

LA-UR- 11-01829

Approved for public release;
distribution is unlimited.

Title: Nuclear Science User Program

Author(s): Stephen Wender

Intended for: LANSCE User Group Executive Meeting
March 7, 2011



Los Alamos National Laboratory, an affirmative action/equal opportunity employer, is operated by the Los Alamos National Security, LLC for the National Nuclear Security Administration of the U.S. Department of Energy under contract DE-AC52-06NA25396. By acceptance of this article, the publisher recognizes that the U.S. Government retains a nonexclusive, royalty-free license to publish or reproduce the published form of this contribution, or to allow others to do so, for U.S. Government purposes. Los Alamos National Laboratory requests that the publisher identify this article as work performed under the auspices of the U.S. Department of Energy. Los Alamos National Laboratory strongly supports academic freedom and a researcher's right to publish; as an institution, however, the Laboratory does not endorse the viewpoint of a publication or guarantee its technical correctness.

Nuclear Science User Program

Presentation given to the LANSCE User Group Executive Committee on March 7, 2011.
Discusses LANSCE-NS's three major experimental efforts, the new building to be constructed, and information on our user program.

Nuclear Science User Program

LANSCCE User Group Executive Committee Meeting

March 7, 2011

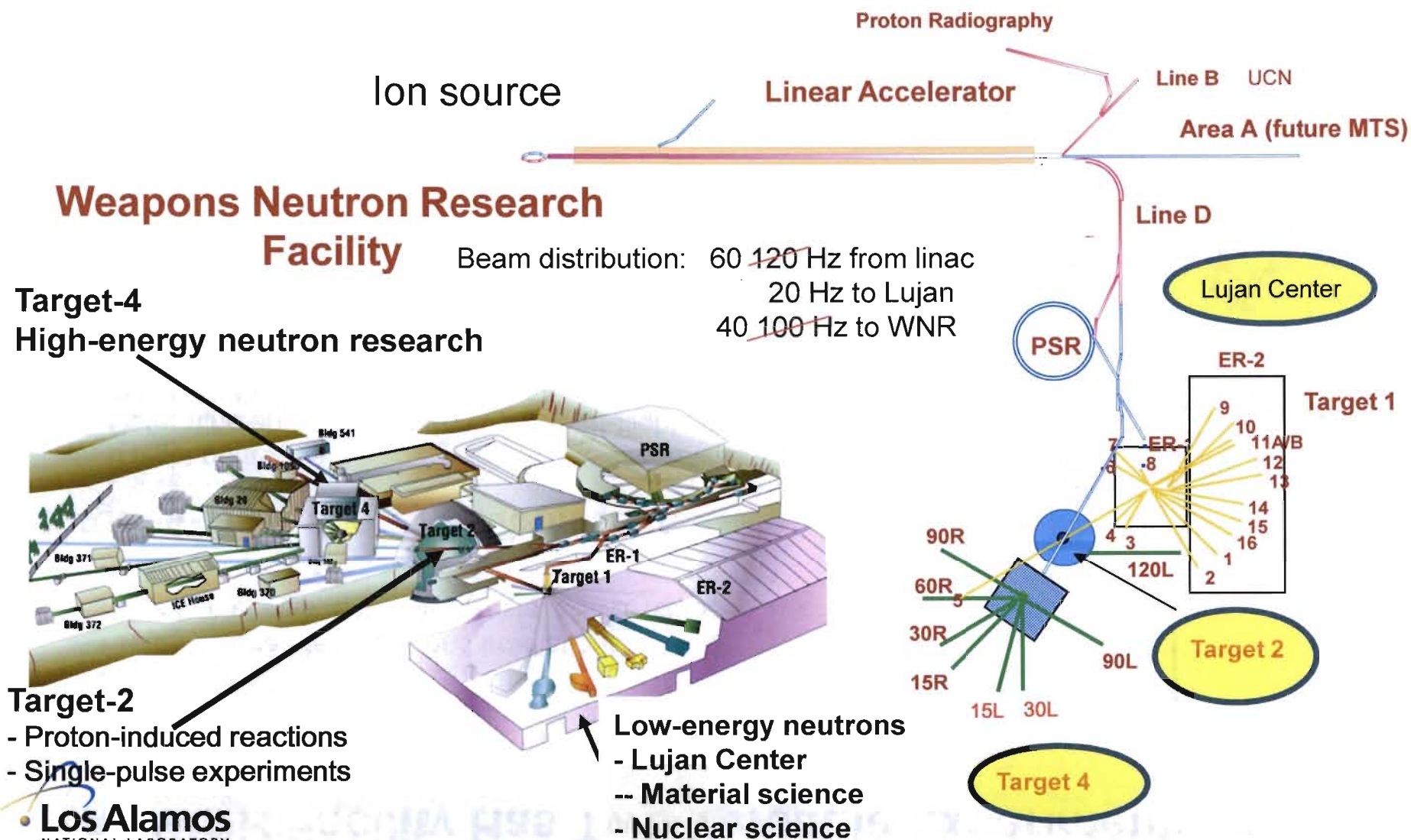
Steve Wender

**LANSCCE Nuclear Science
(LANSCCE-NS)**

Outline

- **Nuclear science facilities**
- **User program**
 - Statistics
 - User guide
 - Schedule
- **Three major experimental efforts**
 - Fission neutron output measurements (ChiNu)
 - Fission cross section measurements—Time-projection chamber (TPC)
 - Single-event effects (SEE)
- **New building at WNR**

Nuclear Science research is performed at many experimental areas at LANSCE



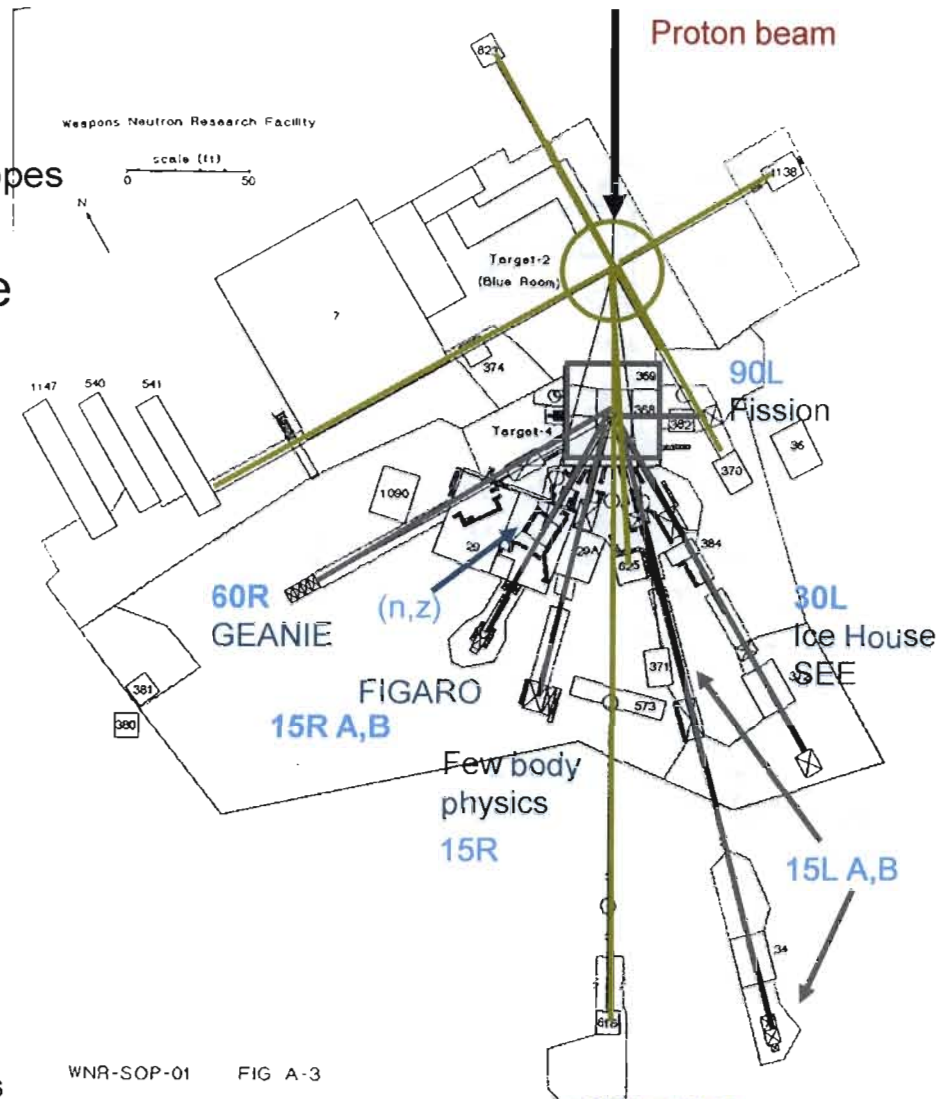
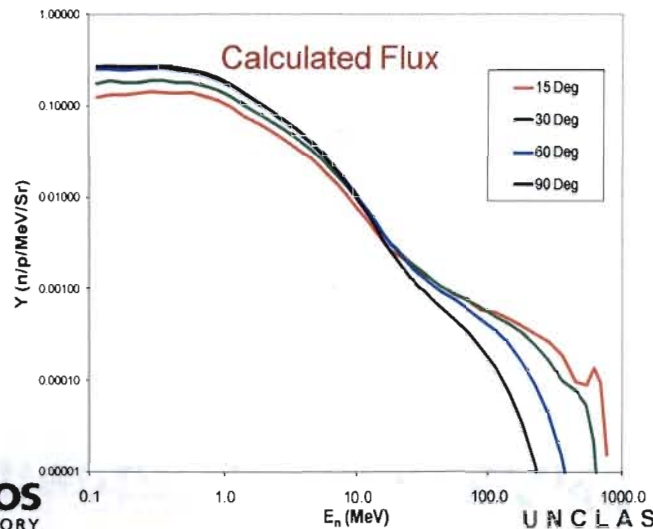
The WNR Facility Has Two Versatile Experimental Areas

• Target-2

- 5 flight paths
- Proton induced reactions and irradiations
- Radiation effects, SNS target tests, LSDS, isotopes

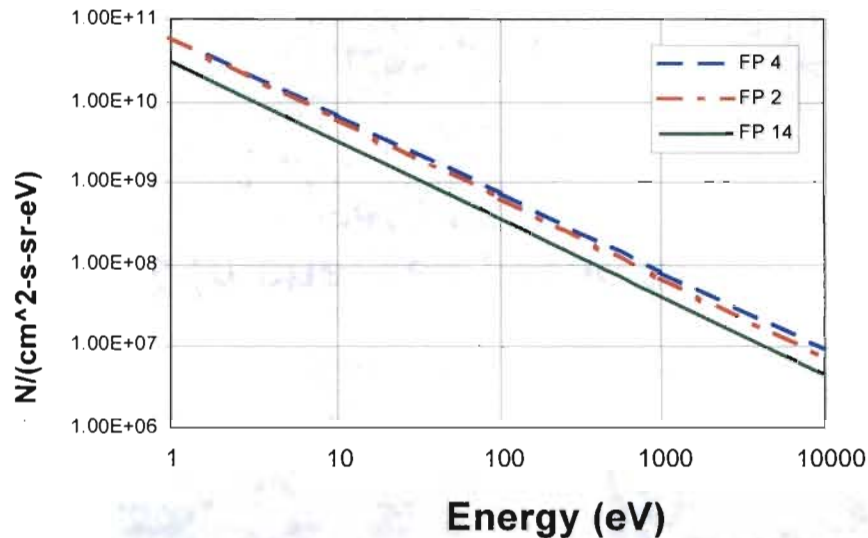
• Target-4- high-energy neutron source

- 6 flight paths
- Determine energy of neutron by time-of-flight
- GEANIE, FIGARO, (n,z), FISSION
- Few-body physics: n-p capture
- Single Event Effects: ICE house



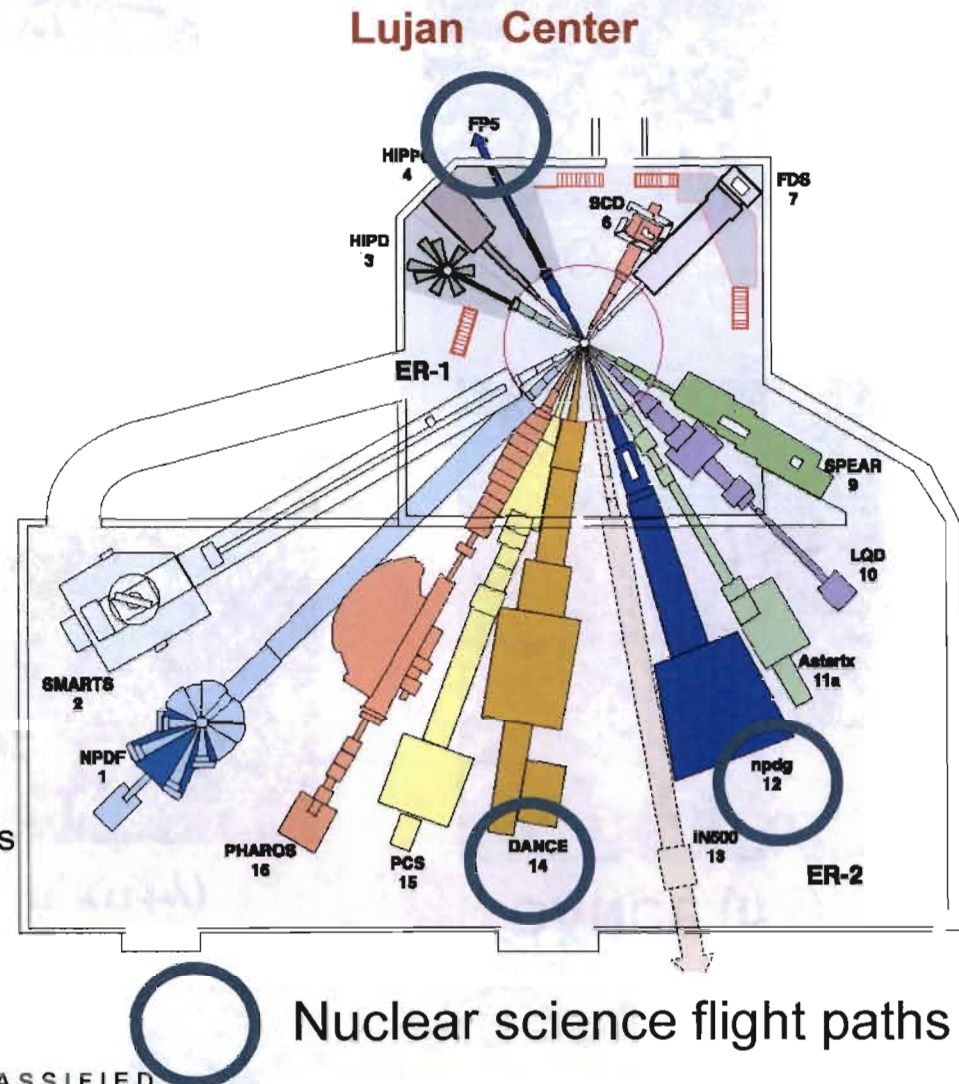
The Lujan Center Provides an Intense Source of Low-Energy Neutrons

Calculated Flux



• Three nuclear science flight paths

- FP 14 Reactions on short lived nuclei (DANCE) Radchem, AFCI, Astrophysics
- FP 12 Cold neutron, UCN source, Polarized neutrons
- FP 5 Fission, cross sections, SEE, neutron radiography



Many instruments have been developed for measurements at LANSCE

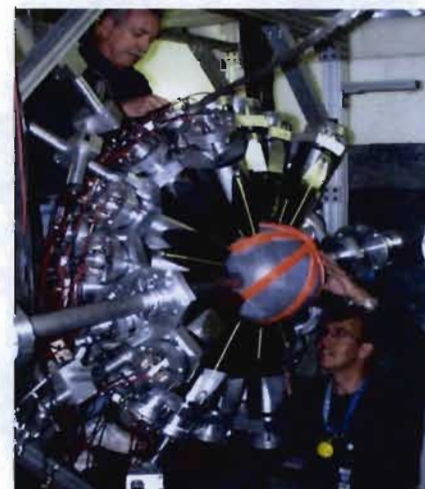
GEANIE ($n, x\gamma$)



FIGARO ($n, xn+\gamma$)



DANCE (n, γ)



N,Z (n , charged particle)



Fission

LSDS



TPC



UNCLASSIFIED

Strong collaborations with other nuclear science laboratories- CEA

Département de
physique théorique et
appliquée




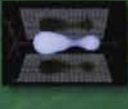


Direction des applications théoriques
Département de physique théorique et appliquée

cea

Daniel Vanderhaeghe
Chef de département

Commissariat à l'énergie atomique
Centre d'Études de Saclay
BP 15 - 91191 Gif-sur-Yvette Cedex
Tél. : 01 69 08 55 51 - Fax : 01 69 08 74 08
daniel.vanderhaeghe@cea.fr

Rapport d'activité 2006-2008

Commissariat à l'énergie atomique
Centre DAM-Île de France
Bruyères-Le-Châtel
91297- Arpajon Cedex

Etudes expérimentales de fission

Nos moyens expérimentaux nous permettent de mesurer de nombreux paramètres de la fission : sections efficaces, neutrons prompt et retardé, distribution en charge des fragments. Ces moyens sont propres au SPhI ou disponibles dans le cadre d'une collaboration avec le laboratoire de Los Alamos aux États-Unis qui dispose de la source de neutrons WPPR. Cette source fournit un spectre blanc de neutrons et permet de réaliser des mesures en fonction de l'énergie des neutrons incidents dans la gamme 1-200 MeV.

Sections efficaces de fission

De nombreuses sections efficaces sont mal connues expérimentalement, ce qui rend incertaines les évaluations. C'est le cas, par exemple, de la section efficace de fission du ^{239}Pu pour laquelle il existe une incertitude de l'ordre de 30% dans le domaine de la fission de doublement chance. Une mesure a eu lieu en 2006 et 2007 auprès de la source LANSCE/WPPR. Cette source blanche offre la possibilité de mesurer l'ensemble de la fonction d'excitation dans une unique expérience. Ces mesures se font en quatre-vingt expériences menées, avec le détecteur OSEAN. L'expérience se fait sur des temps très longs car la forte activité de cet isotope limite la masse utilisable. L'analyse de ces données est en cours de finalisation.

Le spectromètre LSSD (Lead Slowing Down Spectrometer) consiste en un massif de plomb de masse avoisinant les 20 tonnes au sein duquel sont produits des neutrons par réaction de spallation à l'aide du faisceau de protons du LANSCE à Los Alamos (Figure 3). Dans ce tel dispositif il existe une corrélation entre l'énergie et le temps de diffusion d'un neutron dans le massif. Avec une mesure d'un tel jeu de réaction en fonction du temps permet de réaliser une mesure de fonction d'excitation. L'avantage de ce système est de pouvoir réaliser des mesures de sections efficaces avec de très faibles quantités de matière, dans une gamme en énergie de 0.1 eV à 100 keV (ROMAN, DANKOFF). La faisabilité de telles mesures a été démontrée avec un échantillon de plutonium 239 de 10 mg (ROCHER). Cependant, la disponibilité de la cible est un paramètre critique sur cette expérience. Une première tentative de mesure de la section efficace de fission de ^{239}Pu a été faite en 2006 mais les conditions n'étaient pas une priorité suffisante. Finalement, la mesure sur cet isotope a été abandonnée en 2007 malgré une nouvelle programmation et des études supplémentaires sur la séparation chimique uranium-plutonium. En 2007 des simulations de fission de ce dispositif ont été effectuées pour étudier l'effet de la réflexion des neutrons par le béton et la salle d'expérience. Ces neutrons réfléchis perturbent la corrélation temps-énergie à l'intérieur du massif de plomb. La simulation de l'ajout d'un blindage neutrophage en surface de la cible par exemple permet de corriger ces effets. En 2008 nous avons pu commencer expérimentalement l'efficacité de ce blindage. À l'occasion de la campagne de tests nous avons également effectué deux tests de mesure de sections efficaces : l'un sur ^{235}U et l'autre sur le ^{239}Pu . Le premier est concluant mais pour le ^{239}Pu la section efficace de fission est très faible la statistique est beaucoup trop faible. Cette dernière mesure a été effectuée à l'aide d'un nouveau détecteur qui faisait l'objet de tests. Il s'agit d'un détecteur diamant polycristallin. Ce détecteur, qui est fourni par le CEA/Saclay/DKAT, a la propriété d'être très résistant aux dommages par irradiation neutron et expérimentateur de fission. Les essais ont confirmé cette résistance et leur aptitude à mesurer des sections efficaces dans les conditions opérationnelles du LSSD.



Figure 3
Le Lead Slowing Down Spectrometer installé au LANSCE du Los Alamos National Laboratory

Emission de particules

La mesure des neutrons et gamma émis dans la fission est d'un intérêt double. D'une part, elle est importante pour les applications de la fission, d'autre part, elle renseigne sur la dynamique de la fission, ce qui permet d'améliorer les modèles de description de ce processus. Deux types d'émission sont à considérer : l'émission prompte et l'émission retardée.

Cette dernière mesure est à proprement parler reliée au processus de fission car elle correspond à une émission par les produits de fission radioactifs. Nous favorisons la mesure dans le cadre de la collaboration COFFINU avec des physiciens de la DSM. Les expériences sont réalisées auprès de l'accélérateur d'ions ELSA du DPTA qui est équipé d'une source de rayonnement de fission. La détection des neutrons est réalisée à l'aide d'un multi-compteur (12 compteurs ^3He montés dans un massif de polyéthylène). Un certain nombre de mesures ont été réalisées (^{235}U , ^{239}Pu , ^{241}Pu) auprès de la machine ELSA. Pour chaque mesure sont évaluées les amplitudes des différents groupes en temps (à la fois). Ce type de données est important pour des applications comme l'interrogation photonique de code pour des applications liées à la sûreté du réacteur.

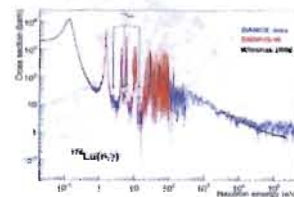


Figure 4
Spectre de la section efficace de capture neutronique du ^{176}Lu réalisée à l'aide du détecteur DANCE à LANSCE comparée avec un jeu de données plus ancien (WPPR 2006) et l'évaluation ENDF/B-VI

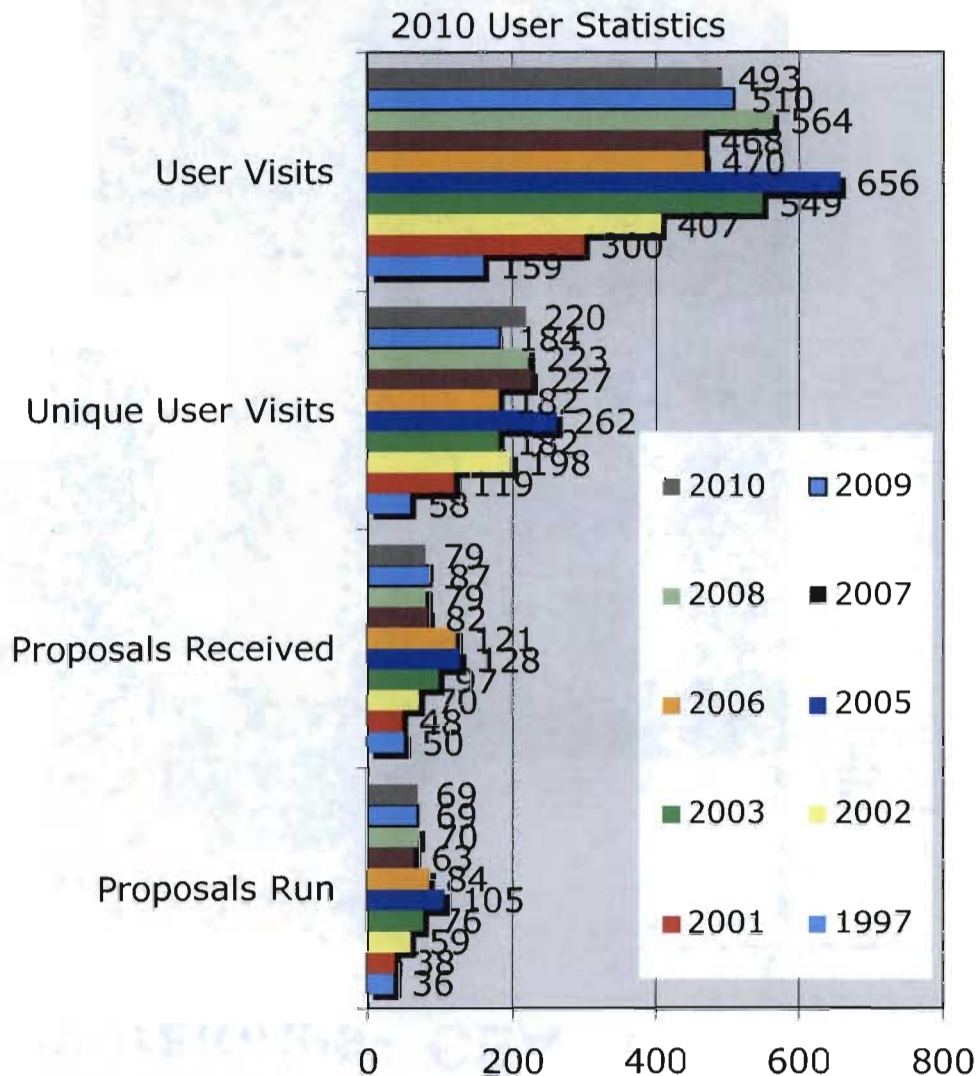
Capture radiative de neutrons par des noyaux instables

Les évaluations des données nucléaires ont besoin de données expérimentales plus complètes (noyaux instables, noyaux exotiques...) et plus précises (germe en énergie plus étendue). Actuellement, les réactions de capture radiative de neutrons sont connues pour un grand nombre de noyaux stables. Les études s'intéressent aux noyaux instables ou exotiques, qui sont présents dès lors que les flux de neutrons induisent les réactions deviennent très importants. Pour ces noyaux radioactifs, pour lesquels peu de données sont disponibles, de nouveaux instruments ont été développés tel que le détecteur DANCE installé à Los Alamos. Composé de 163 détecteurs de cristal de NaI(Tl), DANCE est le détecteur le plus efficace au monde. Il est associé à une source de neutrons de spallation qui permet d'obtenir de hauts flux de neutrons dans une large gamme en énergie. L'ensemble permet de proposer des expériences avec des

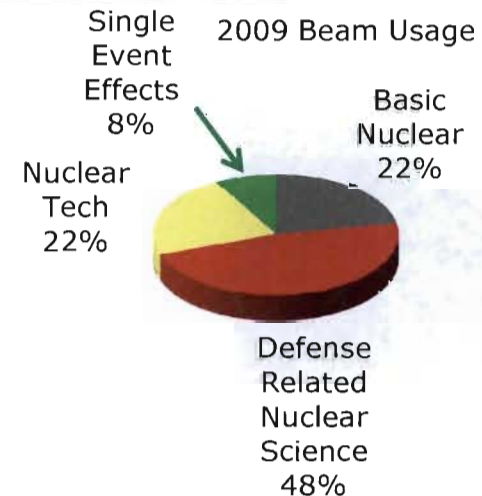
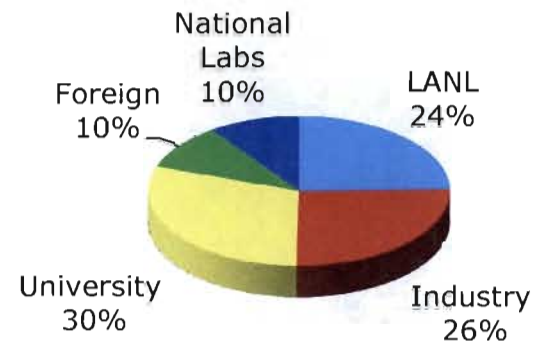


UNCLASSIFIED

Nuclear Science User Program statistics from 2010 run cycle



2009 Distribution of Unique Users



2010 run cycle is very productive with significant student participation

- **2010 run cycle: June--December 2010**
- **79 proposals received**
 - 16 Defense
 - 16 Basic
 - 27 Technology
 - 16 Single-event effects (industry)
- **339 days Defense, 329 days Basic, 532 days Technology**
 - Total 1200 days requested
- **12 students working with us this summer from Abilene Christian University, Colorado School of Mines, MIT, Houghton College, Univ. of NM, Cal Poly, Northern NM College**
- **Four student posters were selected for laboratory presentation at Laboratory-wide exhibition. One poster won a “Blue Ribbon” award.**



Daniel Pamplin



Dana Duke



Adam Silvernail



Nick Fuller



Katrina Koehler



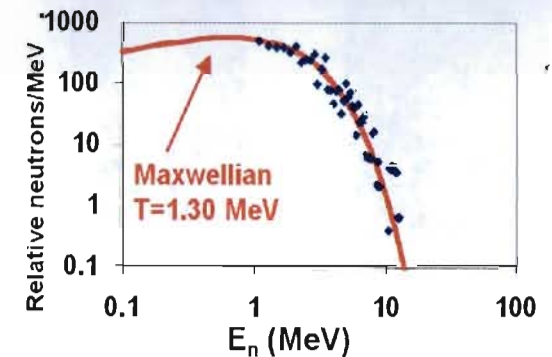
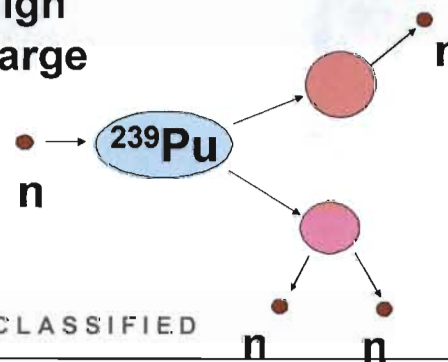
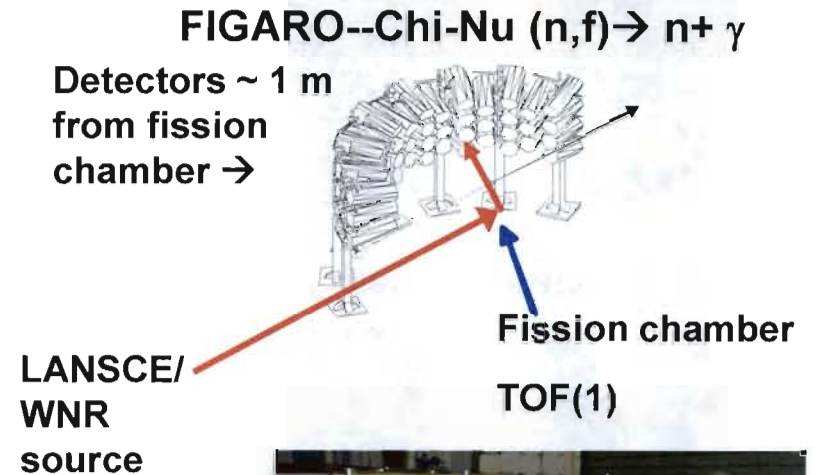
Lucas Montoya



Jennifer French

Fission neutron output measurements is a major experimental effort

- An accurate determination of the neutron output spectra following fission (chi-matrix) is important for Defense and Nuclear Energy programs
- Both the fission neutron energy spectrum and the fission cross section depend on the energy of the incident neutron
- We measure these spectra as a function of incident neutron energy by a “double time-of-flight” experiment
- Experiment is challenging because low-energy part of spectrum has large backgrounds from gamma-rays (Li-glass detectors) and high energy part has low production rate (Large number of liquid scintillators)



Higher precision is needed in $^{239}\text{Pu}(n,f)$ reaction

- Current uncertainties are 2-3% below 14 MeV and not completely understood. Goal is a 1% absolute measurement.
- Past fission measurements used ion chambers.
- Ion chambers only record pulse height and time.
- The Time Projection Chamber will not be subject to the systematic errors associated with past measurements.

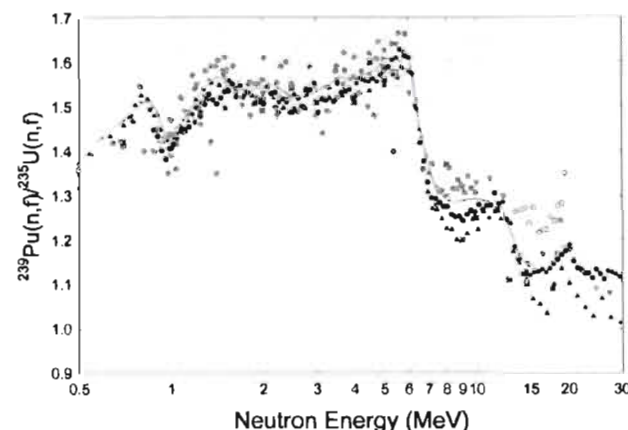
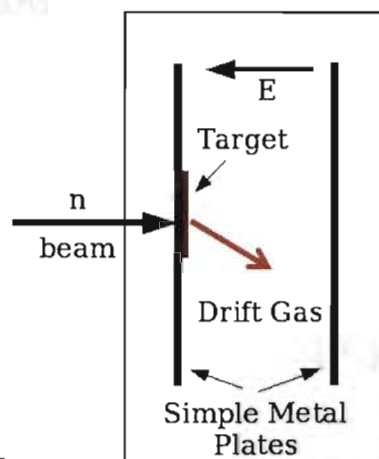
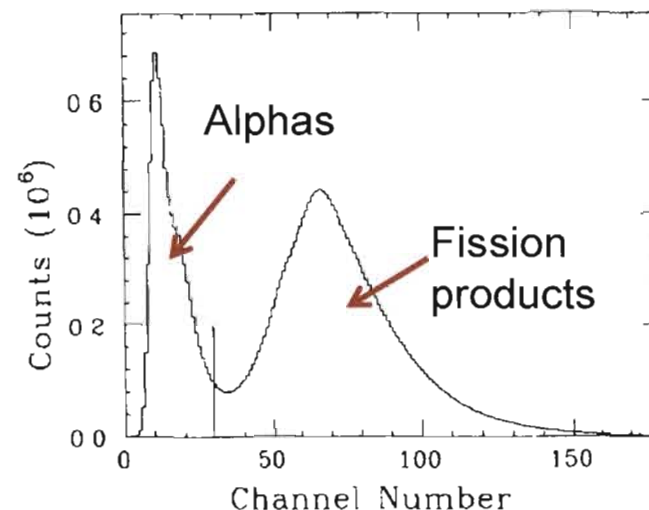


Fig. 3. Ratio of neutron-induced fission cross sections for $^{239}\text{Pu}/^{235}\text{U}$ to 30 MeV compared to other measurements (Refs. 1, 7, 8, 17, 19, 20, 23, 24, 25, 26, and 28) and ENDF/B-VI (solid line).

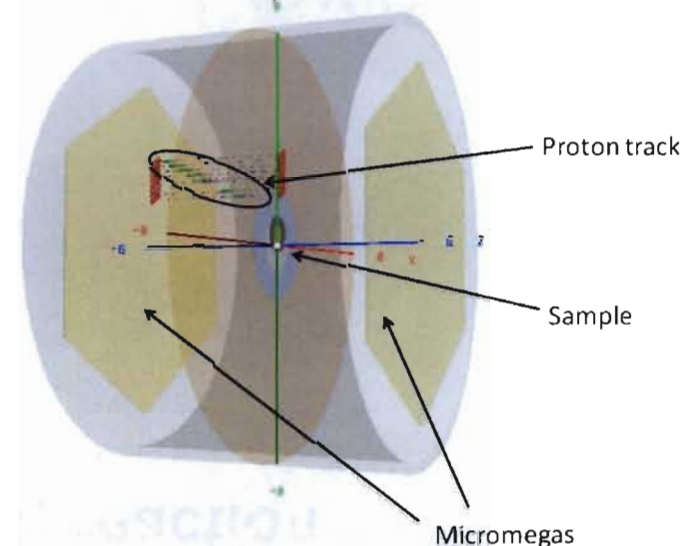
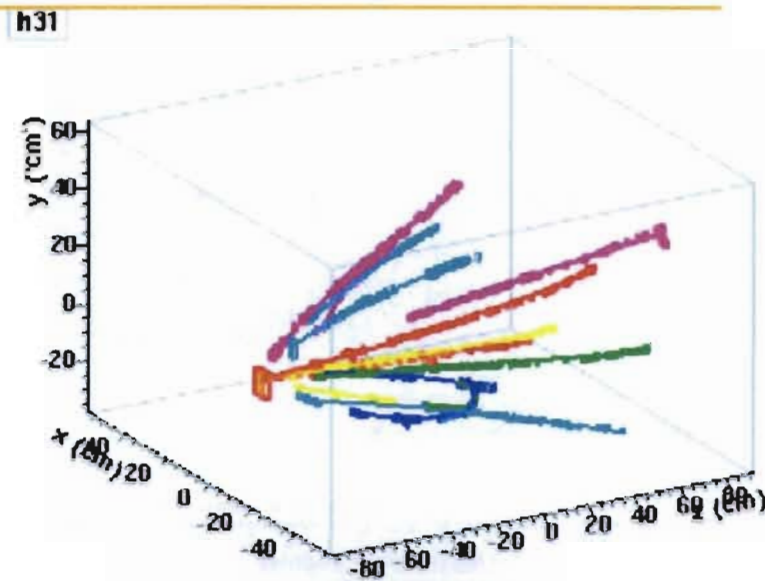
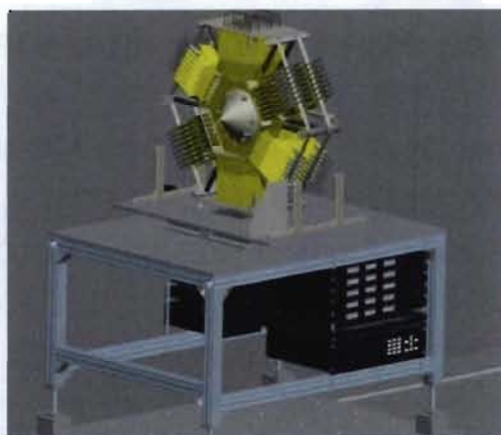


UNCLASSIFIED



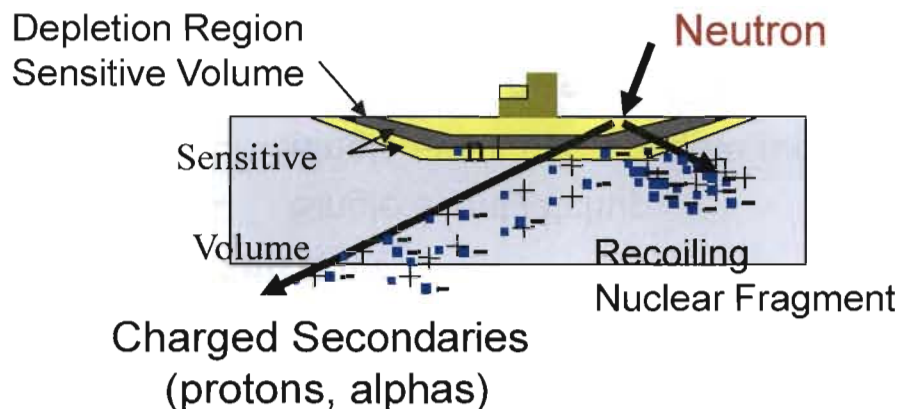
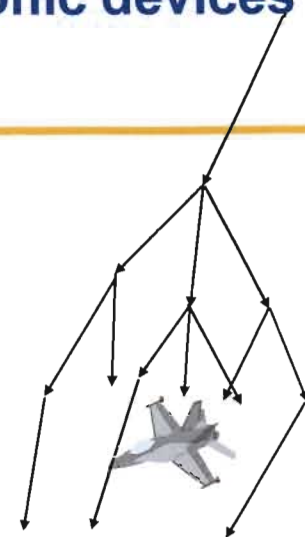
Time Projection Chamber will improve on past measurements

- TPC replaces solid charge collection foil with pixilated collection plane
- TPC allows 3-D event reconstruction
- TPC allows particle identification. Alphas are clearly differentiated from fission fragments
- TPC has been funded by WP and by DOE/NE NERI-c program. Collaboration includes 6 universities and 3 national labs



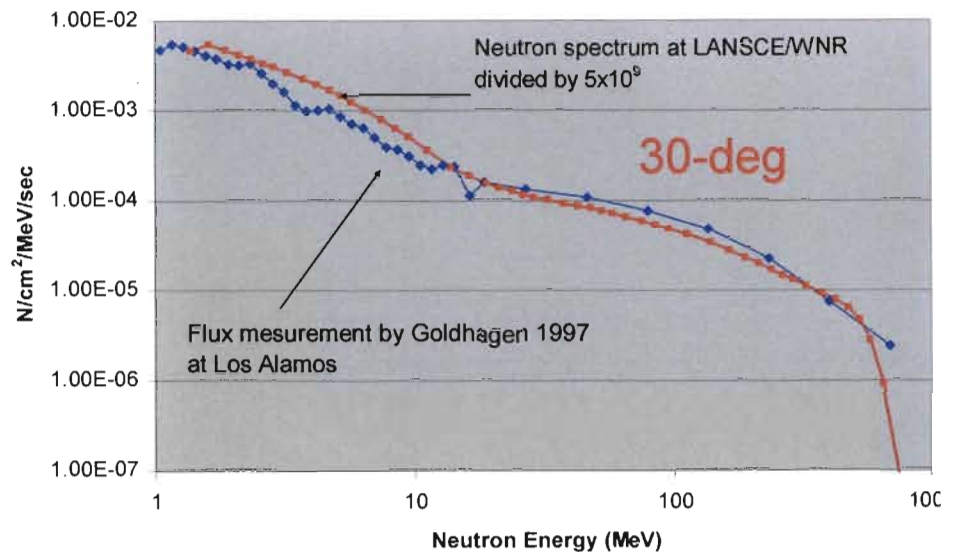
Neutron Single Event Effects (SEE) are faults in electronic devices caused by neutrons from cosmic rays

- Neutrons are produced by cosmic rays in the upper atmosphere
- Neutrons have long mean-free paths so they penetrate to low altitudes
- Neutrons interact with Si and other elements in the device to produce charged particles
- Charged particles deposit charge in the sensitive volume which can cause the state of a node to change



Neutrons induced nuclear reactions create charged particles. Generated charge collects in depletion region and generates a logic upset.

Neutron Flux at Los Alamos and LANSCE/WNR



Single-Event Effects are an important concern for the semiconductor Industry

■ Types of single-event effects

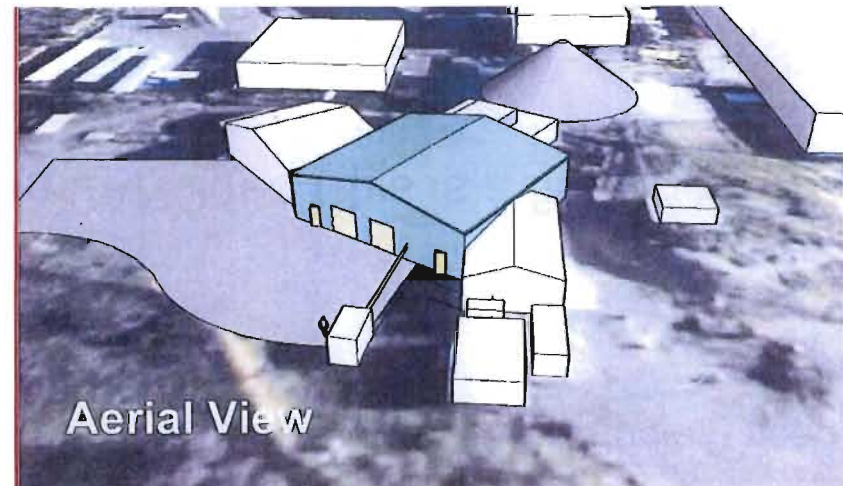
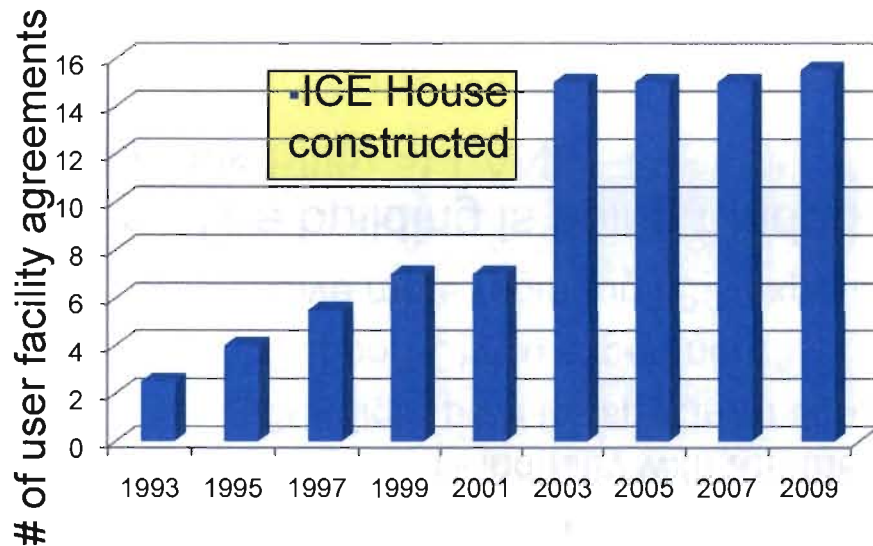
- Soft errors
 - Single event upset
 - Multiple event upset (a few % of SEU rate)
- Hard errors
 - Single event latchup
 - Single event burnup, gate rupture, etc.

■ High power devices: IGBTs

- First experiments were performed by the Boeing Co. for 777 certification
- Industry trends to lower voltages and smaller feature size are thought to increase the failure rate due to SEE – increased usage of semiconductors
- Similar devices have very different failure rates
- The failure rate due to SEU is equal to all the other failure modes combined
- “Since chip SER is viewed by many as a legal liability (something that you know may fail) the public literature in this field is sparse and always makes management nervous”. *SER History, Trends and Challenges*, James Ziegler and Helmut Puchner

Industry use of WNR for Single-Event Effects is important for semiconductor development

- At this time the ICE House is fully subscribed. Industry users would like to see our flight path booked ~ 70% of the time so that they can get time if they need it on short notice.
- We have had requests from industry for another flight path for SEU testing



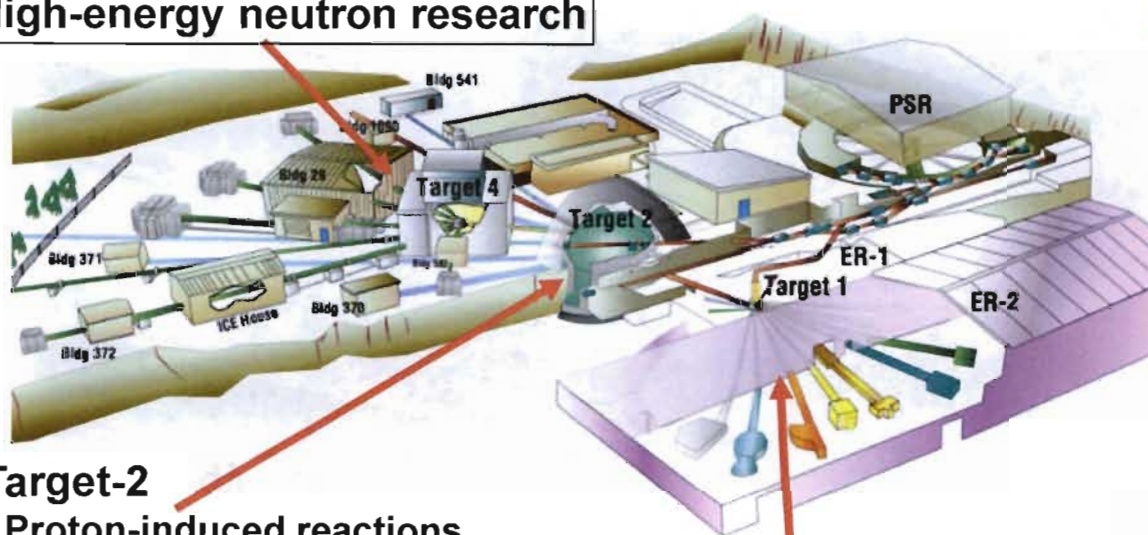
New building in WNR yard

- New building (MPF-1302) is being built to:
 - To provide industry with another flight path for single-event effect studies- need 30° flight path for spectrum shape
 - Support ChiNu experiment
 - Give more room for TPC experiment
- The building is being funded from LANS fee (this is a first!). High visibility at LANL
- Building is ~ 4000 ft² located between Target-4 shield monolith, MPF-29 and ICE House
- 5-ton crane
- Pit in floor under ChiNu flight path 7' deep, ~18 ft X 18 ft
- Building is under severe financial and time constraints (~28 weeks)
 - Total funding for building is ~\$2M (~\$500/ft²)
 - Run cycle beginning before building will be complete

Nuclear Science research is performed at many experimental areas at LANSCE

Weapons Neutron Research Facility

Target-4
High-energy neutron research

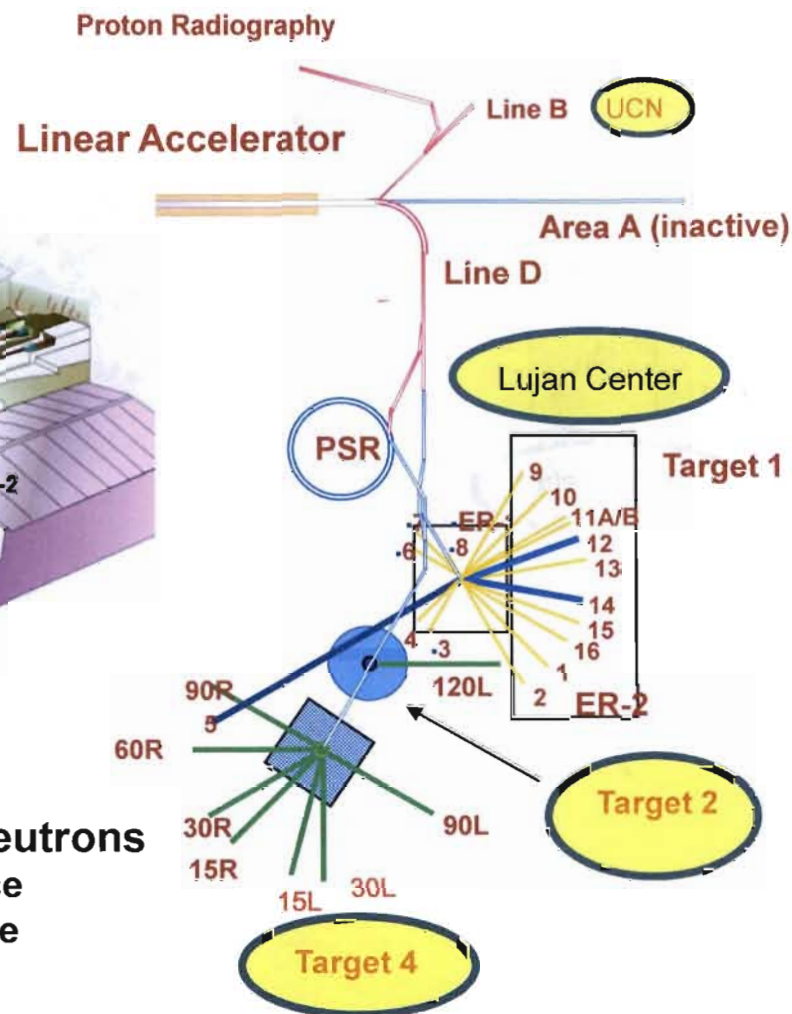


Target-2

- Proton-induced reactions
- Single-pulse experiments (Sandia)
- Lead Slowing-Down Spectrometer
- SNS target testing
- Isotope production testing

Lujan Center
Low-energy neutrons

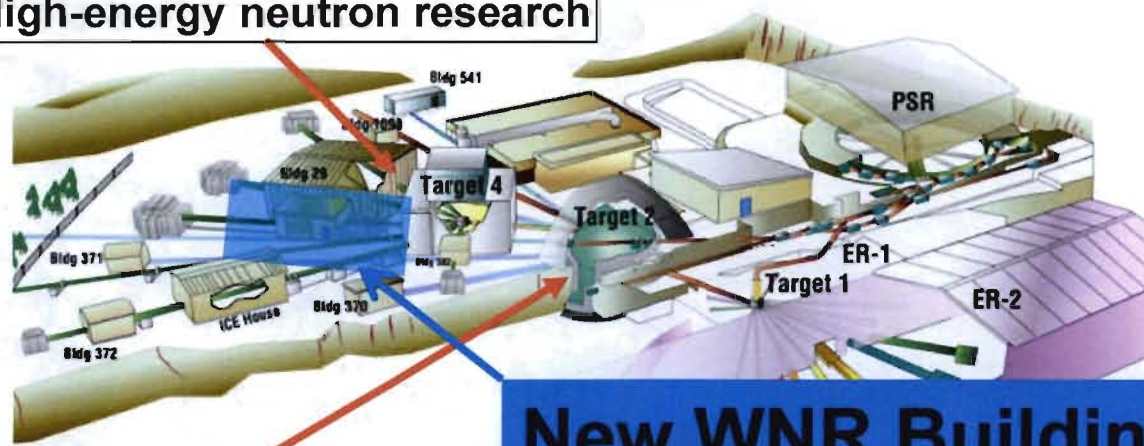
- Material science
- Nuclear science



Nuclear Science research is performed at many experimental areas at LANSCE

Weapons Neutron Research Facility

Target-4
High-energy neutron research

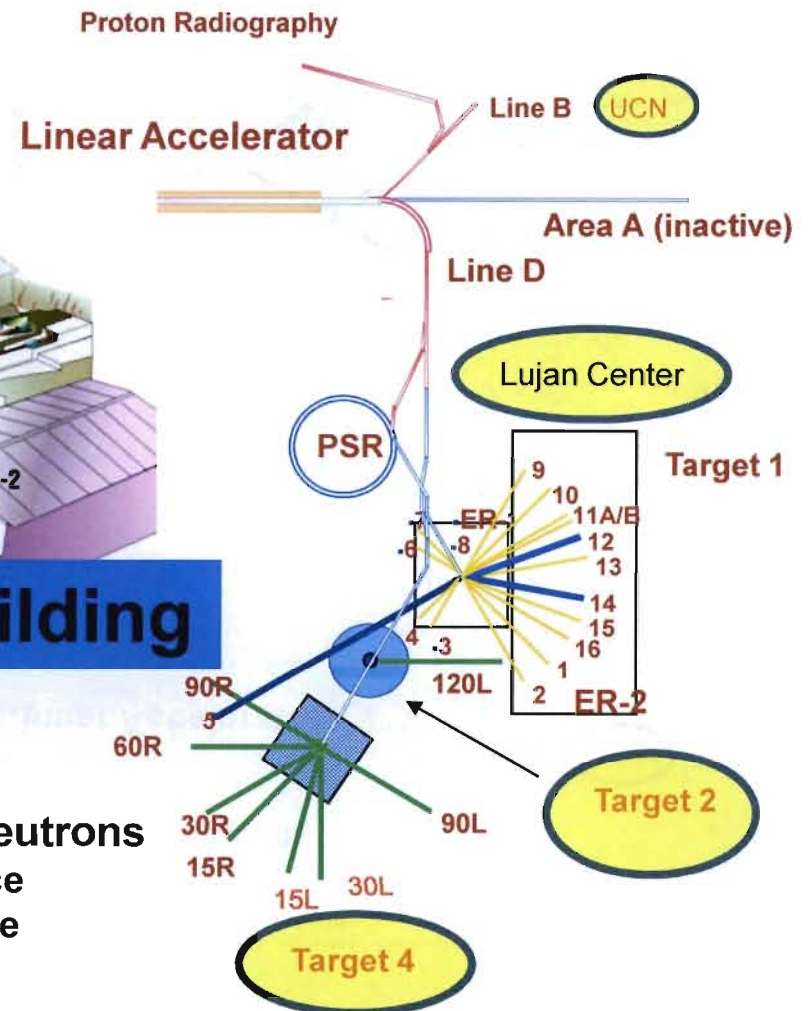


Target-2

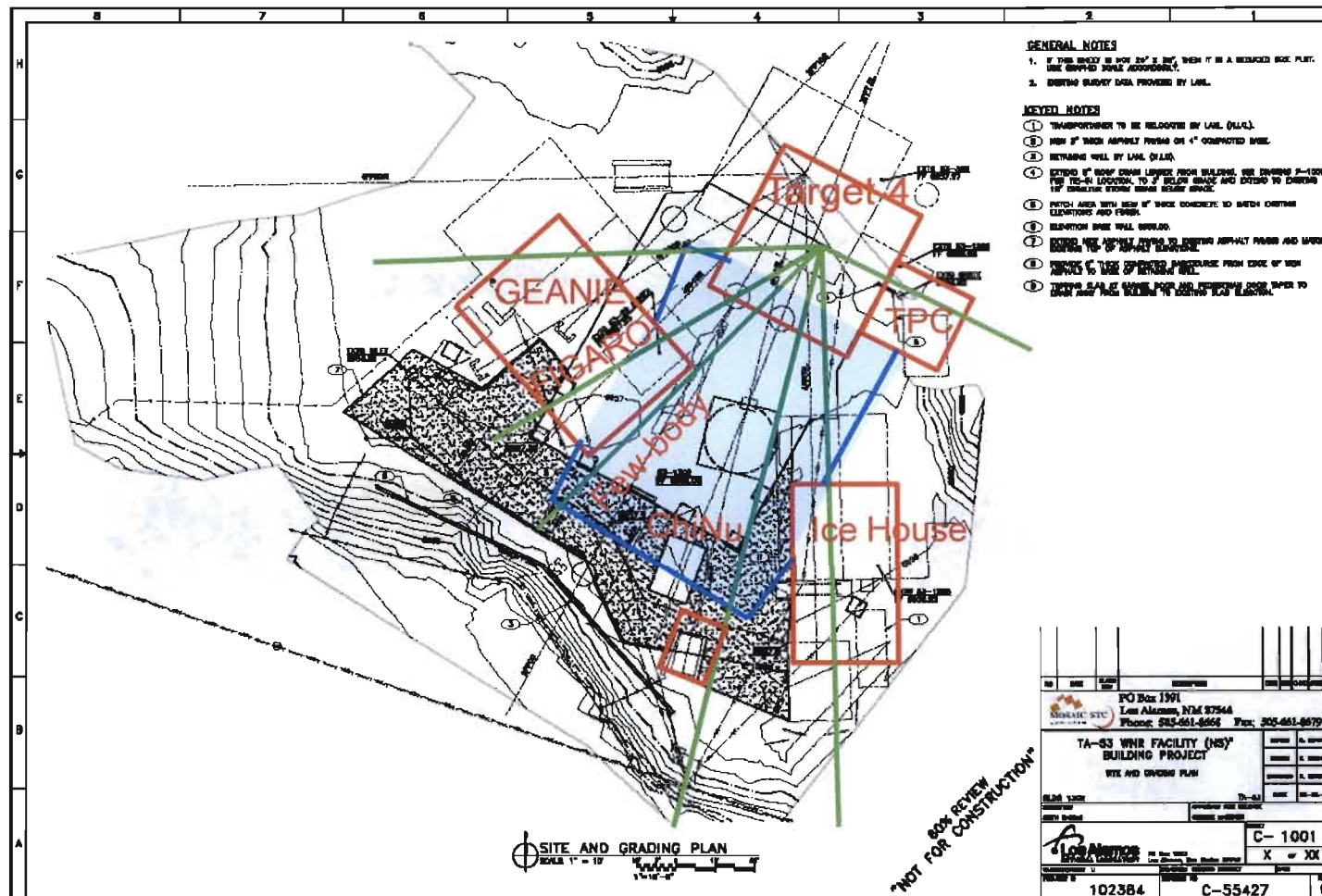
- Proton-induced reactions
- Single-pulse experiments (Sandia)
- Lead Slowing-Down Spectrometer
- SNS target testing
- Isotope production testing

Lujan Center
Low-energy neutrons

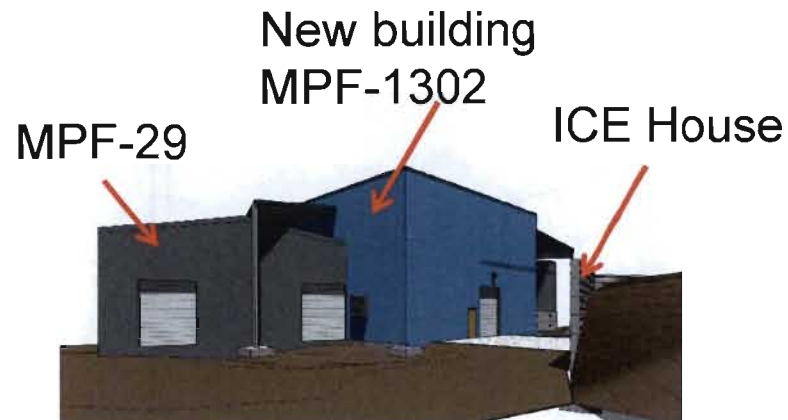
- Material science
- Nuclear science



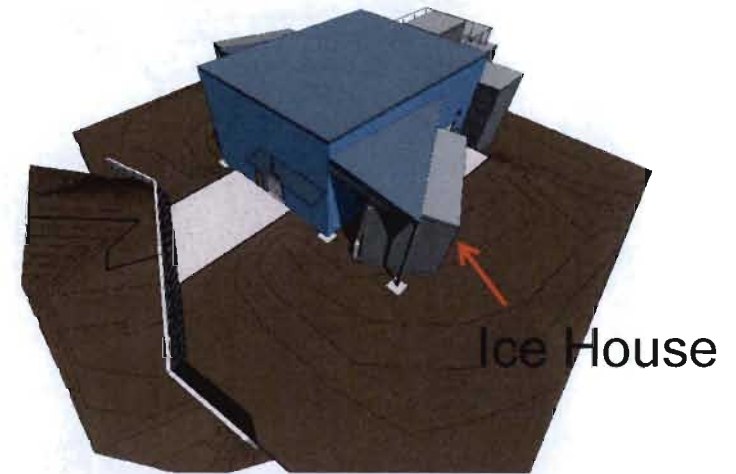
Plan view of new WNR building



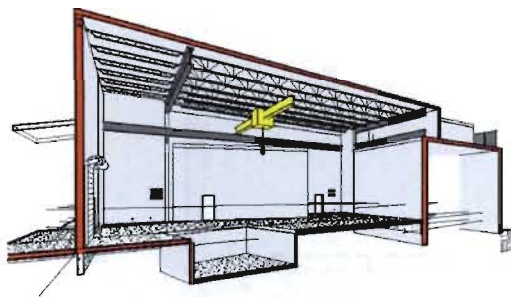
Artist view of new WNR building



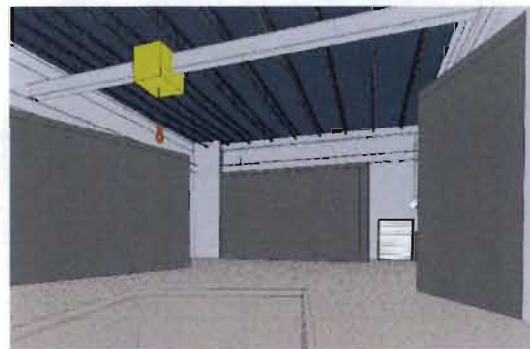
Looking North



Looking Northwest



Looking West

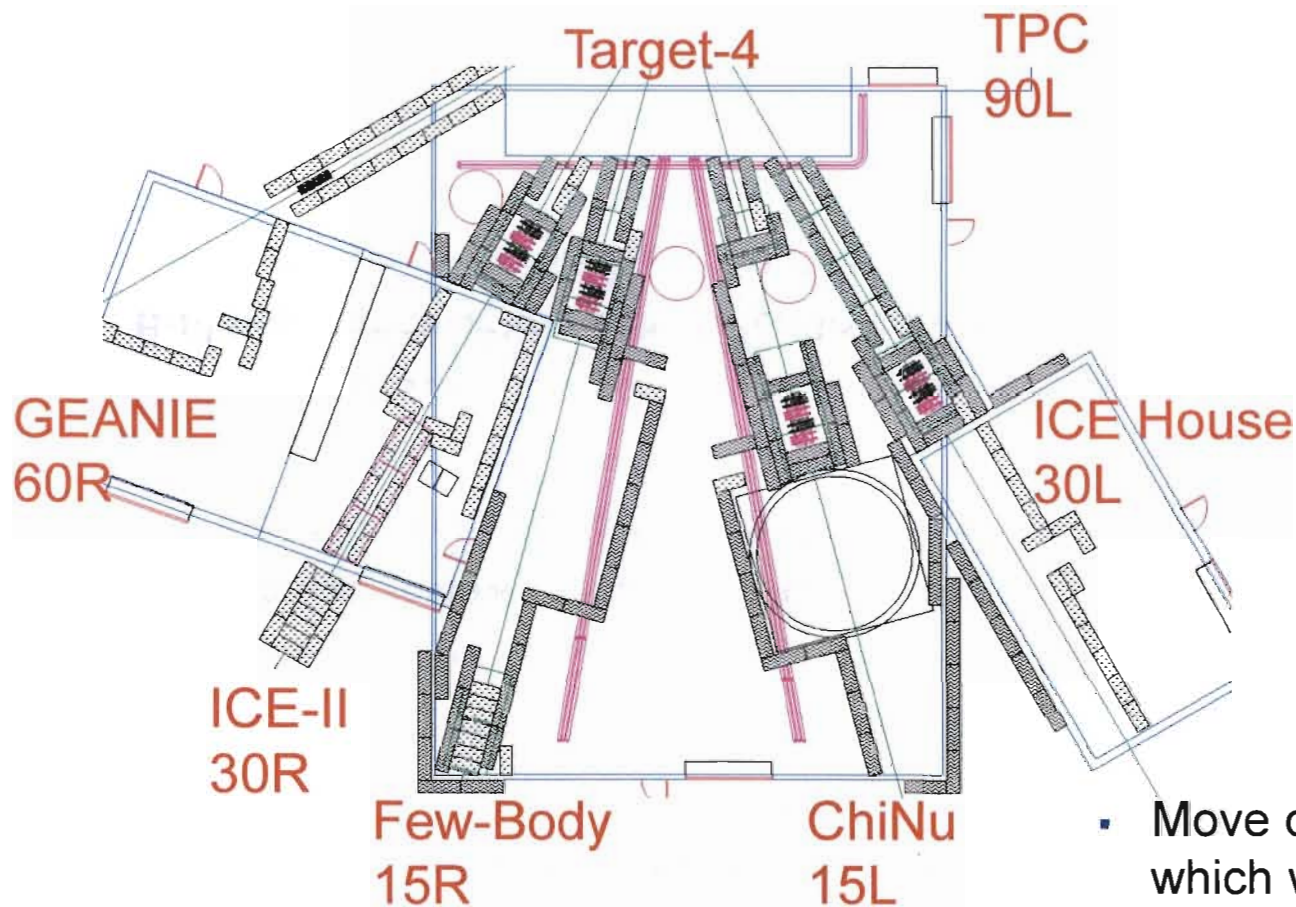


Looking North



Looking South

Floor plan of new WNR building



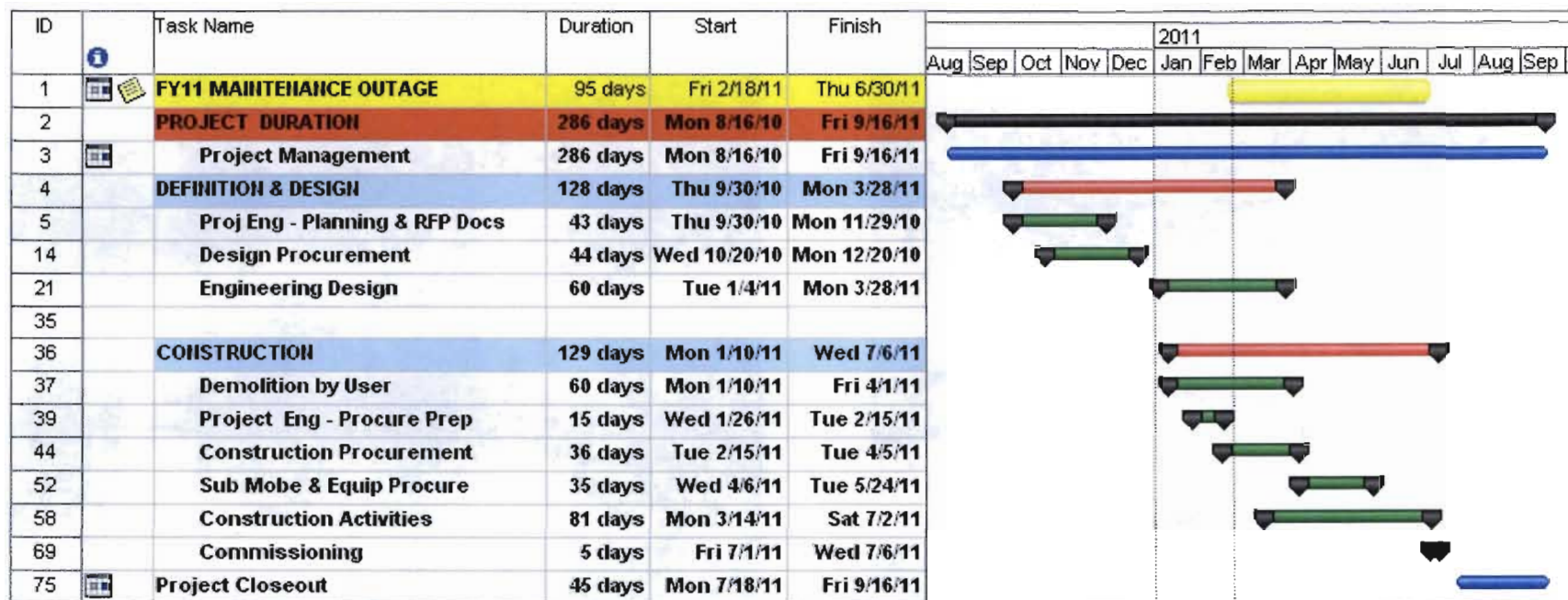
- Move old FIGARO experiment which was on 30R to 15L
- Use 30R for ICE-II

Schedule for new building

The project is on schedule and budget. Status of specific tasks are as follows:

- Funding approved in early Dec 2010
- Contract to perform design (AE) approved early January 2011
- Site preparation scheduled to complete Feb 28, 2011
- 60% design review completed Feb 16, 2011
- 100% design scheduled to complete March 30, 2011
- Submit for construction bids in Mid-March (90% design)
- Building construction scheduled to start in April 6, 2011
- Building construction scheduled to complete July 7, 2011
- Installation of programmatic equipment expected to complete by August 2011
- Plan to operate Target-2 in June and July while construction is ongoing
- TPC and GEANIE flight paths should be operational as soon as we get beam
- ICE House and ICE-II should be next flight paths ready
- ChiNu flight path and then 15R will follow

WNR building schedule



Target-4 experimental yard



December 8, 2010



February 10, 2011

Summary

- **Last run cycle has been very successful**
- **The new building at WNR will greatly enhance the experimental capabilities**
- **Lots of work to do before come up in June**
 - Repair 15R shutter
 - Replace neutron production target
 - Repair Dorothy-J magnet
 - Reinstall flight paths: shutters, collimators, sweep magnets, shielding, cabling, electrical service, etc.
- **Other enhancements are being considered for the future**
 - Pulse stacking
 - Increase intensity in few keV to 2 MeV energy region
 - Variable-energy proton beam