

SONATE

Source de Neutrons utilisant un Accélérateur

Laboratoire Léon Brillouin, CEA Saclay 91191 Gif sur Yvette
IRFU, CEA Saclay 91191 Gif sur Yvette

COMMENT PRODUIRE DES NEUTRONS ?

	Spallation (ISIS TS2)	Stripping
E_{protons}	800 MeV	7-50 MeV
Neutron Yield	15 n/p	0.01 à 0.1 n/p
Courant	50 μA	4 mA
Volume cible	4 litres	30 cm^3

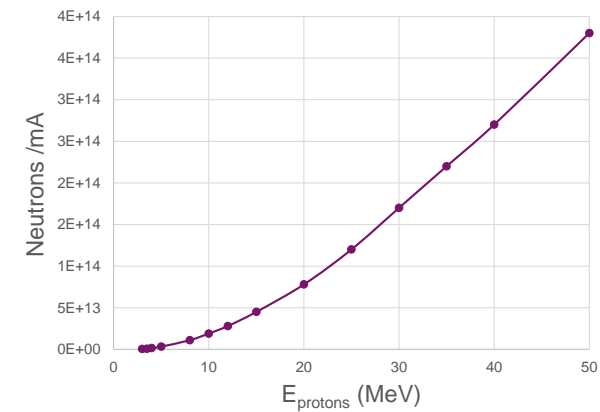
Maximiser la brillance

- Faire un ensemble cible modérateur aussi compact que possible
- Optimiser le couplage cible - modérateur



Choix de l'énergie des protons

- Neutron yield : Yield $\sim 2 \times E_p$
- Puissance sur la cible : Puissance $\sim E_p$
- Spectre en energy des neutrons $\sim E_p \rightarrow$ modération plus ou moins facile
- Less high energy gamma background
- Coût : $C \sim 2 \times E$ (very rough)
- Difficile de définir une figure de mérite simple



SONATE

- 20 MeV – I_{peak} 100mA – 4% duty cycle – P = 80kW : Yield = 3.1×10^{14} n/s

Les briques technologiques existent toutes

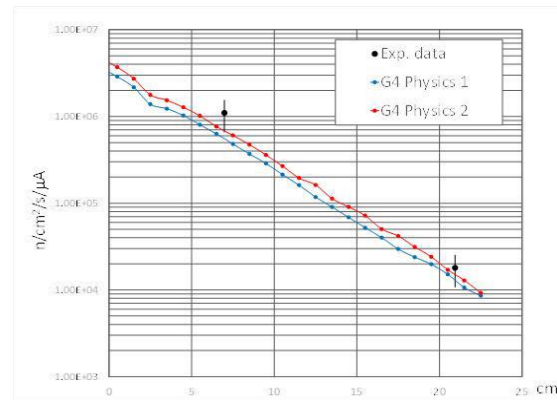
- Accélérateur (I_{peak} = 100mA ; DC) \rightarrow IPHI
- Modérateur optimisé : s'inspirer de ESS
- Point dur : la cible béryllium
 - Problèmes de vieillissement de la cible (stockage d'hydrogène \rightarrow blistering)

Modérateur polyéthylène + réflecteur

- Brillance is 3×10^7 n/cm²/s/μA/sr (at 20MeV)
(GEANT4 Monte-Carlo simulations)
- En accord avec des valeurs expérimentales (Allen, NIM A 1994)
mesurées à 10MeV / 30μA utilisant un modérateur PE
- Calculs cohérents avec des mesures à faible puissance sur IPHI (3MeV – 10μA)



Le dispositif de production et de modération des neutrons ainsi que (au fond de la casemate) le détecteur Hélium



Comparaison des mesures de flux (points noirs) avec deux simulations GEANT4 en fonction de la distance à l'axe faisceau dans le modérateur

Neutrons production on the IPHI accelerator for the validation of the design of the compact neutron source SONATE

arXiv:1612.00237v2

Brillance de la source pour un courant moyen de 4mA

- 1.2×10^{11} n/cm²/s/sr (neutrons thermiques)
- Valeur utilisée pour les simulations Monte-Carlo

PERFORMANCES D'INSTRUMENTS DE DIFFUSION NEUTRONIQUE SUR UNE SOURCE COMPACTE

Reflectomètre	Design HERMES@LLB	L = 12 m
SANS	Design PAXY@LLB	L = 9 – 15m
Radiography	Design IMAGINE@LLB	L = 4 m
ER Radiography	Design IMAT@ISIS	L = 50 m
Powder diffraction	Design MAGICK@ESS (scaled)	L = 53 m

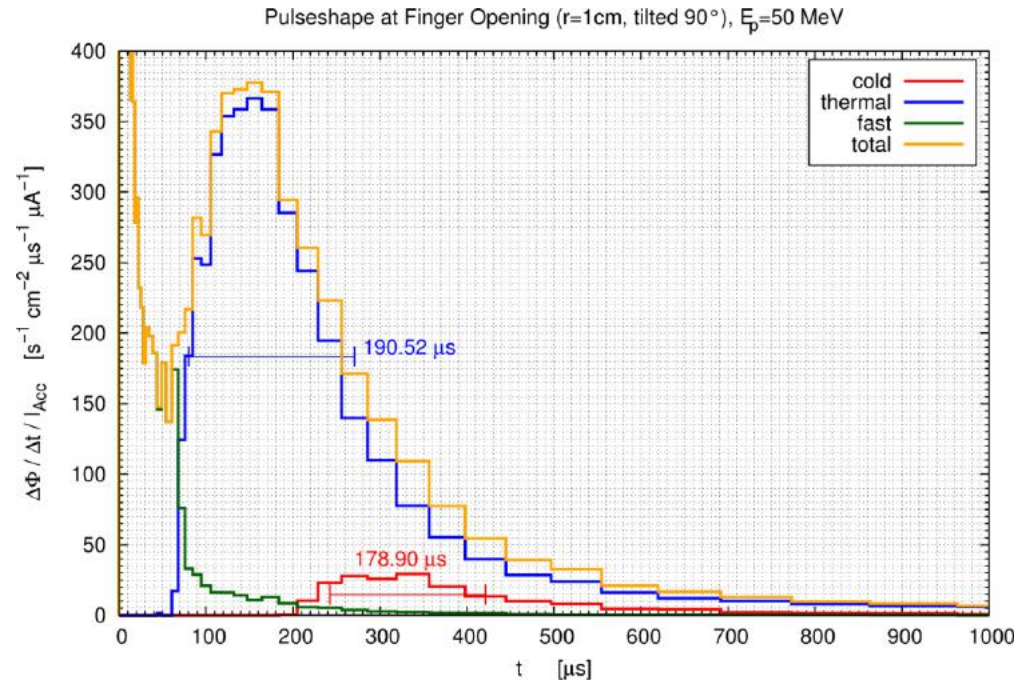
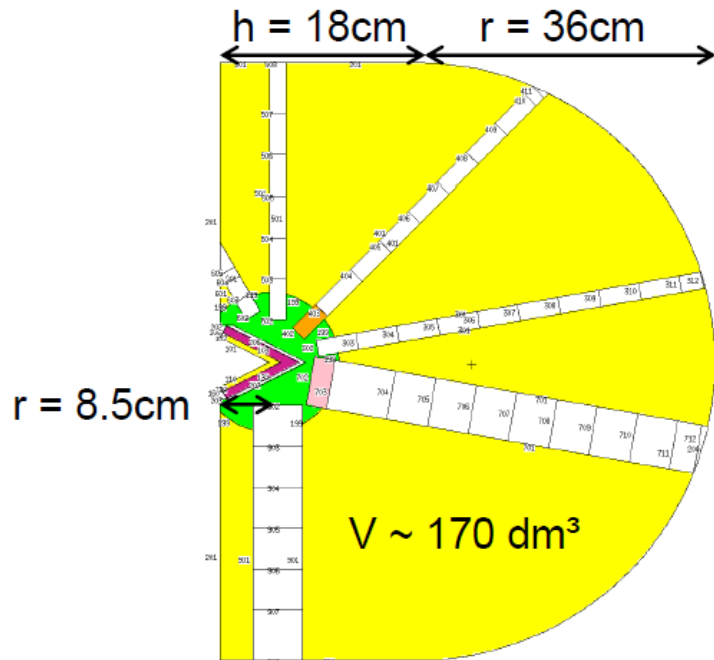
Détails des simulations disponibles sur le Web

■ Performances of Neutron Scattering Spectrometers on a Compact Neutron Source

Xavier Fabrèges, Alain Menelle, Frédéric Ott, Nicolas Chauvin, Jérôme Schwindling, Alain Letourneau, Anthony Marchix, Christiane Alba-Simionesco
[arXiv:1612.00232v2](https://arxiv.org/abs/1612.00232v2)

Résultats de Jörg Voigt (Jülich Centre for Neutron Science JCNS)

- Présentés à ICANS XXII Mars 2017
- Responsable de TOPAS (Thermal TOF)



Design de référence SONATE

■ $E_p = 20\text{MeV}$, $I_{\text{peak}} = 100\text{mA}$, duty cycle = 4%, $P = 80\text{kW}$

Technique	Flux on sample	Reference spectrometers	Potential gains
Reflectivity	0.8×10^7 n/s/cm ²	HERMES@LLB 1×10^7 n/s/cm ² POLREF@ISIS $\sim 1 \times 10^7$ n/s/cm ²	ESTIA@ESS concept x10 Advanced Deconvolution x3
SANS	0.7×10^6 n/s/cm ² (low Q) 2.2×10^6 n/s/cm ² (med Q) 6.7×10^6 n/s/cm ² (high Q)	PAXE@LLB (low Q) 0.7×10^6 n/s/cm ² SANS2D@ISIS 1×10^6 n/s/cm ²	Slit setup x10 Focusing optics for VSANS (small Q) x10
Powder diffraction	2×10^6 n/s/cm ²	G41@LLB 2×10^6 n/s/cm ²	Large solid angle detector (7C2 type) x20
Imaging (white beam)	1.5×10^6 n/s/cm ² (for L/D = 240) 1.3×10^7 n/s/cm ² (for L/D = 80)	ICON@PSI 1×10^7 n/s/cm ² CONRAD@PSI 1×10^7 n/s/cm ² (for L/D = 240)	MCP detectors x5 Coded Source Imaging x10
Imaging (time resolved)	1×10^5 n/s/cm ² (for L/D = 500) dl/l = 1%	ANTARES@FRM2 5×10^5 n/s/cm ²	
Direct TOF	3×10^4 n/s/cm ² (thermal) 1.8×10^5 n/s/cm ² (cold)	IN5@ILL 6.8×10^5 n/cm ² /s	MUSHROOM (LETx70 on single crystals)
Inverse TOF	1×10^7 n/cm ² /s	OSIRIS@ISIS 2.7×10^7 n/cm ² /s	
Spin-Echo	2×10^6 n/s/cm ²	MUSES@LLB 2×10^7 n/s/cm ² (at 5A°)	Multi-MUSES (x70)

■ Confirmé par des calculs indépendants (JNCS et ESS-B)

ETAT DES LIEUX DU PROJET SONATE

2015-2016
Simulations
Design study
Tests sur IPHI

CMR50 (CEA)
Cible Modérateur
Réflecteur 50kW
2017-2019

IPHI – 20MeV (2023) ?
SONATE (2025) ?
5 instruments

HBS High
Brilliance Source
Allemagne
(2027)

2015

2020

2025

2030

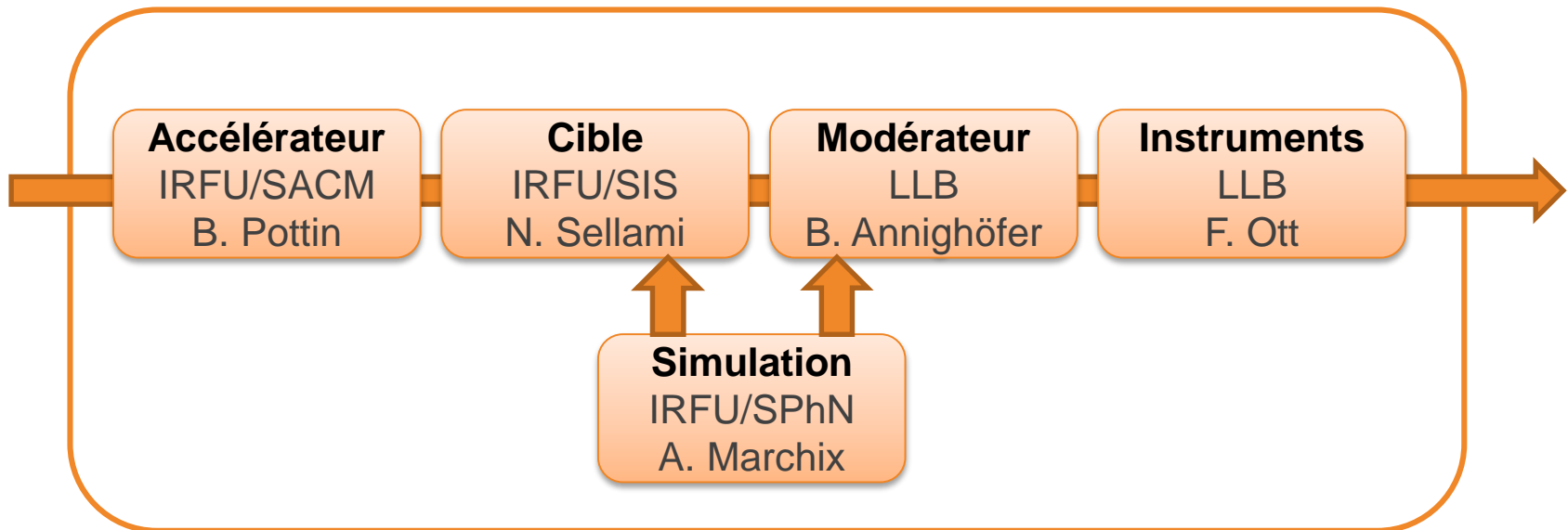
IPHI_Neutrons
2018-2020
(SESAME - soumis)

CAN4EU (H2020)
Design study
(soumis)
2018-2020

FZJ (Jülich)
CEA (Saclay)
CNRS / IN2P3 / LPSC (Grenoble)
ESS Bilbao (Espagne)
PSI (Suisse)
INFN/Legnaro + CNR (Italy)
KFKI (Hongrie)

Le projet SONATE bénéficie d'une synergie inédite de compétences pour sa réalisation

- CEA / IRFU / SACM : accélérateur
- CEA / IRFU / SIS : cible
- CEA / IRFU / SPhN : design du modérateur
- Laboratoire Léon Brillouin UMR 12 (CEA/CNRS) : spectromètres



QUEL FUTUR POTENTIEL POUR SONATE ?

Utilisation multidisciplinaire

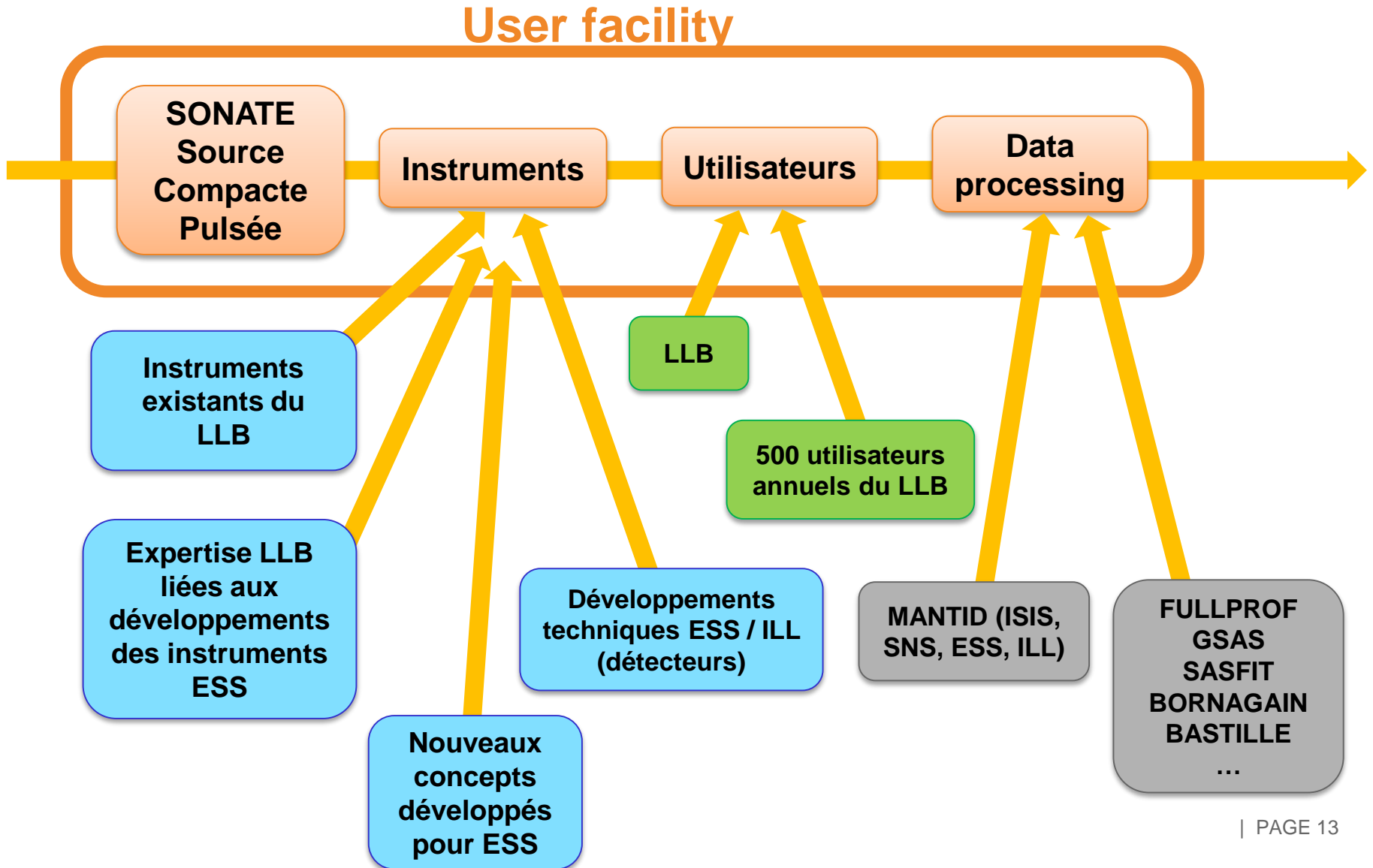
- Phase 1 : source à pulses longs
 - Radiographie (industrie + recherche) (appareil très court 4-5 m)
 - SANS – réflectivité (appareils basse résolution « courts » 15 m)
 - Diffraction de poudres (appareil long 50 m)
- Large base d'utilisateurs potentiels
 - 500 utilisateurs annuels au LLB (30% IdF, 30% France, 30% étrangers)

Poser les jalons d'une « user facility » d'un nouveau genre

- Remplacement partiel du LLB
- Développements instrumentaux
- Facilité d'accès / flexibilité
- Projets long terme

A terme, au niveau Européen, faire partie d'un réseau de sources compactes

- SONATE en France, HBS en Allemagne, ESS-B à Bilbao, LINUS à Legnaro en Italie
- Offre diversifiée / optimisée dans chaque source pour des applications spécifiques
- Ces sources permettront de maintenir l'expertise nécessaire à une bonne utilisation de ESS



Les performances d'une source compacte sont potentiellement équivalentes à celles d'un réacteur de puissance moyenne

- Coût réduit / pas INB
- Cela permet d'abaisser la barrière d'accès à la diffusion neutronique pour des "nouveaux entrants"
 - → création d'un écosystème plus riche autour de la diffusion neutronique

Technologiquement

- Accélérateur OK
- Cible → CMR50
- Modérateur OK
- Instruments OK

Possibilité de profiter de l'écosystème existant

- Expertise scientifique et technique du LLB
- Large base d'utilisateurs
- Possibilité de réutiliser l'énorme effort déployé autour de ESS
 - Design des instruments
 - Réduction des données et traitement des data

Monte-Carlo simulations

- H.N. Tran (IRFU/SPhN)
- A. Marchix (IRFU/SPhN)
- A. Letourneau (IRFU/SPhN)
- J. Darpentigny (IRAMIS/LLB)

IPHI

- J. Schwindling (IRFU/SACM)
- N. Chauvin (IRFU/SACM)
- Le personnel d'IPHI
R. Gobin, B. Pottin, G. Perreu ...

Instruments simulations

- X. Fabrèges (IRAMIS/LLB)
- A. Menelle (IRAMIS/LLB)
- F. Ott (IRAMIS/LLB)

Ensemble cible - modérateur

- N. Sellami (IRFU/SIS)
- B. Annighöfer (IRAMIS/LLB)
- P. Permingeat (IRAMIS/LLB)

Support technique

- F. Prunes (IRAMIS/LLB)
- B. Homatter (IRAMIS/LLB)
- A. Helary (IRAMIS/LLB)

Support stratégique

- C. Alba-Simionesco (IRAMIS/LLB)