

# Curriculum vitae

<b>Nome e cognome:</b>	Ruggero RICCI
<b>Dati anagrafici:</b>	Nato a Roma il 16/7/1968
<b>Stato civile:</b>	Coniugato
<b>Residenza:</b>	Via Albano, 29 Roma
<b>Titoli di studio:</b>	Diploma di maturità classica conseguito con 52/60 nel 1987. Laurea in Ingegneria Elettrica conseguita il 27/5/94 con la votazione di 110/110 presso l'Università di Roma "La Sapienza". Tesi di laurea: <i>"Progettazione e realizzazione di un differenziale elettromagnetico: il motore ad induzione a flusso assiale"</i> presso la Cattedra di Costruzioni Elettromeccaniche, Relatore prof. Ezio Santini, Co-relatore prof. Federico Caricchi. La tesi era finalizzata allo sviluppo di un prototipo di motore destinato alla trazione elettrica, che è stato realizzato e provato su banco. Un estratto della tesi è pubblicato sugli atti della conferenza ICEM'96 .
<b>Altri titoli:</b>	Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di ingegnere sostenuto il 3/2/95 con la votazione di 112/120. Iscrizione all'Albo degli Ingegneri della Provincia di Roma dal 1996.
<b>Servizio militare</b>	Svolto in qualità di sottotenente di complemento nell'Arma delle Trasmissioni dell'Esercito. Congedato il 9/1/1996.
<b>Lingua straniera</b>	Inglese.
<b>Rapporto di lavoro INFN</b>	Dipendente, con profilo di tecnologo, inizialmente con contratto a tempo determinato dal 2/5/1996; assunto 31/1/2001 con contratto a tempo indeterminato senza soluzione di continuità. Attualmente inquadrato con profilo di Primo Tecnologo dal 2011.
<b>Incarichi INFN</b>	Responsabile Servizio Impianti Elettrici dei LNF dal 2007; Responsabile della Task 5- Impianti elettrici CNAO dal 2004 ; Responsabile del Gruppo Impianti della Commissione Calcolo e Reti INFN dal 2010. Energy Manager dei LNF dal 2013 Work package leader del WP11C (electrical installation) nel progetto ELI-NP
<b>Principali attività e competenze</b>	Gestione e progetto di <b>impianti elettrici</b> di utente AT, distribuzione MT e BT con particolare attenzione per le peculiarità legate agli acceleratori di particelle. Gli impianti dei Laboratori sono alimentati in alta tensione dalla Stazione Elettrica 150/20/3 kV, di proprietà INFN, e da una rete di distribuzione MT che attualmente conta 9 cabine elettriche MT/BT. Come servizio tecnico interveniamo direttamente sugli impianti sia di distribuzione

che a servizio degli impianti di raffreddamento dell'acceleratore.

**Compatibilità elettromagnetica alle basse frequenze**, in particolare sui temi della stabilità della tensione, qualità dell'alimentazione, grounding e tecniche di riduzione del rumore ;

Energia elettrica, risparmio energetico e fonti rinnovabili;

**Automazione industriale** legata sia alla rete di distribuzione elettrica che agli impianti industriali a servizio degli acceleratori. Recentemente, partire dal 2012 ho proposto e coordinato l'intervento di revamping degli impianti industriali di DAFNE ( Cooling, Condizionamento, Vuoto, Radiofrequenza e Magnet) promuovendo uno studio di ingegneria inversa in collaborazione con i colleghi degli altri servizi per la messa in sicurezza dei sistemi, l'eliminazione dei guasti sistematici e la sostituzione di componenti obsoleto o non più reperibili. Il nuovo sistema di PLC e il nuovo supervisore hanno portato a un nuovo strumento oggi a servizio dell'acceleratore, e all'ottimizzazione di molti processi finalizzati al miglioramento dell'affidabilità, alla riduzione dei consumi e alla sostituzione di componenti non più disponibili, con costi limitati. Attualmente sono in corso ampliamenti del sistema.

**Energy management:** gestione del contratto di fornitura dell'energia elettrica, monitoraggio previsione ed analisi dei consumi. Dal 2013, in qualità di Energy Manager, ho promosso azioni di efficientamento energetico sia nel settore elettrico che in quello termotecnico, collaborazione con i colleghi dei servizi preposti, in occasione di interventi di manutenzione straordinaria. Questo ha portato alla razionalizzazione e alla trasformazione di alcuni impianti di climatizzazione con risparmi consistenti. Nel 2015 è stato realizzato il nuovo sistema di recupero di calore da 500 kW, che utilizzando il calore di scarto del raffreddamento del centro di calcolo e di altre utenze, riscalda, nei mesi invernali, quasi il 40% del volume riscaldato dei Laboratori.

**Corsi e scuole di specializzazione:**

Scuola sugli acceleratori del CAS (*Cern Accelerator School*), Cascais-Portogallo dal 21/10 al 1/11/1996.

Scuola del CAS "Superconductivity and Cryogenics for Accelerators and Detectors", Erice, Italy 8-17 may 2002.

Giornate di studio INFN "Sicurezza degli apparati sperimentali e tecnologici dell'INFN", Frascati, 25-27 ottobre 2004.

Corso per "l'esecuzione dei lavori elettrici di cui alla norma CEI-EN 50110", Frascati, 16-17 novembre 2004.

Corso di formazione INFN "Il progetto di ricerca dalla concezione al disinvestimento", Frascati 20-21-22 ottobre – 3,4,5 novembre 2008.

Corso di formazione professionale per Energy manager nel settore industriale ENEA Roma 12-16 maggio 2014

# CURRICULUM VITAE

## INFORMAZIONI PERSONALI

Nome **UGO ROTUNDO**  
Ufficio **06-9403-8113 / -2313**  
E-mail **Ugo.Rotundo@Inf.infn.it**  
Nazionalità Italiana  
Data di nascita 30/01/1976  
Luogo di nascita SALERNO

## ESPERIENZA LAVORATIVA

- Date (dal) **1/12/2014**
- Nome e indirizzo del datore di lavoro  
Laboratori Nazionali di Frascati dell' **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)**  
Via E. Fermi n. 40  
00044 FRASCATI (Roma) - Italy
- Tipo di azienda o settore Istituto di Ricerca
- Tipo di impiego Assunto con contratto da dipendente a tempo indeterminato
- Principali mansioni e responsabilità **Responsabile della Divisione Tecnica e dei Servizi Generali** (circa 40 persone) che assicura le attività di supporto e gestione delle infrastrutture dei Laboratori, componendosi dei Servizi Edilizia, Servizi Generali, Servizio Magazzino Centrale e Approvvigionamento, Servizio Progettazione e Costruzioni Meccaniche, Servizio Impianti Elettrici, Servizio Impianti a Fluido. Collaboro anche in attività di mia competenza esterne ai LNF, partecipando alla progettazione e realizzazione degli impianti di ELI-NP (Leader del WP11d: Water cooling & Compressed Air) e della XPR del CNAO (Responsabile per INFN del Task11: Impianti Meccanici). Dal 9/9/2015 faccio parte del Team dei Referee del centro CNAF per le attività infrastrutturali. Ho fatto parte di alcuni Review Panel, tra cui l'“**International Review of the Cooling and Ventilation Systems Design for HL-LHC**” tenutosi dal 14 al 15 marzo 2017. Gestisco un budget complessivo annuale di circa 9 M€
- Date (da – a) **1/2/2011 – 30/11/2014**
- Nome e indirizzo del datore di lavoro  
Laboratori Nazionali di Frascati dell' **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)**  
Via E. Fermi n. 40  
00044 FRASCATI (Roma) - Italy
- Tipo di azienda o settore Istituto di Ricerca
- Tipo di impiego Assunto con contratto da dipendente a tempo indeterminato
- Principali mansioni e responsabilità **Responsabile del Servizio Impianti a Fluido** (cooling, HVAC, aria compressa), mi sono occupato della conduzione del Servizio (6 persone) e degli impianti (Daφne, Kloe, Sparc, CED), gestendo le attività connesse ai Contratti Pubblici per la realizzazione di nuovi impianti, svolgendo la funzione di Responsabile Unico del Procedimento e Direttore Lavori. Ho gestito i contratti relativi ai compiti affidati a ditte esterne. Dal 1/1/2013 ho preso in carico anche la gestione degli impianti di riscaldamento, condizionamento e delle reti di distribuzione idrica e metano dei LNF, curando anche i contratti per la fornitura di acqua e gas per i Laboratori. Gestivo un budget complessivo annuale di circa 650 k€

- Date (da – a)
    - Nome del datore di lavoro
    - Tipo di azienda o settore
    - Tipo di impiego
  - Principali mansioni e responsabilità
- 1/2/2010 – 31/1/2011**  
 Laboratori Nazionali di Frascati dell' **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)**  
 Istituto di Ricerca  
 Assunto con contratto da dipendente a tempo indeterminato  
 Continuavo l'attività di conduzione e manutenzione svolta presso il servizio Impianti a Fluido.
- Date (da – a)
    - Nome del datore di lavoro
    - Tipo di azienda o settore
    - Tipo di impiego
  - Principali mansioni e responsabilità
- 3/2/2005 – 31/01/2010**  
 Laboratori Nazionali di Frascati dell' **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)**  
 Istituto di Ricerca  
 Assunto con contratto da dipendente ex Art.23 CCNL, a tempo determinato
- Impiegato presso il servizio Impianti a Fluido, mi sono occupato della conduzione e manutenzione degli impianti esistenti a servizio degli acceleratori, nonché del dimensionamento e della caratterizzazione di alcuni componenti dei sistemi di raffreddamento per macchine sperimentali di nuova costruzione.  
 Ho collaborato con il SIS (Servizio Informazione Scientifica) nell'ambito della divulgazione scientifica per gli studenti di scuole medie, superiori ed università.
- Date (da – a)
    - Nome del datore di lavoro
    - Tipo di azienda o settore
    - Tipo di impiego
  - Principali mansioni e responsabilità
- 4/11/2002 – 3/11/2004**  
 Laboratori Nazionali di Frascati dell' **Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)**  
 Istituto di Ricerca  
 Assunto con contratto di associazione (borsa di studio) della durata di due anni  
 Impiegato presso il servizio Impianti a Fluido, ho gestito l'attività di ricerca nel campo delle vibrazioni meccaniche. In particolare mi sono occupato dell'analisi delle caratteristiche, dimensionamento e scelta della catena di misura, dell'acquisizione dati sul campo e dell'analisi dei risultati. Ho svolto anche attività di gestione della manutenzione per gli impianti di raffreddamento della macchina acceleratrice DaΦne.
- Date (da – a)
    - Nome e indirizzo del datore di lavoro
    - Tipo di azienda o settore
    - Tipo di impiego
  - Principali mansioni e responsabilità
- 1/6/2002 – 31/10/2002**  
**Alitalia** Linee Aeree Italiane S.p.A.  
 Area Tecnica di Fiumicino, Roma  
 Trasporti Aerei  
 Assunto con contratto di collaborazione coordinata e continuativa  
 Impiegato presso la sezione di Ingegneria delle Strutture , settore della Manutenzione Aeromobili, nella divisione DOT (Direzione Operazioni Tecniche).
- Date (da – a)
    - Nome del datore di lavoro
    - Tipo di azienda o settore
    - Tipo di impiego
  - Principali mansioni e responsabilità
- 18/3/2002 – 31/5/2002**  
**Alitalia** Linee Aeree Italiane S.p.A.  
 Trasporti Aerei  
 Stage  
 Impiegato presso la sezione di Ingegneria delle Strutture , settore della Manutenzione Aeromobili, nella divisione DOT (Direzione Operazioni Tecniche).

## ISTRUZIONE E FORMAZIONE

- Date (da – a)
    - Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione
    - Principali materie / abilità professionali oggetto dello studio
    - Qualifica conseguita
    - Livello nella classificazione nazionale (se pertinente)
    - Abilitazione alla professione
- 1/10/1994 - 23/1/2002**  
 Università degli Studi di Roma TOR VERGATA
- Ingegneria Meccanica**  
 Dottore in Ingegneria Meccanica
- 100/100 e lode**  
 Abilitazione alla professione di Ingegnere conseguita con votazione di 104/120

- Date (da – a) **2/2000 – 7/2000**
- Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione Escuela Superior de Ingenieros de la Universidad de Navarra di San Sebastián (Guipuzcoa País Vasco – España)
- Tipo di esperienza Progetto Erasmus

- Date (da – a) **1989 - 1994**
- Nome e tipo di istituto di istruzione o formazione Liceo Classico M.T. Cicerone, Frascati, Roma
- Qualifica conseguita Diploma di maturità classica
- Livello nella classificazione nazionale (se pertinente) 58/60

## CAPACITÀ E COMPETENZE PERSONALI

MADRELINGUA **ITALIANO**

ALTRE LINGUE

	Comprensione				Parlato				Scritto	
	Ascolto		Lettura		Interazione orale		Produzione orale			
• INGLESE	C1	LIVELLO AVANZATO	C2	LIVELLO AVANZATO	C1	LIVELLO AVANZATO	B2	LIVELLO INTERMEDIO	B2	LIVELLO INTERMEDIO
• SPAGNOLO	C1	LIVELLO AVANZATO	C1	LIVELLO AVANZATO	C1	LIVELLO AVANZATO	C1	LIVELLO AVANZATO	B2	LIVELLO INTERMEDIO
• FRANCESE	A2	LIVELLO BASE	A2	LIVELLO BASE	A2	LIVELLO BASE	A2	LIVELLO BASE	A2	LIVELLO BASE

**PUBBLICAZIONI** Oltre 40 lavori tra note interne e pubblicazioni presentate a congressi di carattere nazionale ed internazionale

- ATTESTATI DI FREQUENZA**
- 8÷9/02/2017 Attestato di frequenza rilasciato da **AUDITECH**, per il corso relativo a “**NDT Airborne Ultrasound**”.
- 21/05/2016 Certificato rilasciato da **AXELOS & APMG International**, per il “**Prince2 Foundation® in Project Management**”.
- 12÷16/05/2014 Attestato di frequenza rilasciato da **ENEA**, per il “**Corso di formazione ed aggiornamento professionale per Energy Managers: settore Industriale**”.
- 15/11/2013 Attestato di frequenza rilasciato da **MC4SOFTWARE ITALIA**, per il corso relativo a “**MC4 SUITE 2013**”.
- 24/04/2013 Attestato di frequenza rilasciato da **MESOS Innovation and training advice**, per il corso di “**Certificazione e riqualificazione Energetica degli idifici**”.
- 24/11/2012 **Certificazione Base di Project Management** rilasciato da **Istituto Italiano di Project Management**.
- 28/10/2011 Attestato di frequenza rilasciato dal **Centro Studi Marangoni**, per il seminario “**Le procedure di spesa in economia**”.
- 21/10/2011 **Patentino di abilitazione di 2° grado per la conduzione di impianti termici** rilasciato dalla **Direzione Territoriale del lavoro di Roma**, a seguito dell’esame di stato.
- 27/5÷10 e 17/6/2011 Attestato di frequenza rilasciato dal **Centro Studi Marangoni**, per il seminario “**Il Regolamento al codice dei Contratti Pubblici DPR 207/2010**”.

- 3÷4/11/2009 Attestato di frequenza rilasciato dalla **WinTek**, per il programma di addestramento "**Progettazione di sistemi di misura basati su LabVIEW per analisi vibrazioni**".
- 24/01/2008 Attestato di frequenza rilasciato dall'associazione **AICARR**, per il corso di "**Calcolo e costruzione di reti aerauliche**".
- 25/01/2008 Attestato di frequenza rilasciato dall'associazione **AICARR**, per il corso di "**Calcolo e costruzione di reti idroniche**".
- 08/02/2007 Attestato di frequenza rilasciato dall'associazione **AICARR**, per il corso di "**Regolazione automatica: fondamenti e applicazioni**".
- 07/03/2007 Attestato di frequenza rilasciato dall'associazione **AICARR**, per il corso di "**Collaudo e strumenti di misura**".
- 08/03/2007 Attestato di frequenza rilasciato dall'associazione **AICARR**, per il corso di "**Taratura e bilanciamento reti idroniche - laboratorio**".
- 09/03/2007 Attestato di frequenza rilasciato dall'associazione **AICARR**, per il corso di "**Taratura e bilanciamento reti aerauliche - laboratorio**".
- 25÷27/12/2004 Attestato di partecipazione rilasciato dai **Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN**, per le giornate di studio sulla "**Sicurezza degli apparati sperimentali e tecnologici dell'INFN**".
- 26÷27/11/2003 Attestato di frequenza rilasciato dalla **National Instruments**, per il programma di addestramento di "**Analisi Acustiche e Vibrazionali**".

## CURRICULUM VITAE

### Cristina Vaccarezza

- nata a Rieti il 16 - 07 - 1961
- dipendente INFN come Primo Tecnologo presso il Laboratori Nazionali di Frascati, Divisione Acceleratori
- attività di ricerca: Fisica degli Acceleratori di Particelle

### STUDI

1988 Diploma di Laurea in Fisica (108/110), Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

### TITOLI

- 1989 vincitrice del concorso, di cui al bando n. 1312/88, per il conferimento di una borsa di studio dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare nell'ambito dei "Progetti speciali nel campo delle macchine acceleratrici – ARES" per lo "Studio delle problematiche di realizzazione pratica di un acceleratore lineare superconduttivo e ricerca nel campo delle nuove tecnologie superconduttive applicate alle macchine acceleranti".
- 1991 Dall'1 Febbraio 1991 al 31 Gennaio 1993 **Tecnologo** presso i Lab. Naz. di Frascati dell'I.N.F.N. con contratto a tempo determinato della durata di due anni per la "collaborazione tecnica nell'ambito del progetto DAΦNE con particolare riguardo alle problematiche connesse alla progettazione e costruzione del sistema da vuoto".
- 1993 Dall'1 Febbraio 1993 al 31 Gennaio 1996 **Tecnologo** presso i Lab. Naz. di Frascati dell'I.N.F.N. con contratto a tempo determinato della durata di tre anni, con le stesse modalità del contratto precedente.
- 1994 vincitrice del concorso di cui al bando n. 4492/93 per un posto di terzo livello professionale, con profilo di **Tecnologo**, presso i Lab. Naz. di Frascati con il punteggio di 94 su 100
- 2006 vincitrice del concorso di cui al bando n. 10668/2004 per un posto di secondo livello professionale con profilo di **Primo Tecnologo** presso i Laboratori Nazionali di Frascati, delibera CD n. 9494. Decorrenza nel profilo dal 1 gennaio 2006, delibera GE n. 7724, con anzianità riconosciuta nel profilo di anni 20.

### INCARICHI

- Da Febbraio 2015 **Responsabile** del gruppo di **Beam Dynamics** di **SPARC\_LAB**
- **Codocenza** dell'insegnamento di **Fisica (UEAR, Fis/01)** del corso di laurea in **Ingegneria edile-architettura dell'Università La Sapienza A. A. 2015-2016**
- Da Giugno 2015 **Leader** del **Working Group: Machine Commissioning** del Progetto **ELI-NP GBS**
- Da Novembre 2013 **Tutor di Dottorato** in **Fisica degli Acceleratori 29° ciclo Università La Sapienza**
- Da Gennaio 2012 **Leader** del **Working Package 1a: Accelerator Physics** del Progetto **ELI-NP GBS**
- Da Settembre 2012 **Coordinatore Nazionale** per la Commissione Scientifica V della linea **SL\_Thomson** a **SPARC\_LAB**, precedentemente, da Ottobre 2007 a Settembre 2012, **Responsabile Locale LNF** del progetto **PLASMONX-NTA**
- Da Gennaio 2006 a Dicembre 2012 **Responsabile** del **SERVIZIO LINAC** della Divisione Acceleratori.

- Dal Gennaio 2001 al Gennaio 2006 **Run Coordinator** di DAΦNE.
- Dalla fine del 2003 al 2006 **Responsabile** della parte di simulazione numerica per il progetto “**E-cloud**” (approvato dalla comm. Scientifica V) per lo studio delle instabilità dovute alla creazione di “*electron-cloud*” in macchine acceleratrici quali L.H.C e DAΦNE, l’eventuale rilevanza per gli acceleratori lineari del tipo FEL e la relativa analisi dei materiali, anche innovativi, per il sistema da vuoto.  
Dal 2005 al 2006 sono stata **Responsabile** della verifica sperimentale su DAΦNE della validità dei codici di simulazione numerica impiegati per lo studio degli effetti dovuti all’*electron-cloud* nel Damping Ring dell’International Linear Collider, nell’ambito del progetto **EUROTEV (European Design Study for Linear Colliders)**.
- Nell’anno accademico 2001-2002 ho svolto l’**attività didattica** presso l’Università degli Studi di Roma La Sapienza in qualità di tutor per il corso di FISICA I e II del corso di laurea di Ingegneria Informatica.
- Negli anni 2000-2002 sono stata segretario scientifico del DAΦNE Machine Advisory Panel composto da: S.Myers ,CERN (Chairman), J.M.Jowett, CERN, F. Willeke, Desy

### COMMISSIONI esaminatrici

- Nel Febbraio del 2016 sono stata nominata **presidente della Commissione esaminatrice del concorso INFN** bando n. LNF/C6/546, procedura selettiva per l’assunzione di personale con contratto a termine ex art. 15-IV comma lettera a) CCNL
- Nel Febbraio del 2016 sono stata nominata **membro della Commissione esaminatrice del concorso INFN** bando n. FE/T3/542, procedura selettiva per l’assunzione una unità con contratto di lavoro a tempo determinato con profilo di Tecnologo di III livello
- Nel Gennaio del 2016 sono stata nominata **membro della Commissione esaminatrice del concorso INFN** bando n. LNF/T3/531, procedura selettiva per l’assunzione una unità con contratto di lavoro a tempo determinato con profilo di Tecnologo di III livello
- Nell’Agosto 2015 sono stata nominata **membro della Commissione** per l’esame di ammissione al corso di **dottorato in FISICA DEGLI ACCELERATORI 31° ciclo** con sede presso l’Università degli Studi di Roma La Sapienza.
- Nel Febbraio del 2015 sono stata nominata **membro della Commissione esaminatrice del concorso INFN** bando n. MI/T3/466, procedura selettiva per l’assunzione una unità con contratto di lavoro a tempo determinato con profilo di Ricercatore e Tecnologo di I livello
- Nel Gennaio del 2015 sono stata nominata **membro della Commissione esaminatrice del concorso INFN** bando n. LNF/T3/452, procedura selettiva per l’assunzione una unità con contratto di lavoro a tempo determinato con profilo di Tecnologo di III livello
- Nell’ Aprile del 2011 sono stata nominata **membro della Commissione esaminatrice del concorso INFN** bando n. LNF/C6/292, procedura selettiva per l’assunzione di due unità con contratto di lavoro a tempo determinato C.T.E.R di VI livello
- Nel Settembre del 2010 sono stata nominata **membro della Commissione esaminatrice del concorso INFN** bando n. 13624/2009, procedura selettiva per 5 posti di **Primo Ricercatore, II livello Professionale**
- Nel Gennaio 2004 sono stata nominata **membro della commissione esaminatrice** del concorso INFN, bando n. 9989/2003, procedura selettiva per la progressione di livello nel profilo di inquadramento di cui all’art. 54 del CCNL 1998-2001
- Nel Gennaio 2004 sono stata nominata **membro della commissione esaminatrice** del concorso INFN, bando n. 9989/2003, procedura selettiva per la progressione di livello nel profilo di inquadramento di cui all’art. 54 del CCNL 1998-2001

- Nel Marzo 2003 sono stata nominata **membro della commissione esaminatrice** del concorso INFN, bando n. 9446/2002, procedura selettiva per la progressione di livello nel profilo di inquadramento di cui all'art. 54 del CCNL 1998-2001
- Nell' Ottobre 2002 sono stata nominata **membro della commissione esaminatrice** del concorso INFN, bando n. 9442/2002, per un posto di VI livello professionale con profilo di Collaboratore Tecnico E.R.
- Nel Luglio 2000 sono stata nominata **membro della commissione esaminatrice** del concorso INFN, bando n. 7972/2000, per un posto di VI livello professionale con profilo di Collaboratore Tecnico E.R.
- Nel Maggio del 1993 sono stata nominata membro della commissione per le procedure relative alla gara per l'acquisto di 125 pompe ioniche al titanio per il Progetto DAΦNE - Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN, delibera n 4403 del 30-4-1993.

## ATTIVITÀ

L'attività di ricerca da me svolta presso i Laboratori Nazionali di Frascati si colloca nell'ambito della **Fisica degli Acceleratori di particelle** e si suddivide temporalmente in quattro tappe principali descritte in dettaglio nelle pagine seguenti:

**dal 1991 al 2000** progetto, costruzione, installazione e messa a punto (**commissioning**) della **Φ-Factory DAΦNE**.

**dal 2000 al 2012:** ricerca e sviluppo nel campo delle macchine acceleratrici di particelle con particolare riferimento ai progetti **SPARC, SPARX e PLASMONX**

**dal 2006 al 2012:** **Caposervizio** del **SERVIZIO LINAC** dei Laboratori di Frascati per la conduzione, manutenzione e upgrade del l'Acceleratore Lineare (LINAC) del complesso DAΦNE.

**dal 2012 a tutt'oggi:** ricerca e sviluppo nel campo delle macchine acceleratrici di particelle con particolare riferimento ai progetti **ELI\_NP Gamma Beam System, SL\_THOMSON, SL\_EXIN, SL\_COMB**

**dal 2012:**

### **✚ ELI\_NP Gamma Beam System: Working Package 01a Accelerator Physics e Working Group on Machine Commissioning**

Come Leader del Working Package 01a: Fisica degli Acceleratori mi sono occupata dalla fine del 2011 della progettazione dell'acceleratore, in particolare del disegno della macchina e dello studio della Beam Dynamics dei fasci di elettroni ad alta densità nello spazio delle fasi trasverso [A3]. Del gruppo fanno parte 4 laureati, un post doc e tre dottorandi

Il progetto ELI-NP è finanziato dalla Commissione Europea e prevede presso il sito di Magurele (Bucharest, Romania) la realizzazione di un'infrastruttura di ricerca nel campo della fisica e della fotonica nucleare che accoppia un sistema laser di alta intensità (fino a  $10^{24}$  W/cm<sup>2</sup>) con una sorgente di radiazione gamma ad alta brillantezza. La sorgente di radiazione gamma, ELI-NP Gamma Beam System, si basa sul processo di scattering Compton inverso fra un fascio di elettroni di Energia E=75-740 MeV ed un fascio laser di energia U=0.2-0.4 J e dovrà fornire nel 2018 fotoni di energia compresa nell'intervallo 1-20 MeV, con larghezza di banda rms minore di 0.5% e densità spettrale maggiore di  $10^4$  fotoni/sec·eV, dimensioni del fascio di elettroni comprese fra i 10-20 μm e polarizzazione lineare del fascio gamma maggiore del 95% [A4].

La collaborazione EuroGammas (2012) formata dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, l'Universita' di Roma La Sapienza, IN2P3/CNRS (Francia) e STFC (UK) e varie aziende europee, ha vinto la gara per realizzazione nel Febbraio del 2014 per un costo complessivo di circa 68 M€.

La soluzione proposta per l'acceleratore di elettroni consiste in un sistema ibrido formato da un fotoiniettore in banda S ( $f_{rf}=2.86$  GHz), simile a quello operante a SPARC\_LAB, seguito da un Linac in banda C ( $f_{rf}=5.17$  GHz) con un'energia massima di 720 MeV e due punti di interazione, rispettivamente a 280 e 600 MeV.

Partendo dall'uscita del fotoiniettore ho progettato il canale del linac, delle linee di trasferimento e le sezioni di focheggiamento trasverso finale per i punti di interazione a bassa ed alta energia, determinando così il layout della macchina, (circa 90 m). Per le simulazioni "start2end" sono stati impiegati i codici Tstep (evoluzione di Parmela) ed Elegant ottenendo il trasporto e le caratteristiche del fascio di elettroni dal fotocatodo all'interazione [A3,A5]. Da queste simulazioni ho derivato le specifiche per tutti gli elementi magnetici della macchina. La robustezza del disegno del Linac e delle sezioni di Interazione è stata da me verificata mediante lo studio degli effetti dei possibili errori di allineamento degli elementi, delle fluttuazioni (jitters) nell'energia del Laser del fotocatodo e della potenza RF delle sezioni acceleranti [A2]. I possibili errori e le possibili instabilità sono stati considerati e simulati con la tecnica dell'ipercubo latino al fine di ottenere l'intervallo di confidenza delle prestazioni nominali dell'acceleratore e fornire così le specifiche e le tolleranze di costruzione e funzionamento dei magneti, delle sezioni a radiofrequenza e dell'allineamento dell'intero acceleratore.

Il progetto ELI-NP GBS è stato da me presentato su invito al meeting alla conferenza LINAC14 (Ginevra, 2014), alla AccApp 2013 (Bruges 2013), e alla IPAC2012 (New Orleans, 2012)

Le "milestones" principali del progetto ELI-NP per il WP01a sono le seguenti:

- Fine 2016 - 2017 : **"Installazione, test e commissioning del sistema GBS corrispondente a un fascio gamma di almeno 3 MeV"**
- Settembre 2018: **"Installazione, test e commissioning del completo GBS ai parametri di progetto"**

## SL\_Thomson a SPARC\_LAB

Dalla seconda metà del 2012 sono Coordinatore Nazionale per la Commissione Scientifica V della linea SL\_Thomson che consiste in una sorgente di radiazione X generata mediante scattering Thomson fra il fascio di elettroni di energia 30-150 MeV prodotto dal fotoiniettore SPARC [11], e il fascio prodotto dal sistema laser da 300 TW FLAME [46].

Dal 2006 il progetto PlasmonX, del quale sono stata Coordinatore Locale per LNF, aveva come scopo la costruzione di una linea di trasferimento a doppia dogleg da me progettata e realizzata, a valle del fotoiniettore di SPARC, per realizzare sorgenti di radiazione X via scattering Thomson e per esperimenti di accelerazione di particelle mediante gradienti generati nelle onde di plasma (SL\_EXINJ). Successivamente la responsabilità delle due linee è stata suddivisa, e fra il 2012 e il 2013 ho completato l'installazione della zona di Interazione della sorgente Thomson mentre a Febbraio 2014 ha avuto luogo il primo run di commissioning (circa 5 settimane) con la generazione dei primi fotoni [A1].

Nel Giugno del 2015 ha avuto luogo il secondo run (4 settimane) dove si è cercato di ovviare, senza però riuscirci completamente, ai forti disallineamenti presenti nella sezione di interazione Compton. In questo modo il flusso dei fotoni prodotti è aumentato di circa un ordine di grandezza, rimanendo però sempre al di sotto di quanto previsto perciò si sta ora lavorando ad un rifacimento completo della zona di interazione che includa più diagnostiche per la traiettoria sia degli elettroni che dei fotoni e permetta di superare i problemi incontrati fin qui.

Una volta ultimato il commissioning la caratterizzazione della sorgente Thomson prevederà esperimenti di Compton scattering con il fascio laser guidato da un capillare, esperimenti di *imaging* in assorbimento ed in contrasto, e esperimenti di tomografia in contrasto di fase, con elettroni di energia intorno a 30 MeV [A9].

La caratterizzazione ad energie più alte prevede studi sulla distribuzione energetica degli elettroni dopo l'interazione utili per il confronto con il modello quantistico dello scattering Compton impiegato per il calcolo del flusso della radiazione gamma prodotta da ELI\_NP GBS. Ai fini del progetto ELI-NP la sorgente SL\_Thomson è un importante banco di prova, oltre che per studi di Beam Dynamics, per la caratterizzazione delle diagnostiche dei fasci di elettroni e fotoni, e dei materiali impiegati per le ottiche del sistema laser all'interazione.

## SL\_COMB e SL\_Exinj a SPARC\_LAB

Gli esperimenti di accelerazione con onde di plasma rappresentano il settore più avanzato della ricerca nel campo della Fisica degli Acceleratori; i campi acceleranti raggiungibili possono essere dell'ordine dei GigaVolt/metro ma la vera sfida è mantenere l'alta qualità dei fasci iniettati nelle onde di plasma al termine del processo di accelerazione. Lo studio approfondito della fisica del plasma nei vari regimi di interesse è l'oggetto del lavoro del gruppo di Beam Dynamics di SPARC\_LAB del quale sono responsabile. Le onde di plasma (beam driven plasma wakefield) possono essere eccitate sia dal passaggio di un primo bunch di elettroni di carica e lunghezza opportune, esperimento SL\_COMB, sia dal passaggio di un impulso laser di alta potenza quale quello del sistema laser di FLAME, esperimento SL\_EXIN. Le pubblicazioni [4,5,6,11,12]

si riferiscono ai risultati sin qui ottenuti dal gruppo di SPARCLAB. L'iniezione di onde di plasma richiedono fasci di elettroni ad alta brillantezza con lunghezze dell'ordine delle decine di  $fs$  e dimensioni trasverse dell'ordine di pochi  $\mu m$ , caratteristiche che si possono ottenere con un'opportuna manipolazione dello spazio delle fasi sia nel fotoiniettore, con la compressione RF, o nella linea di trasferimento mediante compressione magnetica e accoppiamento dello spazio delle fasi trasverso con quello longitudinale. La linea di trasferimento da me progettata per le due zone di interazione Thomson e Exinj, permette di variare il parametro  $R_{56}$  nell'intervallo di  $\pm 50 mm$ , così da comprimere o allungare il fascio di elettroni di quanto necessario per soddisfare le condizioni necessarie [14].

## 2006-2012

### ✚ Responsabilità del Servizio LINAC di DAΦNE (2006-2012)

#### Il Servizio LINAC:

- cura la progettazione, la realizzazione, la messa a punto, la manutenzione e lo sviluppo degli impianti e dei controlli dei sistemi a radiofrequenza degli acceleratori lineari (LINAC e SPARC),
- progetta, realizza ed installa i sistemi di interlock degli acceleratori e ne cura la relativa operazione e manutenzione;
- collabora alla conduzione degli acceleratori.

Reperti (2006-2012):

<b>STAFF</b>	(due laureati)
<b>Reparto Radiofrequenza</b>	(tre tecnici)
<b>Reparto Elettronica</b>	(quattro tecnici)
<b>Reparto Sicurezze Linac</b>	(quattro tecnici)

**Il LINAC di DAΦNE:** l'Acceleratore Lineare (LINAC) di DAΦNE è lungo circa 60 m. La frequenza di lavoro delle 16 sezioni acceleranti è 2.865 GHz (S-band), le sezioni sono lunghe tre metri ciascuna e sono pilotate da quattro Klystron da 45 MW di potenza, ognuno equipaggiato da un sistema di compressione dell'impulso RF basato sull'impiego di due cavità SLED opportunamente accoppiate. L'impulso di particelle prodotto ha una durata di 10ns con una frequenza di ripetizione di 50Hz. Un sistema di focheggiamento FODO (40 magneti quadrupoli più 12 bobine di correzione) è distribuito sull'intera lunghezza della struttura. Un gun a triodo fornisce fino a 10 A di elettroni con un'energia di 120 keV, Il fascio viene poi accelerato fino a 250 MeV dalle prime cinque sezioni fino al bersaglio di tungsteno per la produzione dei positroni con un'efficienza di circa l'1%. I positroni sono raccolti mediante una lente magnetica pulsata ad alto campo, successivamente separati dagli elettroni per mezzo di una chicane magnetica e quindi accelerati fino ad un'energia massima di circa 530 MeV nelle successive 10 sezioni acceleranti. La corrente ottenuta è circa 60 mA per impulso con l'1% di energy spread e un'emittanza trasversa  $\approx 5 \mu rad$ . Per la produzione di elettroni invece il bersaglio di tungsteno viene rimosso e gli elettroni possono essere accelerati fino ad un massimo di 800 MeV, con 150 mA di corrente per impulso, 0.5% di energy spread e  $\approx 1 \mu rad$  di emittanza.

**Dal 1997 il Linac di DAΦNE è stato in operazione 24 ore su 24 per circa 300 giorni all'anno, con un "uptime" del 90%.**

## 2000-2009

### ✚ SPARC (successivamente SPARC\_LAB)

Il fotoiniettore **SPARC (Sorgente Pulsata e Amplificata di Radiazione Coerente)** presso LNF è una "test facility" per studi di dinamica dei fasci di elettroni ad alta brillantezza in grado di pilotare una sorgente ultra brillante di radiazione coerente nella regione spettrale VUV ed X mediante Laser ad Elettroni Liberi a singolo passaggio (SASE\_FEL). Primi obiettivi principali sono stati la generazione di fasci di elettroni con alta corrente di picco, basse emittanza e dispersione di energia, e l'osservazione di armoniche risonanti di ordine superiore nel processo radiativo SASE-FEL [55]. Il fotoiniettore consiste in un cella RF, equipaggiata con un fotocatodo di tipo metallico, in grado di fornire un fascio di elettroni di circa 6 MeV che viene accelerato e focheggiato nelle successive tre sezioni acceleranti, (lunghe ciascuna 3 m), fino all'energia di 150 MeV, con una corrente media nell'impulso di circa 110 A. L'esperimento FEL-SASE è realizzato inviando il fascio di elettroni in un ondatore a magneti permanenti, (lungo circa 13 m), al fine di osservare la crescita esponenziale della potenza della radiazione coerente emessa alla lunghezza d'onda di 530 nm. È stato inoltre possibile lo studio delle potenzialità e caratteristiche del sistema di compressione RF e a SPARC è stata ottenuta per la prima volta una significativa compensazione dell'emittanza trasversa durante il processo di compressione RF [69].

Personalmente mi sono occupata sin dall'inizio dello studio della dinamica del fascio con particolare riguardo a:

- a) ottimizzazione del canale di diagnostica ad alta energia (dopo averlo progettato e realizzato) per lo studio della dinamica del fascio al fine della caratterizzazione dello spazio delle fasi esadimensionale [A10].
- b) studio, progettazione e realizzazione di un canale di test parallelo all'ondulatore provvisto di un sistema di compressione magnetica (*chicane*) per studi sugli effetti della Radiazione Coerente di Sincrotrone e dell'instabilità di "microbunching" [A8].

- a) La **caratterizzazione del fascio** prodotto dal fotoiniettore, mediante la misura della corrente di picco, dell'emittanza e dello spread di energia, è di fondamentale importanza per il raggiungimento e la misura dei valori richiesti dal progetto. Mediante l'impiego di un deflettore RF a multicella, progettato e realizzato presso i nostri Laboratori, che proietti la distribuzione longitudinale sul piano x-y di uno schermo fluorescente, è possibile misurare la dimensione longitudinale del fascio di elettroni che, nel caso di SPARC, è decisamente al di sotto dell'intervallo previsto dagli strumenti comunemente usati. Variando opportunamente le correnti dei quadrupoli si ottiene inoltre la misura dell'emittanza nei due piani trasversi dello spazio delle fasi. Infine combinando il deflettore RF con un sistema dispersivo, quale un magnete curvante, si ottiene la proiezione dello spazio delle fasi longitudinale sul piano x-y dello schermo, ossia la ricostruzione completa dello spazio delle fasi esa-dimensionale.

**I risultati di questo studio sono stati da me presentati alla conferenza EPAC 2008 e 2004 [79,115].**

- b) Lo studio della **compressione magnetica** è molto importante in vista del suo impiego per una sorgente di radiazione X coerente. Al crescere dell'energia del fascio e del fattore di compressione, l'effetto delle **Radiazione Coerente di Sincrotrone (CSR)** provoca un aumento dell'emittanza del fascio compresso, con conseguente detrimento dei parametri del fascio necessari all'emissione SASE. L'effetto può essere contenuto mediante l'ottimizzazione delle funzioni ottiche del canale, di qui la necessità della realizzazione del canale di test del quale mi sono occupata.

**Il progetto SPARC è stato da me presentato alla conferenza PAC07 [96], e alla FEL 2002 [155]**

 **PLASMONX** Come già menzionato i due scopi principali di questo progetto sono stati:

- a) studio di tecniche innovative di accelerazione di particelle elementari mediante onde di plasma ad alto gradiente eccitate dall'interazione laser-materia, sia in regime di auto iniezione sia utilizzando il fascio di elettroni ad alta brillantezza di SPARC
- b) realizzazione di una sorgente flessibile di radiazione X coerente, basata sullo Scattering Thomson fra fotoni nel visibile e elettroni relativistici.

A tale scopo un sistema laser di altissima potenza, FLAME, è stato realizzato ai LNF ed è in grado di fornire un impulso laser di lunghezza tra i 25 fs e gli 800 nm, con una potenza di 300 TW e una frequenza di ripetizione di 10 HZ. Nello stesso tempo il progetto **PLASMONX** del quale sono stata **Responsabile per i LNF** prevedeva la realizzazione di una linea di trasporto con doppia zona di interazione, per esperimenti di accelerazione a plasma e scattering Thomson, per il fascio di elettroni proveniente dal fotoiniettore di SPARC fino all'interazione con l'impulso laser di FLAME, lasciandone inalterate le caratteristiche di alta brillantezza. A questo proposito ho **progettato una linea sperimentale addizionale (SPARC fase II)**, che consiste in una *doppia "dog-leg"* di circa 12 metri, nella quale sono previsti un collimatore verticale ed un secondo deflettore RF, seguiti da due sezioni finali ultra-foccheggianti, "**strong-focusing**", nelle 2 zone di interazione, che permettono di ottenere fasci di elettroni le cui dimensioni nel piano trasverso sono dell'ordine di  $5\sim 20\ \mu\text{m}$  (rms) [102].

Per la sorgente Thomson è necessario trasportare il fascio fino alla zona di interazione lasciando inalterati i parametri ottenuti all'uscita del fotoiniettore, in un intervallo di energia di 28-150 MeV. Occorre quindi avviare nello stesso tempo sia alla crescita di emittanza dovuta all'effetto della carica spaziale (a bassa energia), che alla presenza della Radiazione Coerente di Sincrotrone (CSR) quando l'energia del fascio è di circa 150 MeV.

Per l'interazione con il plasma invece è richiesto un pacchetto di elettroni **ultracorto**,  $\sigma \sim 25\ \text{fs}$ , e con un'emittanza trasversa decisamente minore di quella del fascio prodotto da SPARC. A tale proposito ho adottato un nuovo **sistema costituito da "doppio deflettore RF + collimatore"**, nel quale è possibile selezionare una specifica e sottile ( $\sim 25\ \mu\text{m}$ ) porzione longitudinale del pacchetto [110]. Il vantaggio di questa tecnica consiste nel fatto che non è necessario introdurre un'ulteriore correlazione fra energia degli elettroni e loro posizione longitudinale nel pacchetto, "energy- spread" correlato, quale invece è richiesta nel sistema a *chicane* magnetica proposto per LCLS (Linac Coherent Light Source Project at SLAC).

Come Responsabile locale per NTA ho curato la realizzazione della linea anche dal punto di vista dell'acquisizione degli elementi magnetici, di diagnostica, vuoto ecc., e dal punto di vista dell'installazione e "commissioning" previsti per la prima metà del 2010.

Sono infatti stata nominata Responsabile Unico del Procedimento per l'acquisto di 20 Magneti Quadrupoli e 6 Magneti Dipoli per le linee di trasferimento del fascio di elettroni, mediante gara a procedura negoziata con base d'asta di Euro 330000.

**SPARX** Il progetto **SPARX (Sorgente Pulsata e Amplificata di Radiazione X Coerente)** è stato un progetto evolutivo proposto da ENEA-INFN-CNR-Università di Tor Vergata, con lo scopo di realizzare una sorgente di radiazione X coerente, lunghezza d'onda  $l \sim 40 \pm 0.6$  nm, mediante Laser ad Elettroni Liberi a singolo passaggio (SASE\_FEL). I requisiti necessari del fascio di elettroni erano in questo caso una corrente di picco dell'ordine di  $1 \div 2.5$  kA, emittanza proiettata di circa 2 mm mrad ( $1 \mu$  rad "slice"), dispersione di energia dell'ordine di  $\Delta\gamma/\gamma = 0.1$  % ( $< 3 \times 10^4$  "slice"), ed energia di  $1 \div 2.5$  GeV; per ottenerli si possono adottare essenzialmente due schemi: uno che includa sia la compressione RF che la compressione magnetica, e l'altro che preveda il solo impiego di chicane magnetiche [96]. Due fasi di progetto erano previste per un'energia massima del Linac di 1 GeV all'inizio e 2.5 GeV successivamente. Il fotoiniettore SPARC ha fornito l'apparato sperimentale per lo studio della tecnica di compressione RF e degli effetti degradanti per il fascio generati dalla compressione anche magnetica dovuti alla CSR e all'instabilità di "microbunching".

**Il mio lavoro è consistito nel disegno, progettazione e ottimizzazione dell'intero canale di trasporto, compressione ed accelerazione del fascio di elettroni** ottenuto adottando e comparando i due possibili schemi di compressione (RF e magnetica). **Il tratto di macchina considerato andava dal fotoiniettore fino all'ingresso dell'ondulatore, (per una lunghezza di circa 300 m).** La simulazione mediante l'impiego di codici numerici ha avuto come scopo la verifica aspetti di dinamica non lineare e degli effetti di radiazione coerente di sincrotrone, di rugosità superficiale sulle caratteristiche del fascio. Inoltre la stabilità del canale rispetto a tutti i possibili errori e fluttuazioni di fase, sincronizzazione e allineamento, è stata per me oggetto di studio dettagliato al fine di aumentare al massimo le tolleranze della macchina nel rispetto delle prestazioni richieste.

**Un lavoro generale sul progetto SPARX è stato da me presentato alle conferenze FEL 04 e FEL 02 [132,153], e PAC07, PAC05, PAC03 [96,119,134,145].**

I primi risultati del lavoro di ottimizzazione, riguardanti le fluttuazioni temporali di propagazione del fascio, e le possibili configurazioni per la macchina sono state da me presentati all'ESFRI-FEL Workshop, (European Strategy Forum on Research Infrastructures), sul tema "R&D Challenges of 2nd Generation FELs", tenutosi presso i Laboratori di Daresbury (UK), 17-19 Febbraio 2003.

Particolare attenzione è stata da me dedicata allo studio dell'instabilità di "microbunching" effetto per il quale un'eventuale modulazione di densità longitudinale presente nel pacchetto di elettroni all'uscita dal catodo si tramuta in modulazione di energia lungo i tratti dritti e nelle sezioni acceleranti a causa della Carica Spaziale Longitudinale (*Longitudinal Space Charge LSC*), e la stessa modulazione di energia viene poi ritrasferita sulla distribuzione longitudinale delle particelle al passaggio del fascio in un compressore magnetico, distruggendo così le caratteristiche del pacchetto necessarie alla saturazione SASE nell'ondulatore.

**I risultati di questo lavoro sono da me riportati alla conferenza IPAC 2010 e pubblicati in "First simulations results on laser pulse jitter and microbunching instability at SPARXINO" [90].**

Successivamente l'effetto della microbunching instability è stato affrontato in dettaglio per il caso della compressione RF e i risultati sono riportati nella referenza **A8**.

**MICE** Fra il 2000 e il 2001 ho partecipato allo studio (R&D) sulla fattibilità di una **Neutrino Factory** per la generazione di fasci intensi di neutrini provenienti dal decadimento dei muoni accumulati in un anello di accumulazione.

**Personalmente mi sono occupata del disegno e dell'ottimizzazione di un canale di cooling in grado di raffreddare efficacemente muoni con diverso momento (140÷240 MeV)**

Una simile sorgente di neutrini permetterebbe lo studio dell'oscillazione del neutrino inclusa anche la violazione leptonica della CP. Il lavoro svolto in questi anni, (il contributo del gruppo di Frascati è stato da me presentato alla conferenza EPAC 2002 [160] e al MICE Collaboration Meeting Oct. 2004, RAL, Oxford, UK), ha portato, nel gennaio del 2003, alla proposta dell'esperimento MICE\* (International

---

\* il gruppo MICE è una collaborazione internazionale di oltre quaranta fra laboratori e università, fra i quali CERN, KEK, Argonne, LBL e Brookhaven.

**Muon Ionization Cooling Experiment** ). Il **raffreddamento per ionizzazione dei muoni** risulta essere un elemento importante per la fattibilità e il costo di una Neutrino Factory, tanto da motivare un programma internazionale di ricerca e sviluppo, con annessa verifica sperimentale. Scopo dell'esperimento è dimostrare che è possibile disegnare e costruire un canale di "cooling" per muoni, in grado di soddisfare le richieste di una Neutrino Factory, per poi iniettarvi un fascio di muoni e misurarne l'efficienza in differenti configurazioni al fine di evidenziare limiti e aspetti pratici del cooling stesso. Il gruppo MICE, del quale faccio parte, ha disegnato un esperimento, nel quale un fascio di muoni viene iniettato in un canale di raffreddamento per ionizzazione.

**Il canale da me proposto** prevedeva assorbitori ad Idrogeno liquido per diminuire l'energia delle particelle e cavità RF ad alto gradiente per riaccelerarle, il tutto all'interno di un campo magnetico solenoidale focheggiante di segno costante. La misura della riduzione dell'emittanza è effettuata per mezzo di spettrometri con una precisione di  $\pm 0.1\%$ . Il risultato del lavoro di ottimizzazione, da me ottenuto, è una riduzione dell'emittanza trasversa di circa il 10% per muoni con momento fra 140 MeV e 240 MeV.

## 1991-2004

**DAΦNE** Partecipo al progetto della **Φ-Factory** sin dal suo inizio (1991). La Φ-Factory DAΦNE consiste in un collisore a doppio anello di accumulazione, per elettroni e positroni, ad altissima luminosità, per la produzione di mesoni K – Fino a tutto il 2004 tre esperimenti sono stati presenti: KLOE, per la misura della violazione di CP nel decadimento dei mesoni K, DEAR per lo studio di atomi esotici generati dall'interazione kaone-elettroni della shell di idrogeno o deuterio, e FINUDA per lo studio di ipernuclei Lambda e loro decadimento non mesonico. Attualmente è in corso la seconda parte della presa dati dell'esperimento KLOE.

a) **Durante la fase iniziale di progetto della Φ-Factory mi sono dedicata alla progettazione, realizzazione ed installazione del sistema da vuoto.** Esso rappresenta un aspetto fondamentale per l'operazione della macchina ad alta corrente; deve infatti essere in grado di garantire un vuoto dell'ordine di 1 nTorr, (CO eq.), in presenza di circa 5 A di fascio circolante. L'intero sistema da vuoto della macchina si divide in tre parti: TRANSFER LINES, DAMPING RING e MAIN RINGS.

**Personalmente mi sono occupata del progetto per le Transfer Lines ed i MAIN RINGS [D6-D11].**

Nel primo caso ho impiegato tecnologia di ultra-alto-vuoto convenzionale. Nei Main Rings invece, l'alto carico di Radiazione di Sincrotrone, prodotta dal fascio, che determina l'effetto di fotodesorbimento dalle pareti della camera da vuoto, la ridotta lunghezza dei due anelli principali, (circa 100m), e l'esiguità dello spazio disponibile vicino alla camera da vuoto, hanno reso il progetto del sistema da vuoto una vera e propria sfida tecnologica [161] (**lavoro da me presentato alla conferenza PAC93**). A questo proposito ho progettato e collaudato un prototipo di pompa a Sublimazione di Titanio capace di fornire in poco spazio un'elevata velocità di aspirazione ( $S \approx 2000 \div 3000$  l/s), garantendo allo stesso tempo un'alta capacità di aspirazione ( $Q \approx 4.4$  Torr l), al fine di ridurre al minimo gli interventi sulla macchina per la rigenerazione della pompa stessa, (circa ogni due settimane di operazione con il massimo della corrente accumulata), ed un anno di operazione a pieno regime prima della sostituzione degli elementi di Titanio. **Il lavoro è stato da me presentato alla conferenza EPAC96, tenutasi a Sitges [180].** I risultati ottenuti in operazione con il sistema da vuoto sono stati in accordo con i valori di progetto [167,169], così come è risultata pienamente soddisfacente la capacità di recupero del sistema nei casi verificatisi di rottura accidentale del vuoto (Aprile 2000), o di apertura programmata della camera da vuoto per gli interventi di sostituzione degli apparati ecc. [165].

b) **Contemporaneamente mi sono occupata degli effetti sul fascio di elettroni dovuti all'Ion Trapping Effect (intrappolamento degli ioni dei gas residui dovuto agli alti campi elettrici generati dal fascio di elettroni), e della progettazione e realizzazione di un sistema di elettrodi pulitori, (Clearing Electrodes).**

L'Ion Trapping Effect causa effetti particolarmente indesiderati come la riduzione della vita media, il "tune shift", la limitazione sulla corrente massima iniettata nell'anello e l'aumento incontrollato delle dimensioni del fascio. Il **sistema di elettrodi pulitori, (Clearing Electrodes)**, permette di eliminare gli ioni mediante l'applicazione di opportuni campi elettrici. All'inizio del progetto ho dedicato ampio spazio allo studio del campo e del potenziale elettrici generati dagli elettroni del fascio accumulato ed al moto delle particelle intrappolate. Partendo dall'analisi del moto degli ioni catturati ho disegnato il sistema di elettrodi ed approntato un codice numerico per la soluzione delle equazioni del moto degli ioni in presenza degli elettrodi per simulare e verificare l'efficacia del sistema. [D6]. Per la realizzazione degli elettrodi ho studiato in modo molto accurato il progetto esecutivo, al fine di evitare effetti deleteri sulla stabilità del

fascio circolante, come la diminuzione dell'apertura fisica della macchina e l'intrappolamento di modi risonanti che possano rendere instabile il fascio circolante.

**c) Mi sono inoltre dedicata all'analisi di una configurazione di Beam Position Monitor**

che, in prossimità della sezione di interazione di DAΦNE, permettesse la rilevazione contemporanea dei due fasci di elettroni e positroni all'interno della stessa camera da vuoto. Nel caso di un solo fascio dalle curve ottenute con la calibrazione del set di elettrodi a bottone che costituiscono il beam position monitor, è possibile ottenere una relazione polinomiale fra il segnale rilevato sui bottoni e la posizione del fascio all'interno della camera; in base al principio di sovrapposizione degli effetti dovuti a due fasci presenti contemporaneamente, ho ricavato una seconda espressione che esprime la relazione fra le posizioni delle due sorgenti ed il segnale rilevato su ogni elettrodo. **Il lavoro è stato da me presentato al 7th Beam Instrumentation Workshop (BIW 96) Argonne, Illinois [179]**

**d) Dal settembre 1997 ho partecipato al commissioning dei Main Rings di DAΦNE**, cui fanno riferimento le tappe raggiunte in questo periodo: dalla prima iniezione ed accumulazione dei fasci di elettroni e positroni fino alle collisioni con una luminosità dell'ordine di  $10^{30} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$  nella configurazione "multibunch", in una zona di interazione "day-one" provvisoria, prima dell'installazione del rivelatore KLOE [178]. Dal Marzo 1999 accanto ai risultati ottenuti con le collisioni dei fasci di elettroni e positroni dopo l'installazione dell'esperimento KLOE, il raggiungimento di valori sempre più alti di corrente accumulata nei due fasci ha permesso di **collaudare con successo il sistema dei Clearing Electrodes**, in condizioni operative vicine a quelle di progetto [174]. Per quanto riguarda il **sistema da vuoto**, il condizionamento ha permesso di verificarne le prestazioni in condizioni vicine a quelle di progetto con **risultati in ottimo accordo con i valori previsti [167,169]**.

**e) Durante la fase conclusiva del commissioning del sistema da vuoto della Φ-factory, la mia attività si è incentrata sullo studio della dinamica di particella singola, in relazione al problema dell'accoppiamento del moto di betatrone nei due piani trasversi, per entrambi i fasci di elettroni e positroni.**

**f) Personalmente mi sono occupata del calcolo della correzione dell'accoppiamento**

sia con l'impiego di quadrupoli "skew" distribuiti lungo l'anello, sia usando il campo magnetico dei solenoidi compensatori vicini alla zona di interazione di KLOE. La seconda soluzione è stata poi adottata portando ad un valore finale dell'accoppiamento del 0.2% [1168, D4].

Le differenze fra i valori della luminosità di singolo bunch ottenuti prima e dopo l'inserimento del magnete dell'esperimento KLOE, hanno evidenziato la necessità di un'analisi approfondita delle possibili sorgenti di accoppiamento nei due anelli. La diminuzione di luminosità, ascrivibile al fenomeno dell'accoppiamento, può scaturire sia da un aumento della dimensione verticale dei fasci al punto di incrocio, sia da un eventuale angolo fra i piani di oscillazione dei fasci collidenti. Sorgenti di accoppiamento sono state individuate sia nel disallineamento del tripletto della zona di interazione dell'esperimento Kloe, sia nel fatto che, nella seconda zona di interazione della macchina, i fasci circolanti compiono una traiettoria fuori asse e sono verticalmente separati.

**g) Dalla fine del 2002 mi sono occupata di dinamica non lineare ed in modo particolare dell'ottimizzazione dell'"apertura dinamica" dei fasci circolanti.**

Per quanto riguarda la fisica della macchina l'apertura dinamica è la massima oscillazione stabile di betatrone per una particella circolante in un anello di accumulazione in presenza di campi non lineari. Scopo del lavoro di ottimizzazione dell'apertura dinamica è ottenere un valore maggiore o almeno confrontabile con l'*apertura fisica* della macchina, determinata dalle dimensioni della camera da vuoto, ed aumentare così la vita media dei fasci collidenti. Tale apertura dinamica è limitata dagli effetti non lineari presenti nella struttura magnetica di ogni macchina. La principale sorgente di non linearità è dovuta alla presenza di elementi sestupolari, che vengono impiegati per la correzione del cromatismo, ovvero della differenza di focalizzazione nelle lenti quadrupolari per differenti valori di energia delle particelle. Da una vasta campagna di misure effettuate verso la fine del 2000 ed i primi mesi del 2001 un'altra sorgente di non linearità è stata individuata nei magneti wiggler degli anelli principali. I termini multipolari di ordine superiore presenti nel campo magnetico dei wiggler, sovrapposti all'oscillazione orizzontale della traiettoria del fascio al loro interno, hanno come risultante principale una componente cubica (di ottupolo) del campo magnetico. Questo termine non lineare limita l'apertura dinamica, l'efficacia della collisione fra i due fasci e la loro vita media, aspetto questo strettamente connesso con il livello dei fondi e con il rapporto "segnale-rumore" presenti nella presa dati degli esperimenti.

**Il lavoro è stato da me presentato alla conferenza PAC 2001, tenutasi a Chicago [161].** Nel Gennaio del 2002 tre magneti ottupolari sono stati installati in entrambi gli anelli principali al fine di limitare gli

effetti dovuti alle non linearità presenti.

**Mi sono occupata di calcolare varie possibili configurazioni di ottupoli e sestupoli che portassero ad un aumento dell'apertura dinamica e della vita media.**

I primi risultati delle misure effettuate sono risultati essere in accordo sia con le previsioni analitiche che con le simulazioni numeriche. Per entrambi gli esperimenti installati, KLOE e DEAR, il lavoro di ottimizzazione è stato effettuato anche e soprattutto durante la presa dati e ha portato a circa un 15% di aumento della vita media e ad un 30% di aumento dell'accettazione in energia, il tutto senza detrimento della luminosità.

**Ho presentato questo lavoro alla conferenza EPAC 2002, [156].** Durante la fermata dei primi mesi del 2003 tutti i magneti wiggler dei due anelli principali sono stati modificati al fine di ridurre i termini multipolari di ordine superiore; ciò ha permesso di aumentare l'apertura dinamica dei due fasci di circa il 50%, e di quasi raddoppiare l'accettazione in energia [157].

**h) Dalla fine del 2003 mi sono occupata dello studio delle instabilità del fascio dei positroni dovute alla formazione dell'"electron-cloud",**

ossia di una nuvola elettronica che in determinate condizioni raggiunge una densità quasi-stazionaria e ha come effetti la riduzione della vita media del fascio, lo spostamento del valore della frequenza di betatrone dal punto di lavoro, (*tune shift*), e limita il valore della corrente massima iniettata nell'anello. Gli elettroni della nuvola sono originati per fotoemissione ed emissione secondaria dalla superficie della camera da vuoto nelle sezioni curvanti, e per "multipacting" nelle sezioni dritte.

**Personalmente mi sono dedicata alla simulazione del fenomeno di accumulo della nuvola elettronica e delle instabilità nell'anello di positroni per le diverse configurazioni della macchina.**

**Contemporaneamente mi sono occupata dei test sperimentali sull'anello; i primi risultati del lavoro di simulazione insieme con i dati sperimentali sono stati da me presentati al Workshop Internazionale E-CLOUD04 tenutosi a Napa Valley, Ca [143].**

All'epoca del progetto di DAΦNE le prime simulazioni avevano previsto una presenza significativa di instabilità dovute all'electron-cloud nell'anello dei positroni, ma i codici impiegati non includevano parametri realistici come la geometria della camera da vuoto, che nel caso di DAΦNE è quanto mai complicata, l'efficienza di emissione secondaria (Secondary Emission Yield), o la riflettività dei fotoni. D'altra parte il collisore ha finora lavorato con correnti di positroni di circa  $I \sim 1$  A, raggiungendo una luminosità di picco di  $L \approx 4.5 \times 10^{32} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Tuttavia la presenza, per correnti più alte, di un'instabilità ascrivibile all'electron-cloud è allo studio. Più recentemente i codici impiegati in questo tipo di simulazione sono stati rivisti e migliorati e a questo proposito DAΦNE si presenta come un invidiabile strumento di verifica della teoria e della capacità di previsione dei codici stessi. Ciò riveste una particolare importanza sia nel caso si voglia operare la macchina con correnti maggiori di quelle raggiunte finora, sia qualora si voglia stimare l'effetto della formazione dell'electron-cloud nell'ambito dei progetti delle future macchine acceleratrici.

## 1989-1991

Dal 1989 al 1991, come borsista presso i Laboratori Nazionali di Frascati mi sono occupata della produzione e caratterizzazione di **film sottili di materiali superconduttori** in vista del loro impiego in cavità acceleranti. I campioni sono stati realizzati mediante "magnetron sputtering" sia DC che RF. Le caratteristiche elettriche dei superconduttori sono state da me misurate sia con tecniche volt-amperometriche sia con tecniche induttive, anche in presenza di intensi campi magnetici statici. In questo ambito ho allestito un sistema automatico di acquisizione dati. Il comportamento in radiofrequenza dei film superconduttori è stato studiato con l'impiego di una cavità superconduttrice cilindrica, con caratteristiche ben note, che permettesse di apprezzare le variazioni dovute alla presenza del differente materiale superconduttore [195]. Nell'ambito di questa attività ho poi affrontato i problemi di realizzazione, trattamenti superficiali e misure di cavità acceleranti superconduttrici a 500 MHz [193].

## Tesi di Laurea 1986-1988

Il lavoro di tesi è stato svolto presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN utilizzando le linee di luce degli apparati sperimentali del laboratorio PULS. Durante l'elaborazione della tesi sperimentale ho avuto modo di fare esperienza con la tecnica di spettroscopia di fotoemissione con luce di sincrotrone, le tecniche di ultra-

alto vuoto e di evaporazione "in situ" di Si e Ge su composti III-V [67]. Ho inoltre elaborato sull'IBM 4381 dell'Istituto di Astrofisica Spaziale di Frascati un programma di analisi dei dati di fotoemissione acquisiti.

Ulteriori informazioni possono essere richieste, qualora desiderate, alle seguenti persone:

- Prof. Luigi Palumbo Prof. presso il Dipartimento di Energetica dell'Università degli Studi "La Sapienza" di Roma
- Dr. Alessandro Variola Machine Leader ELI-NP GBS, INFN-LNF
- Dr. Luca Serafini Responsabile Scientifico ELI-NP GBS, INFN Milano
- Dr. Massimo Ferrario Responsabile di SPARC\_LAB presso LNF

Frascati, 5 Maggio 2016

Cristina Vaccarezza