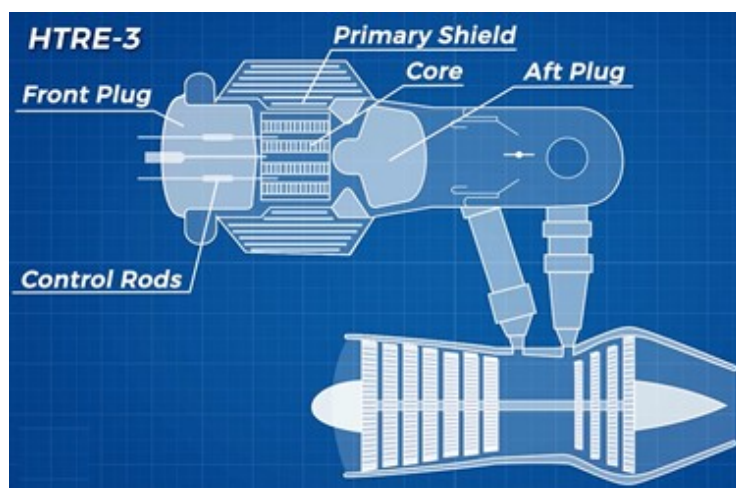
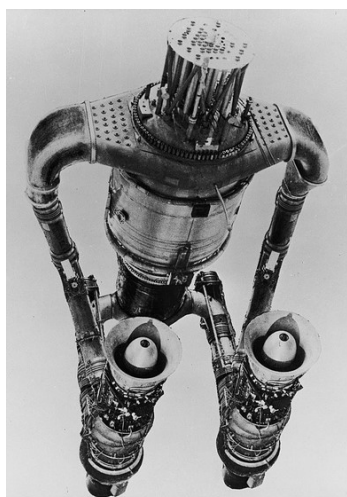


Figura 7 – Vista e rappresentazione schematica del prototipo HTRE-3.

Il progetto prevedeva che il reattore, capace di erogare una potenza di 35 MW, dovesse essere accoppiato a due turbogetti assicurando all'aria in ingresso alla turbina una temperatura massima di 870 °C. Tra il 1958 e il 1960, il prototipo HTRE-3 funzionò per 126 ore a piena potenza; la tecnologia sviluppata con il prototipo HTRE-3 trovò ampia applicazione nel successivo progetto XM-1A. Attualmente un HTRE-3 è esposto presso l'Idaho National Laboratory (Figura 8).



Figura 8 – Il prototipo HTRE-3 in mostra presso l'Idaho National Laboratory.

Nel 1955, tre anni dopo la cancellazione del progetto P-1, alla General Electric era stato affidato il raggiungimento di nuovo specifico obiettivo militare: la realizzazione di un aeromobile in grado di avere un elevato *range* operativo, capace di penetrare in profondità il territorio avversario ad elevata altitudine e a grande velocità, con possibilità di attacco a bassa quota. Con questi obiettivi nasceva il progetto per lo sviluppo del propulsore denominato XMA-1. L'unità XMA-1 impiegava 2 turbomacchine GE-X211 accoppiate, in linea, a un reattore con relativo schermo neutronico (Figura 9).

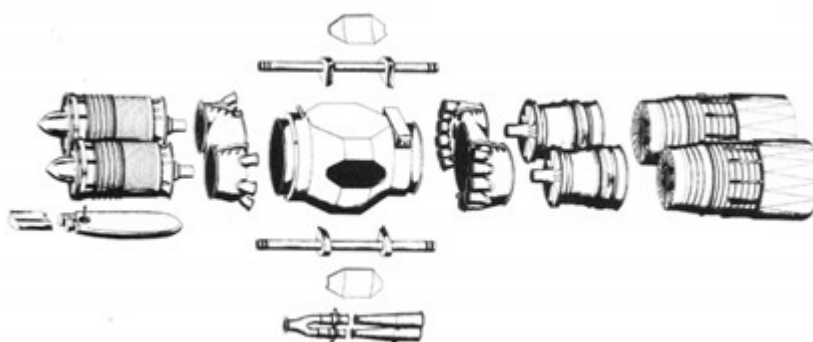


Figura 9 – Schema dell'unità XMA-1 con la disposizione del reattore (al centro) e delle due turbomacchine.

La versione del propulsore denominata XMA-1A montava lo stesso tipo di reattore testato nel prototipo HTRE-3, mentre la versione più performante XMA-1C faceva uso di combustibile ceramico, già testato con successo nell'unità HTRE-2. Era prevista la possibilità di usare camere di combustione tradizionali per le fasi di decollo, mentre l'entrata in funzione dell'unità nucleare avveniva in volo in condizioni di crociera. L'unità, della potenza di 192 MW, avrebbe dovuto avere una vita utile di 1000 ore e consentire una temperatura dell'aria in ingresso alle turbine di 980 °C (Figura 10). L'unità di propulsione avrebbe trovato applicazione sul bombardiere strategico progettato dalla Convair e denominato NX-2 (Figura 11).

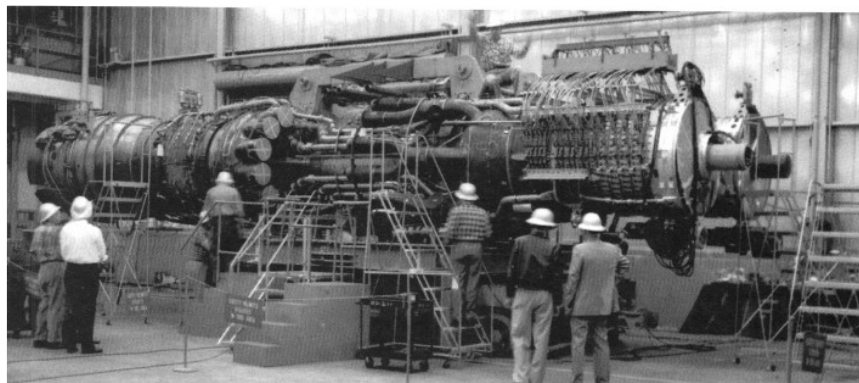


Figura 10 – Due unità GE-X211 in fase di assemblaggio.

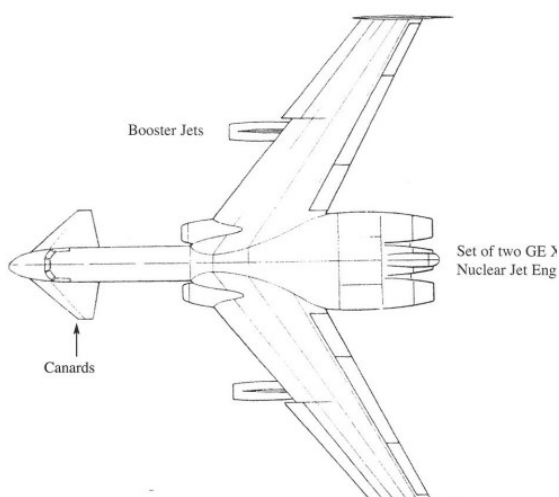


Figura 11 – Modello in scala del Convair NX-2 e disposizione dell'unità di propulsione nucleare.

Mentre il reattore era in fase di sviluppo e le turbomacchine GE-X211 erano state realizzate e provate in condizioni operative, il progetto fu sospeso a favore dello sviluppo dell'unità di propulsione più avanzata denominata XNJ140E.

Verso il propulsore definitivo (1960-1961)

Con la chiusura anticipata del progetto XMA-1, avvenuta nel 1959, alla General Electric venne dato il compito di definire la configurazione finale da adottare per il propulsore scegliendo fra una singola o doppia turbomacchina accoppiata al reattore. La soluzione impiantistica con singola turbomacchina e reattore in asse, denominata XNJ140E, venne scelta in quanto ritenuta più compatta e in grado di fornire maggiore affidabilità e facilità di manutenzione (Figura 12). Il reattore era costituito da una matrice di UO_2 (al 93% in ^{235}U), ossido di berillio (BeO) e ossido di ittrio (Y_2O_3), quest'ultimo presente per limitare la conversione del combustibile a più alti gradi di ossidazione. Con una potenza di 50 MW, una vita utile di 1000 ore ed in grado di fornire aria in ingresso alla turbina alla temperatura di 950°C , il motore avrebbe spinto l'NX-2 alla velocità di Mach 0.8 a 11000 m di quota. Il progetto si trovava in fase avanzata di studio e realizzazione (Figura 13), quando nel 1961 il programma ANP venne cancellato.

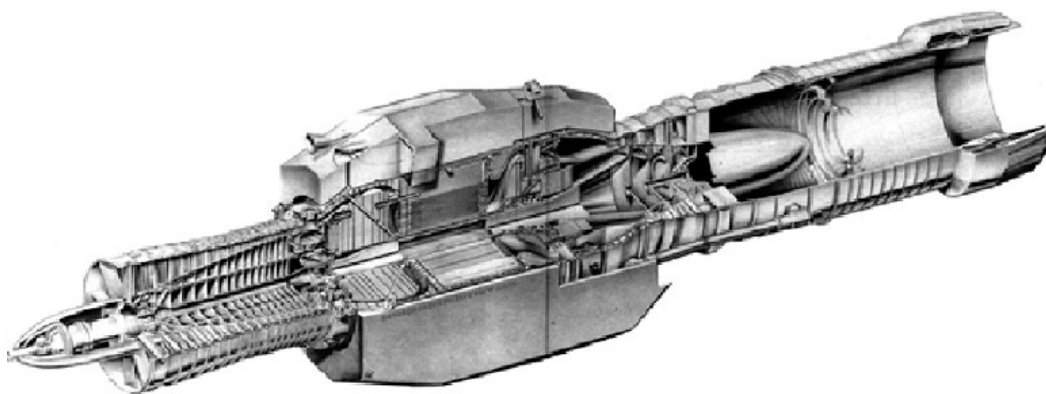


Figura 12 – Vista in sezione del motore XNJ140E della General Electric.

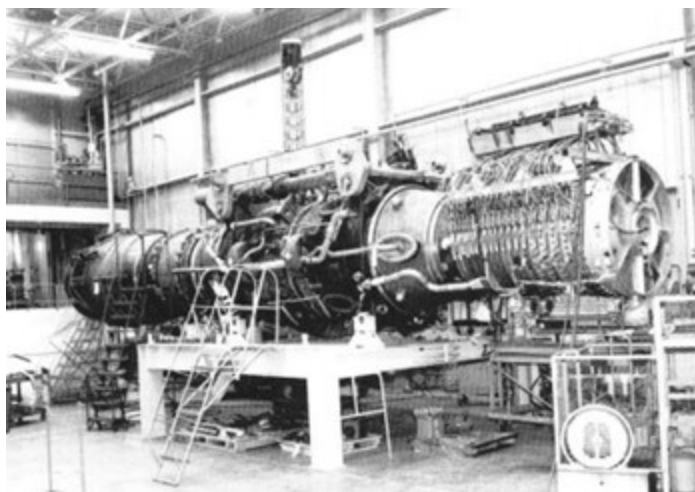


Figura 13 – L'XNJ140E in fase di realizzazione presso l'impianto della General Electric di Evendale Ohio.

I test di volo

Mentre alla metà degli anni 50 i laboratori erano impegnati nella realizzazione dei primi prototipi di propulsori, risultò sempre più urgente acquisire dati tecnici relativi al funzionamento in volo di un reattore nucleare, cosa mai testata in precedenza, e quelli relativi all'impatto radiologico sugli equipaggi. La scelta ricadde sul bombardiere strategico Convair B-36 *Pacemaker*, scelto per la sua grande capacità di carico e in grado di poter alloggiare, previa modifica, un piccolo reattore nucleare. Il nuovo velivolo, denominato per lo scopo BN-36H *Crusader*, venne dotato di un reattore tipo R-1 della potenza termica di 1 MW alloggiato nel vano di carico (Figura 14). A partire dal settembre del 1955, ben 47 test di volo vennero effettuati sul New Mexico. Prima di ogni test, il reattore veniva caricato nell'apposito vano e solo una volta in volo il reattore veniva reso operativo; va sottolineato che il reattore non svolgeva alcuna funzione propulsiva in quanto la potenza termica generata veniva dissipata, grazie a degli scambiatori acqua-aria, all'esterno dell'aeromobile. Al fine di proteggere l'equipaggio dalle radiazioni prodotte dal reattore nucleare, una nuova cabina di pilotaggio, pesante 11 tonnellate e dotata di una schermatura in piombo delle spessori di 6cm, venne progettata specificatamente per il BN-36H (Figura 15); un'ulteriore protezione, sempre in piombo e pesante 6 tonnellate, venne interposta a metà fusoliera fra il reattore e la cabina di pilotaggio.



Figura 14 – Il Convair BN-36H in un test di volo affiancato da un Boeing B-50 *Superfortress*.

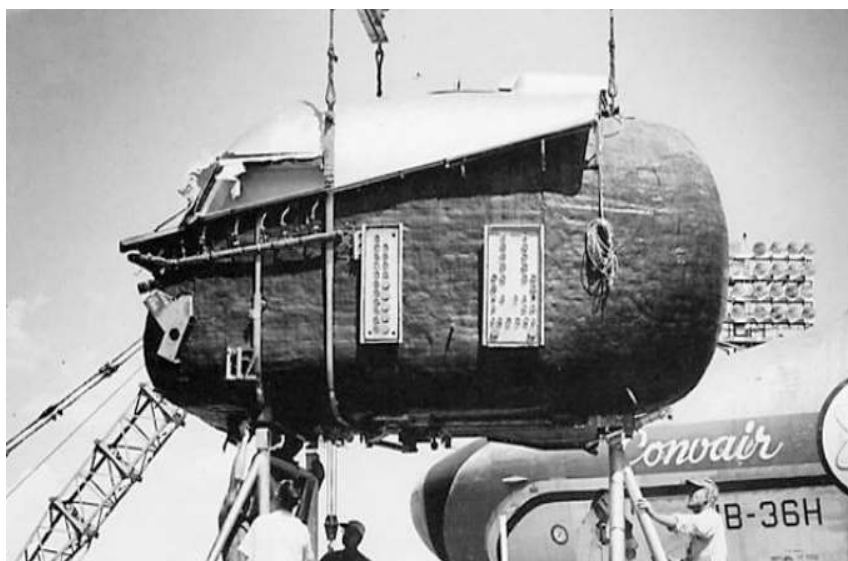


Figura 15 – La nuova cabina di pilotaggio in fase di alloggiamento nel Convair BN-36H.

I test in volo si conclusero nel marzo del 1957. Nonostante il progetto fosse stato un successo, l'impiego in volo del reattore evidenziò alcune criticità legate, da un lato, al rischio di contaminazione ambientale in caso di incidente (durante i test di volo il BN-36H era affiancato da altri velivoli in grado di paracadutare un team di soldati/paramedici col compito di isolare l'area dell'impatto), dall'altro all'impatto radiologico sull'equipaggio e sul personale impiegato per la manutenzione a terra.

Chiusura del programma ANP

Con lo sviluppo dei missili a lunga gittata ICBMs (*InterContinental Ballistic Missiles*), ora in grado di essere lanciati da sottomarini a propulsione nucleare e lo sviluppo della tecnologia di rifornimento in volo per i bombardieri strategici, gli obiettivi del programma ANP vennero meno. Per tali ragioni, nel 1961, dopo 15 anni di attività di ricerca e sviluppo e una spesa di 1 miliardo di dollari, il presidente Kennedy decretò la chiusura definitiva del programma ANP. Benchè il progetto venisse chiuso, molte delle ricerche trovarono applicazioni successive. In particolare le ricerche del programma ANP contribuirono allo sviluppo della tecnologia dei reattori nucleari refrigerati a gas; ulteriori benefici si ebbero nello sviluppo di nuove leghe (Ni-Mo), nello sviluppo della tecnologia del berillio e dei metalli liquidi, insieme alla acquisizione di un vasto data base di informazioni ed esperienze nell'esercizio dei reattori nucleari.

LA RICERCA SOVIETICA

In modo tutto analogo al programma statunitense ANP, anche l'Unione Sovietica, verso la fine degli anni 50, lanciò un programma di sviluppo di un motore aeronautico a propulsione nucleare. Il programma di ricerca e sviluppo portò alla realizzazione, agli inizi degli anni 60, di reattore nucleare che venne testato sul bombardiere Tupolev 95, rinominato per lo scopo Tu-95 LAL (Figura 16). Come per il progetto statunitense,

a partire dal 1961, il reattore russo venne testato in volo al fine di acquisire informazioni sul suo funzionamento in quota, sull'impatto radiologico a carico dell'equipaggio e della strumentazione dell'aeromobile. Analogamente al reattore R-1 montato sul Convair BN-36H statunitense, il reattore russo trovava alloggiamento nel vano del Tu-95 LAL, con possibilità di essere rimosso dall'aeromobile al termine del volo. Gli elevati costi e il contemporaneo affermarsi della tecnologia dei missili ICBM decretarono la chiusura del programma sovietico.



Figura 16 – Il bombardiere sovietico Tu-95 LAL impiegato nella sperimentazione.

L'ATOMO PER LA PROPULSIONE MISSILISTICA

Nel gennaio del 1957, l'USAF e la U.S. Atomic Energy Commission selezionarono il Lawrence Radiation Laboratory (predecessore dell'attuale Lawrence Livermore National Laboratory) per lo studio di fattibilità di un reattore nucleare applicato alla tecnologia del motore a statoreattore (ramjet). Questa ricerca divenne nota come Progetto Pluto (il nome Plutone deriva da quello del dio degli inferi, secondo la mitologia romana). Il reattore nucleare avrebbe costituito il sistema di propulsione per un missile SLAM (Supersonic Low Altitude Missile) capace di volare a velocità supersonica (oltre Mach 3), a bassa quota (fino a 300m); tali prestazioni avrebbero consentito al missile di eludere i radar nemici (condizione di volo impossibili, negli anni 50, per un normale aeroplano), e di arrivare sul territorio nemico con un carico multiplo di testate nucleari (Figura 17).

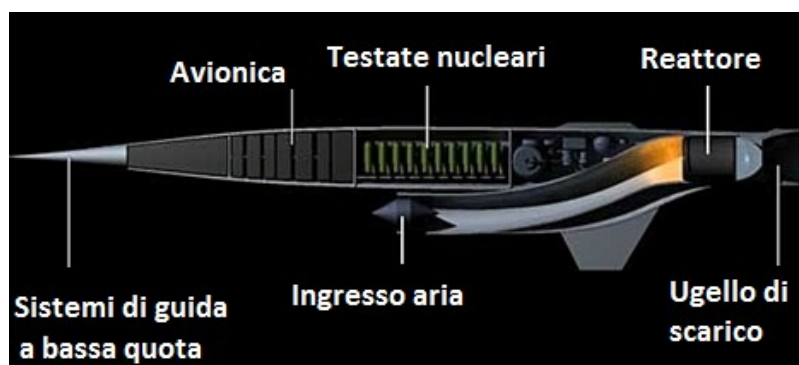


Figura 17 – Principali componenti di un missile SLAM

La propulsione nucleare avrebbe assicurato un *range* d'azione pari a 182.000 km (4.5 volte il raggio equatoriale della terra); un'altra aspetto rivoluzionario dello SLAM, rispetto i bombardieri strategici dell'epoca, sarebbe stato l'impiego di una nuova tecnologia radar per la guida autonoma sui bersagli assegnati.

Il principio dietro il funzionamento dello statoreattore, pensato per la propulsione dello SLAM, era semplice: in assenza del compressore e della turbina, l'aria dopo essere entrata in diffusore specificatamente disegnato, sarebbe stata rallentata e compressa ad alta pressione, producendo la cosiddetta compressione dinamica (processo tanto più efficiente quanto maggiore è la velocità d'ingresso del flusso d'aria). Il reattore nucleare, una volta messo in funzione, cedendo calore all'aria, ne avrebbe innalzata la temperatura prima di inviarla dall'ugello di scarico per l'azione propulsiva (Figura 18).

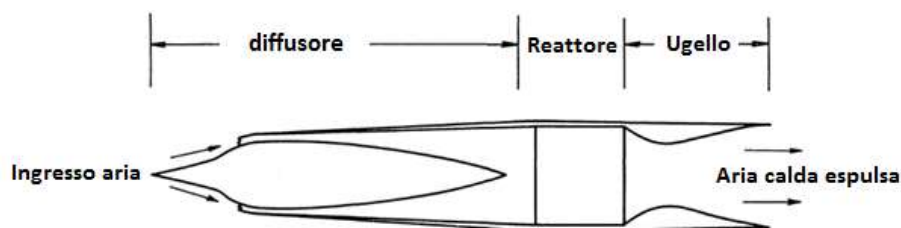


Figura 18 – Schema di principio di uno statoreattore

I prototipi TORY-II

Il progetto Pluto portò allo sviluppo di due prototipi denominati rispettivamente Tory-II A, impiegato per testare principalmente il reattore in condizioni di volo (Figura 19), e la variante Tory-II C, pienamente rispondente ai requisiti per la propulsione. Entrambi i prototipi furono provati con successo nel deserto del Nevada fra il 1960 e 1964; in particolare, la variante Tory-II C funzionò a piena potenza per 5 minuti. Riguardo al reattore per la propulsione, Tory-II C era dotato di un reattore omogeneo termico costituito da 300.000 piccoli elementi esagonali di ossido di berillio (BeO) con la funzione di moderatore, contenenti il combustibile costituito da 52 Kg di ossido di uranio (UO_2) arricchito al 92.3% nell'isotopo fissile ^{235}U . Con una potenza termica di 500 MW ed un consumo di 100 gr di fissile al giorno a piena potenza, il reattore avrebbe consentito al missile diversi giorni di autonomia di volo.

L'introduzione dei missili a lunga gittata ICBMs e lo sviluppo di nuove tecnologie radar per l'identificazione dei missili in volo a bassa quota resero il progetto Pluto obsoleto e ne decretarono la sua chiusura nel 1964. Nonostante i motori rimasero al livello prototipale, con al loro attivo solo alcuni test, il progetto Pluto introdusse delle significative innovazioni nella tecnologia nucleare per la propulsione aeronautica.

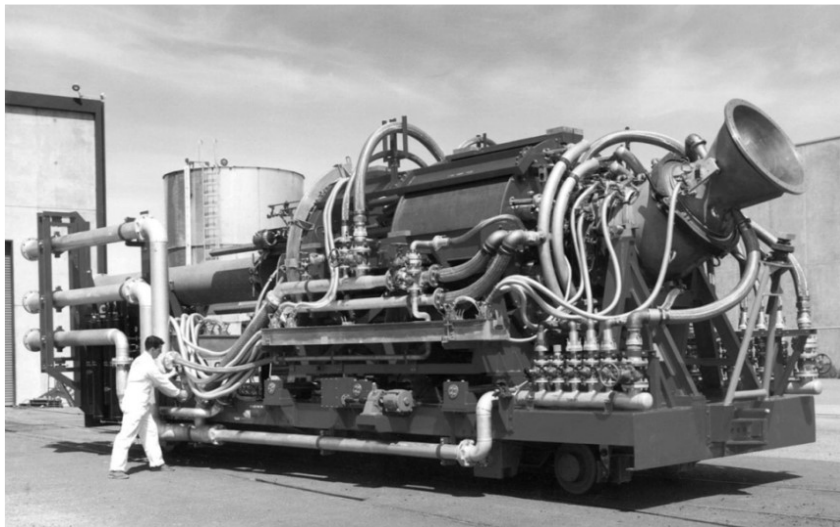


Figura 19 – Prototipo di motore nucleare per la propulsione missilistica Tory-II A.

STORIA FINITA?

Benché lo sviluppo della tecnologia nucleare per la propulsione aeronautica venne ufficialmente abbandonato nei primi anni 60, alcune notizie di stampa indicano un possibile rinnovato interesse sia negli USA che in Russia per velivoli alimentati dall'atomo.

E' del febbraio 2013 la notizia, data dal magazine americano NewScientist, che la US Air Force americana sta valutando la possibilità di sviluppare una versione a propulsione nucleare del noto drone Global Hawk della Northrop-Grumman, già impiegato con successo sui fronti di guerra del Kosovo ed Afghanistan. L'impiego di tale tecnologia consentirebbe a questa tipologia di veicolo di estendere la propria operabilità da alcune ore a diversi giorni.

Più recentemente, nel marzo del 2018, il presidente russo Vladimir Putin ha annunciato al mondo che la Russia ha iniziato a sperimentare con successo un missile intercontinentale a propulsione nucleare denominato Burevestnik la cui entrata in servizio sarebbe prevista entro il 2025 (Figura 20). La propulsione sarebbe assicurata da un reattore termico da azionarsi solo una volta che il missile è in volo (il lancio da terra avverrebbe tramite dei booster a propellente solido). Ai test su tale missile, alcuni osservatori collegano l'incidente avvenuto l'8 agosto 2019 in una base militare della marina russa dislocata nella regione di Arkangelsk (a nord della Federazione Russa e in prossimità del Mar Bianco), che ha registrato l'emissione di materiale radioattivo da un non ben dichiarato sistema di propulsione.



Figura 20 – Notizia apparsa sull'agenzia d'informazione russa TASS relativa ai test sul missile intercontinentale a propulsione nucleare (febbraio 2019).

Riferimenti

Nuclear Propulsion for Aircraft. Technical Achievements of the Direct-Cycle Program Nucleonics, January (1961)

Summary Report of HTRE No.3 Nuclear Excursion. APEX 509, General Electric (1969)

XNJ 140E Nuclear Turbojet, APEX 908, General Electric (1962)

D. Carpenter. *NX-2 Convair Nuclear Propulsion Jet* (2003)

T. C. Merkle. *The Nuclear Ramjet Propulsion System.* UCRL-5625, Livermore, California (1959).

F. Rossi. *An Atmospheric Nuclear Ramjet: the Supersonic Low Altitude Missile.* Stanford University (2015). <http://large.stanford.edu/courses/2015/ph241/rossi1/>

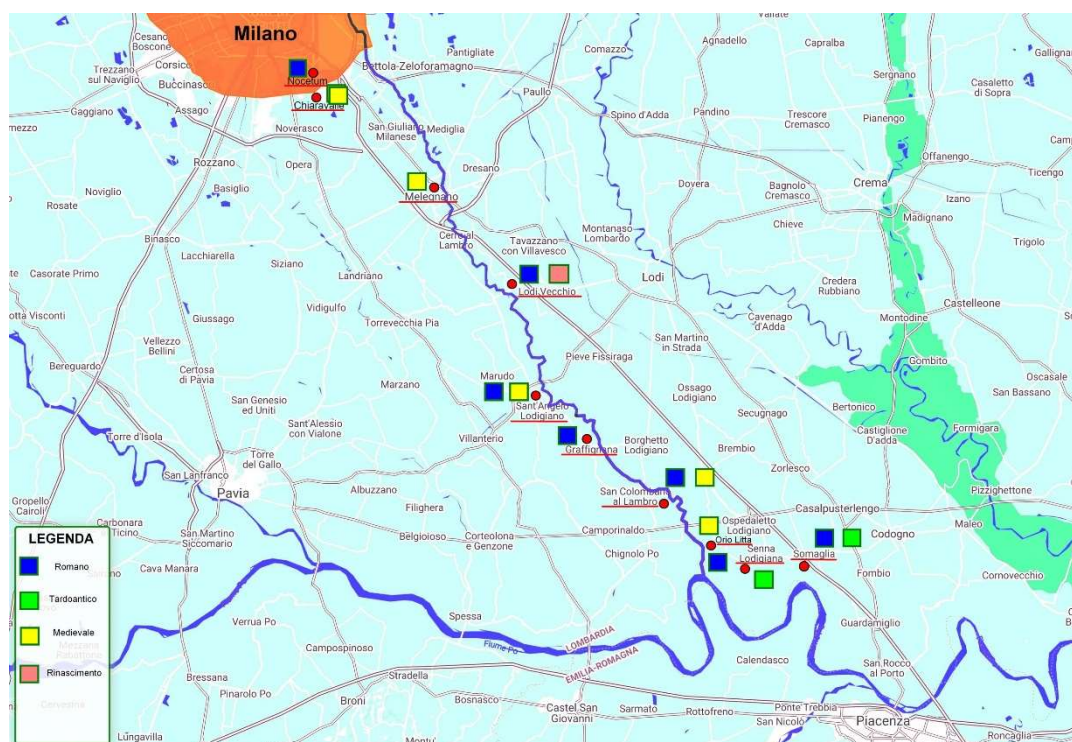
I fisici nucleari indagano sulla misteriosa esplosione russa. Le Scienze, Settembre (2019)





UN FIUME DI ARCHEOLOGIA

Germana Perani, Archeologa e Museologa,
Responsabile Scientifica del Progetto Lambro Archeologico



LAMBRO LUCENTE: UN'OSSERVAZIONE....ARCHEOLOGICA.

L'acqua è stata da sempre un elemento fondamentale nella vita dell'uomo.

La presenza dell'acqua, dei fiumi in particolare, ha condizionato nel corso dei secoli la vita delle popolazioni, presentandosi al tempo stesso come elemento attivo nella trasformazione del paesaggio, ora configurandosi come via di comunicazioni e di commercio, ora come confine naturale, più o meno strategico, ora come elemento fondamentale nella riorganizzazione del suolo agricolo, attraverso le bonifiche, le canalizzazioni, ora come fonte di energia per azionare macine e mulini, per lo sviluppo di attività produttive legate all'agricoltura. Queste varie "funzioni" dei fiumi hanno determinato le diverse modalità con cui l'uomo nel corso dei secoli e dei millenni si è inserito nel paesaggio, creando insediamenti, fondando città, complessi conventuali o costruendo castelli a presidio e controllo di attraversamenti fluviali, modificando così in modo significativo il paesaggio

naturale e creando un nuovo paesaggio,” il cui carattere deriva dall’azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni”, come recita l’articolo 1 della Convenzione Europea del Paesaggio del 2000.

Il fiume Lambro, nei suoi 140 Km è tutto questo: ha generato centri e città quali Monza, Melegnano, Sant’Angelo, ha determinato la prosperità economica di città di antichissima tradizione, come Lauda, l’antica *Laus Pompeia*, l’attuale Lodi Vecchio, che nel Medioevo acquistò prosperità e ricchezza proprio grazie alle tasse che imponeva ai partner commerciali, i Milanesi, ad esempio, che trasportavano merci sul fiume. Nella sua valle il castello di Melegnano testimonia l’esigenza di presidiare un punto di passaggio strategico. Inoltre molti parchi sono collegati al nostro fiume: il parco di Monza, e altri parchi locali di interesse sovracomunale tra cui quello della città di Milano, e quello della valle del Lambro a Sant’Angelo Lodigiano.

Con il progetto *Lambro...archeologico* l’Osservatorio Lambro Lucente vuole avviare un momento di approfondimento sull’archeologia lungo il fiume come strumento per una lettura “stratigrafica” del paesaggio dall’epoca romana a quella medievale e rinascimentale. Punto di partenza di questo progetto sono le indagini archeologiche che la Soprintendenza, a partire dagli anni Ottanta del secolo scorso, ha curato in vari centri lambiti da questo fiume, collegate ad interventi di trasformazione del territorio in funzione di nuove esigenze economiche e produttive dell’uomo. Esse hanno aggiunto tasselli importanti alla conoscenza delle dinamiche di popolamento e sviluppo nei secoli negli ambiti territoriali lambiti da questo fiume.

Il progetto *Lambro...archeologico* è rivolto alle scuole. Per i docenti è un momento di formazione e di riflessione, attraverso dei webinar, su temi importanti quali la legislazione e la tutela del paesaggio, l’archeologia preventiva, il rapporto tra territorio e musei e tra paesaggio e cinema. Per gli studenti è un momento di approfondimento su queste stesse tematiche, che si concretizza in attività laboratoriali, pensate per la scuola primaria di primo e secondo grado e per la scuola secondaria.

Attraverso questo progetto l’Osservatorio intende perseguire gli obiettivi strategici di conoscenza e tutela del paesaggio, individuati dalla carta Nazionale del Paesaggio del 2018.

Nella realizzazione di questi obiettivi risultano importanti i *Quaderni del Lambro Archeologico*, agili strumenti per i docenti che vi trovano materiali per approfondimenti tematici legati ai rinvenimenti archeologici e spunti per concrete attività laboratoriali per gli studenti.

Vero elemento di novità del progetto è la relazione che, attraverso di esso, l’Osservatorio vuole stabilire con i musei, cui è stato chiesto di accogliere i lavori degli studenti nella loro programmazione culturale.

L’Osservatorio vuole in questo modo sottolineare lo stretto legame che, nella definizione di ICOM fino ad ora vigente, il museo deve avere con il proprio territorio, che deve indagare nei modi che ritiene più efficaci, anche creando sinergie con altri istituti culturali, restituendone la complessità.





L'interno del museo archeologico *Laus Pompeia* di Lodi Vecchio (Foto: C. Tomba)



L'interno della chiesa dei Santi Filippo e Giacomo a Nosedo durante le indagini archeologiche del 2013 (Foto: www.archeologiavocidapassato.it)

Aso (CO): Tomba Medievale in via Matteotti

Ponte Lambro (CO): Villa romana e tardoantica

Erba (CO): Villa romana e tardoantica; Sepolture paleocristiane nella chiesa di S. Maurizio

Lurago d'Erba (CO): strutture romane e tardo-antiche nella chiesa di San Giorgio

Agliate (MB) Materiali romani reimpiegati nella chiesa dei SS. Pietro e Paolo

Veduggio (MI) Sepolture romane

Dintorni di Milano (MI): Collegamenti stradali romani; rinvenimenti da raccolte di superficie

Melegnano (MI): Castello Medici di Marignano: Indagini su strutture preesistenti al castello attuale

S. Angelo Lodigiano (LO) Area del Castello Morando Bolognini.

Salerano al Lambro (LO) Zona artigianale romana e rinascimentale; miliare romano.

S. Colombano al Lambro (MI) Castello; Villa romana del Ciossone

Graffignana (LO) Necropoli romane

Orio Litta (LO): Presenze dei Benedettini ed interventi di bonifica; la via Francigena.



CART - TC e CIRENE

STORIE NON SCRITTE

Franco Mantega

Il Progetto CIRENE (CISE REattore a NEbbia) ha rappresentato l'obiettivo italiano di realizzare un impianto nucleare non dipendente dalla tecnologia statunitense basata sull'uso di uranio arricchito.

Il concetto perseguiva l'idea caldeggiata al CISE da Mario Silvestri sin dagli esordi delle ricerche nazionali negli Anni '50 ed era uno degli elementi trainanti delle ricerche nucleari condotte dal CISE.

In questo tipo di reattore non è necessaria la realizzazione di un recipiente ad alta pressione come nel caso degli impianti americani e il vapore viene generato in tubi alloggiati all'interno di una vasca di acqua pesante (il moderatore) entro i quali sono contenuti gli elementi di combustibile e fluisce acqua naturale. Percorrendo i tubi dal basso verso l'alto, l'acqua viene parzialmente convertita in vapore (da cui il concetto di "nebbia"), che viene separato e inviato alla turbina.

L'articolo che segue è la testimonianza di una delle "avventure" sperimentali vissute in quel periodo, quando i test richiedenti irraggiamento "in-pila" venivano condotti appoggiandosi al reattore ESSOR del centro Euratom di Ispra, presso il quale fu realizzato l'impianto sperimentale CART (Cirene Assembly Reactor Test): un loop termodinamico messo a punto per riprodurre a piena scala il comportamento del combustibile del CIRENE. Nei test con l'impianto CART, infatti, gli elementi di combustibile erano sottoposti a condizioni realistiche, generando a loro volta potenza termica grazie al flusso di neutroni generato dal reattore ESSOR.

fp



Veduta esterna dell'impianto prototipo da 40 MW del CIRENE costruito negli Anni '70-'80 nei pressi di Latina.

Benché completato, non fu mai avviato, in conseguenza della chiusura del settore.



N.9 -Febbraio 2022

Già quando, all'inizio del '70 i primi tre elementi di combustibile CIRENE raggiungevano un "burn-up" significativo, circolavano dubbi circa gli interventi di sicurezza del CIRENE (che, va detto erano tutti "attivi"); a quell'epoca, da tempo, funzionavano i PWR.

Ciò nonostante, allo scopo di aumentare la statistica circa il "burn-up" del combustibile, fu deciso di inserire nel nocciolo ESSOR un secondo canale. L'assieme fu chiamato: CART TC, visto che i due canali erano gemelli, (i.e. *Twin Channels*, ndr).

La modifica prese molto più tempo del previsto, anche a motivo delle giustificate critiche da parte dell'organo che avrebbe dovuto concedere la licenza: il CNEN.

La storia fu digerita (con qualche difficoltà) dal CNEN in seguito alla collocazione di un by-pass di sicurezza tra i due canali (idea che mi venne durante una delle notti insonni).

Il riavviamento del CART, diventato CART TC, avvenne, con notevole ritardo, quasi alla fine degli Anni '70.

Il momento del riavviamento – che dal punto di vista idraulico, a reattore spento, non aveva dato nessun problema – si trasformò in dramma alla sua accensione, visto che l'instabilità delle portate e quindi del vapore nei due canali, provocava lo scram del reattore dopo pochi minuti da un tentativo di equilibrio. Solo l'opportuno dimensionamento di due orifizi (idea di Tullio Epis) e di diversi giorni di lavoro frenetico (max di 17 ore continue da me passate sotto i due canali), portò a un più che soddisfacente equilibrio delle portate, con conseguente assenza di scram. Ma....

Il CART TC funzionava perfettamente; ero riuscito (nonostante avessi qualche fisico e diversi tecnici ESSOR che "gufavano" alle mie spalle) con manovre abbastanza originali, a ottenere lo stesso titolo di vapore nei due canali, nonostante la potenza fosse tra loro parecchio differente. Tale differenza, dell'ordine del 20% portava – ovviamente – a un burn-up differente.

Ecco allora la mia idea....

Vedevo con gli occhi della mente l'acqua e anche il titolo di vapore e pensavo di potere vedere il flusso di neutroni all'interno del nocciolo quasi allo stesso modo.

Mi rivolsi a un amico, responsabile della parte neutronica di ESSOR, nel seguente semplicistico modo: "se voi mi deprimeste un po' di flusso nei pressi del canale più potente, forse riusciremmo ad equilibrare la potenza tra i due canali". Dopo un po' di giorni l'amico mio disse che la cosa era fattibile inserendo una delle barre di controllo vicina al canale più potente. Semplice no?

Nel frattempo il combustibile nei due canali aveva totalizzato (anche in modo tra loro differente) un discreto burn-up.

Azione... Con i neutronici da un lato (il mio amico e altri), gli idraulici dall'altro (io e Bruno Bottelli): si riuscì a ottenere una più equilibrata potenza e un titolo di vapore praticamente identico. nei due canali. Ma...

Nella mia mente vedevo il flusso neutronico che investiva i due canali senza una forma definita: come se si trattasse di due nuvole differenti nell'intensità ma uniformi... E, d'altro canto, a nessuno dei fisici saltò in mente di spiegarmi che la "nuvola" non era uniforme ma... a forma di pera!

Il risultato lo si è avuto qualche mese dopo con l'allarme di radioattività all'interno dei canali! La depressione del flusso neutronico aveva interessato la parte alta del combustibile mentre la parte bassa era stata investita da un flusso decisamente superiore al massimo previsto!

Ciò portò a dire dai detrattori del CIRENE: anche il combustibile! E a disinteressarsi di ciò che era successo allo stesso.

Il responsabile ESSOR lasciò a nostra disposizione le "celle calde" sino all'individuazione della barretta bucata. Assieme ad Attilio Oriani, per diversi mesi, mi divertii moltissimo, anche lavorando direttamente ai manipolatori sino a trovare il difetto...

Ma ormai il CIRENE...

Riferimenti essenziali.

Morandi, G., A. Scaroni (1968). CART – AN EXPERIMENTAL LOOP IN THE ESSOR REACTOR.

Energia Nucleare, vol. 15, n. 8, agosto 1968

Cerrai, E., A. Lombardi, F. Parozzi (2009). CIRENE: STORIA DI UN PROGETTO ATOMICO ITALIANO.

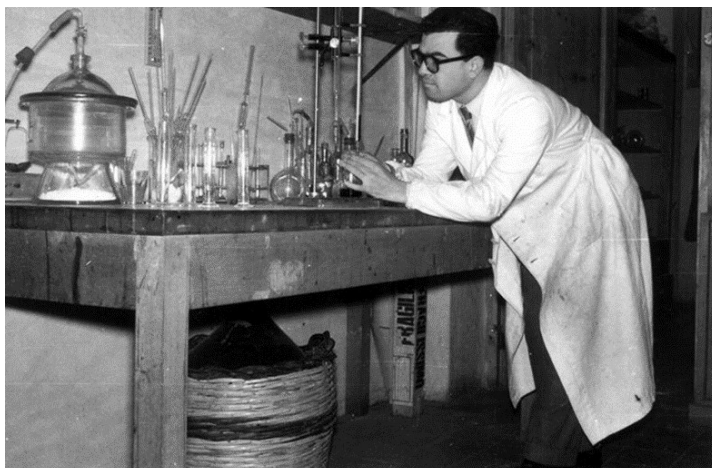
Le Scienze, edizione italiana di Scientific American, n. 490, giugno 2009.

Parozzi, F. (2021). GLI ANNI DELL'ATOMO. Biblion Edizioni, Milano.



NICOLA GIORDANO, HONEST, ENTHOUSIASTIC, INSPIRING SCIENTIST

by Aurelio Ascoli, Università degli Studi di Milano



Riportiamo in questo numero del Notiziario di CISE2007 una memoria, in inglese, che il nostro Consigliere prof. Aurelio Ascoli ha dedicato al chimico prof. Nicola Giordano (1931-1996) nel 25° anniversario della sua prematura scomparsa.

Giordano fu uno scienziato italiano di spicco, che operò dapprima nella Montedison e quindi presso il CNR e l'Università di Messina, dove vinse nel 1957 la cattedra di Chimica Industriale.

Con oltre 400 lavori e comunicazioni a congressi e più di 40 brevetti italiani, la maggior parte dei quali estesi anche all'estero, Nicola Giordano assunse fama internazionale nell'ambito della catalisi. In particolare, i suoi studi più notevoli riguardano la sintesi dell'acrilonitrile, la produzione di zeoliti sintetiche, lo sviluppo di formulazioni catalitiche innovative per processi chimici industriali, lo sviluppo di elettrocatalizzatori, la messa a punto di componenti e prototipi per celle a combustibile.

In particolare, nel settore delle celle a combustibile ha particolare rilevanza il suo studio riguardante l'influenza delle dimensioni dei cristalli di platino e dell'interazione metallo-supporto sull'attività elettrocatalitica per la riduzione dell'ossigeno. Negli ultimi anni della sua attività di ricerca, Nicola Giordano si dedicò in particolar modo allo studio di nuovi elettroliti a base di eteropoliacidi, come l'acido fosfotungstico, per l'applicazione in celle a combustibile operanti a bassa temperatura. https://it.wikipedia.org/wiki/Nicola_Giordano

A memorial session of Nicola Giordano, in the 25th anniversary of his premature death, was organized by NRC-TAE (Trasformazione e Accumulo dell'Energia) Institute, entitled to his name, in the frame of the 12th International Conference on Hydrogen Production ICH2P 2021 on line Conference.

It was a honor for me, and I considered it a great luck, to be asked by the organizers of the Conference to commemorate Nicola Giordano, a most amazing highlight among my friends. I commemorated him by telling the story of our friendship. Since such story involved a deep interaction with CISE Laboratories and with Professor Enrico Cerrai, founder and first President of CISE 2007, I thought the commemoration might be of interest for the readers of our Notiziario.

During the '970's I brought the fuel cell culture to Italy, by running and characterizing, at CISE Laboratories, Milano, together with Giacomo Redaelli, the first kW-size fuel cell in Italy. Giancarlo Cavalleri also contributed to the program with a preliminary report. I then reported the World-wide state-of-the-art on fuel cells in the comprehensive CISE Report n. 1943. Nicola Giordano was appointed full-professor of Industrial Chemistry at the University of Messina, his birth city, in 1975, and he immediately started to do something more than his duty as a full professor: to create new

research and intellectual work opportunities, by establishing a world-wide renowned NRC Institute, devoted to R&D on energy transformation and storage. To this end, Nicola moved along three main directions: the bistable benzene-cyclohexane system, the reversible hydration-dehydration cycle of H_2SO_4 , and the development of new catalysts for industrial chemical processes, and, particularly for energy transformation and storage. To promote the establishment of his new Institute, cutting short bureaucratic handicaps and delays, Nicola bought (or rented?) an apartment in Ganzirri – Torre Faro (a peripheral zone of Messina) with his personal money (and this is also a proof of his determination), just an empty apartment (no money to buy experimental equipment) to meet with pupils and talk them into the new research activity. As the idea of the new Institute was accepted by NRC, Nicola Giordano moved to the buildings of the old, abandoned Oil Mill De Pasquale, in Salita S. Lucia Sopra Contesse, and started to equip them, as soon as the first NRC grants arrived, with experimental equipment.

Professor Cerrai, the Director of CISE and a member of the Chemistry Committee of the Italian NRC, introduced Nicola and me to each other, foreseeing a scanty future for fuel cells in CISE (since the owner of CISE, ENEL, in those years, was fully committed to cultivate nuclear expectations, and disregarded alternative energy-production technologies). Cerrai also observed that research on fuel cells would add a touch of innovation to the three above mentioned “classical” directions planned by Nicola for his new NRC Institute. Professor Cerrai proposed me as a member of the scientific council of the new Institute, which the Chemistry Committee immediately adopted. Notice that I already had an experience as a member of the scientific Council of NRC-FRAE (Fotochimica e Radiazioni ad Alta energia) Institute of Bologna, since 1979. On the basis of the above considerations, Professor Cerrai encouraged and convinced me to pour all my fuel cell results to Nicola and TAE Institute.

It was the beginning of a deep, solid friendship and of a stable collaboration, which lasted ten years. I never saw the Ganzirri – Torre Faro site of ITAE. My collaboration as a scientific councillor started at the De Pasquale Oil Mill. Nicola immediately directed the ITAE research on fuel cells to develop innovative electrocatalysts, and to the study of the influence of the metal-support interaction on the electrocatalytic activity for oxygen reduction. He later turned to the development of new eteropolyacidic electrolytes, like phosphotungstic acid, intended for low-temperature fuel cells, which promised definitely higher performances than “conventional” ones.

The solid collaborating team and the abundant flow of scientific results attracted an important financial contribution by the Italian Agency for the Promotion and the Development of Southern Italy, which allowed the realization of the present, sparkling site of ITAE, also in Salita S. Lucia Sopra Contesse, not far from the De Pasquale Oil Mill.

Unfortunately, Nicola was a smoker. A relentless smoker. My father was also a relentless smoker. He died 61 years old for an aneurism of the abdominal aorta. My elder sister, also a relentless smoker, died by the same cause. Look at the birth and death dates of Nicola: he was 64, and in full working activity. Juniors, don’t smoke! Adults and seniors, no exceptions: don’t smoke!

But the character of Nicola is the paradigm of the sense of the transcendent. Look at the title of this memorial address. We rendered the last adjective in English by “inspiring”. In Italian I had written “trascinatore”, a puller, someone who naturally attracts followers. And followers able to walk in his furrow. Under the Direction of his pupils Cacciola, Restuccia, Freni, Antonucci, Aricò, ITAE keeps going, sturdy and well productive, in its scientific and social mission, attracting new pupils and researchers.

But I don't want to make this commemoration too courtly. I said that Nicola's character was "determined". Therefore, also not easy. For instance, intolerant of excessive academic protocols, and prone to non-conventionality.

Let me close with a touch of prank, an episode that deeply and steadily impressed me. The day of the inauguration of the new bright site of ITAE, everything was ready: a three-colour band, to be cut as a symbol of inauguration, swaddled the main entrance, and Nicola had recommended to Scientific Council members, researchers, technicians, handworkers, to be perfectly on-time. The cut of the three-colour band, according to academic protocols, was up to some high academic Authority, I don't even remember if the Rector of the University or the Dean of the Faculty, and we all gathered, in perfect time, in front of the main entrance, waiting for the Authority, who happened to be, that day, something later than "academic" 15 minutes. Nicola nervously and severely monitored the delay, and, at the 16th minute, he cut himself the three-colour band, inaugurating the new site, and giving way to the programmed meeting in the auditorium. A few minutes later, I saw the Authority arrive, with his numerous following, and be deeply hit by the received "affront". I was never able to forget this episode.

aurelio.ascoli@unimi.it

